



## 저작자표시 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.
- 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#) 

공학석사 학위논문

다변량분석을 이용한 남부처리장  
유입수 특성예측



2013년 2월

부경대학교 대학원

환경공학과

김종각

工學碩士 學位論文

# 다변량분석을 이용한 남부처리장

## 유입수 특성예측

지도교수 이 병 헌

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함



부경대학교 대학원

환경공학과

김 중 각

김중각의 공학석사 학위논문을 인준함



주 심 공학박사 강 임 석

위 원 공학박사 길 대 수

위 원 공학박사 이 병 현



# 목 차

제 1 장 서론 .....	1
제 2 장 문헌연구 .....	7
2.1 다변량 회기분석	
2.2 하수처리장 수질의 통계적 특성	
제 3 장 연구방법 .....	12
3.1 하수처리장 유입수 및 기상 자료	
3.2 통계적 해석 및 다변량 회기분석 방법	
제 4 장 결과 및 고찰 .....	15
4.1 남부하수처리장 유입수의 연도 및 계절별 특성 .....	5
4.1.1 대기온도의 연도별 및 계절별 특성 .....	5
4.1.2 남부하수처리장 연도별 건기, 우기, 및 년평균 강수량 변화 ...	7
4.1.3 유입 유량의 연도별 및 계절별 특성 .....	9
4.1.4 유입수 BOD의 연도별 및 계절별 특성 .....	21
4.1.5 유입수 COD의 연도별 및 계절별 특성 .....	23
4.1.6 유입 SS의 연도별 및 계절별 특성 .....	25
4.1.7 유입수 TN의 연도별 및 계절별 특성 .....	27
4.1.8 유입수 TP의 연도별 및 계절별 특성 .....	29
4.1.9 유입수 E. Coli. 의 연도별 및 계절별 특성 .....	31
4.2 남부하수처리장 유입수의 다변량 회기분석 .....	3
4.2.1 남부하수처리장 대기 온도의 다변량 회기분석 .....	3

4.2.2 남부하수처리장 강수량의 다변량 회기분석 .....	3
4.2.3 남부하수처리장 유입수 유량의 다변량 회기분석 .....	4
4.2.4 남부하수처리장 BOD의 다변량 회기분석 .....	4
4.2.5 남부하수처리장 COD의 다변량 회기분석 .....	4
4.2.6 남부하수처리장 SS의 다변량 회기분석 .....	5
4.2.7 남부하수처리장 TN의 다변량 회기분석 .....	5
4.2.8 남부하수처리장 TP의 다변량 회기분석 .....	6
4.2.9 남부하수처리장 Coil의 다변량 회기분석 .....	6
제 5 장 결론 .....	69
참 고 문 헌 .....	70



## <표목차>

- 표 4-1 남부하수처리장 년도별 건기, 우기 및 년평균 온도변화 (15)
- 표 4-2 남부하수처리장 년도별 건기, 우기 및 년평균 강수량 변화 (17)
- 표 4-3 남부하수처리장 년도별 건기, 우기 및 년평균 유입 유량 변화 (19)
- 표 4-4 남부하수처리장 년도별 건기, 우기 및 년평균 유입 BOD 변화 (21)
- 표 4-5 남부하수처리장 년도별 건기, 우기 및 년평균 유입 COD 변화 (23)
- 표 4-6 남부하수처리장 년도별 건기, 우기 및 년평균 유입 SS 변화 (25)
- 표 4-7 남부하수처리장 년도별 건기, 우기 및 년평균 유입 TN 변화(27)
- 표 4-8 남부하수처리장 년도별 건기, 우기 및 년평균 유입 TP 변화(29)
- 표 4-9 남부하수처리장 년도별 건기, 우기 및 년평균 유입 E. Coil 변화 (31)
- 표 4-10 남부하수처리장 온도의 단계적 회기분석 결과(33)
- 표 4-11 남부하수처리장 온도의 회기분석 결과(34)
- 표 4-12 남부하수처리장 강수량의 단계적 회기분석 결과(37)
- 표 4-13 남부하수처리장 강수량의 회기분석 결과(38)
- 표 4-14 남부하수처리장 유입수 유량의 단계적 회기분석 결과(41)
- 표 4-17 남부하수처리장 유입수 유량의 회기분석 결과(42)
- 표 4-18 남부하수처리장 BOD의 단계적 회기분석 결과 (45)
- 표 4-19 남부하수처리장 BOD의 회기분석 결과(46)
- 표 4-20 남부하수처리장 COD의 단계적 회기분석 결과 (49)
- 표 4-21 남부하수처리장 COD의 회기분석 결과(50)
- 표 4-22 남부하수처리장 SS의 단계적 회기분석 결과(53)
- 표 4-23 남부하수처리장 SS의 회기분석 결과(54)

- 표 4-24 남부하수처리장 TN의 단계적 회기분석 결과 (57)
- 표 4-25 남부하수처리장 TN의 회기분석 결과(58)
- 표 4-26 남부하수처리장 TP의 단계적 회기분석 결과(61)
- 표 4-27 남부하수처리장 온도의 TP분석 결과(62)
- 표 4-28 남부하수처리장 Coil의 단계적 회기분석 결과 (65)
- 표 4-29 남부하수처리장 Coil의 회기분석 결과(66)



## <그림목차>

- 그림 4-1 남부하수처리장 년도별 온도변화(16)
- 그림 4-2 남부하수처리장 년도별 강수량 변화(18)
- 그림 4-3 남부하수처리장 년도별 유입 유량 변화(20)
- 그림 4-4 남부하수처리장 년도별 유입 BOD 변화(22)
- 그림 4-5 남부하수처리장 년도별 유입 COD 변화(24)
- 그림 4-6 남부하수처리장 년도별 유입 SS 변화(26)
- 그림 4-7 남부하수처리장 년도별 유입 TN 변화(28)
- 그림 4-8 남부하수처리장 년도별 유입 TP 변화(30)
- 그림 4-9 남부하수처리장 년도별 유입 Coil 변화(32)
- 그림 4-10 남부하수처리장 온도의 실제 값과 다변량 회기식 계산값의 관계(35)
- 그림 4-11 남부하수처리장 온도의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교(36)
- 그림 4-12 남부하수처리장 강수량의 실제값과 다변량 회기식 계산값의 관계(39)
- 그림 4-13 남부하수처리장 강수량의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교(40)
- 그림 4-14 남부하수처리장 유량의 실제값과 다변량 회기식 계산값의 관계(43)
- 그림 4-15 남부하수처리장 유량의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교(44)
- 그림 4-16 남부하수처리장 BOD의 실제값과 다변량 회기식 계산값의 관계(47)
- 그림 4-17 남부하수처리장 BOD의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교(48)

- 그림 4-18 남부처하수처리장 COD의 실제값과 다변량 회기식 계산값의 관계(51)
- 그림 4-19 남부하수처리장 COD의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교(52)
- 그림 4-20 남부처하수처리장 SS의 실제값과 다변량 회기식 계산값의 관계(55)
- 그림 4-21 남부하수처리장 SS의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교(56)
- 그림 4-22 남부처하수처리장 TN의 실제값과 다변량 회기식 계산값의 관계(59)
- 그림 4-23 남부하수처리장 TN의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교(60)
- 그림 4-24 남부처하수처리장 TP의 실제값과 다변량 회기식 계산값의 관계(63)
- 그림 4-25 남부하수처리장 TP의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교(64)
- 그림 4-26 남부처하수처리장 Coil의 실제값과 다변량 회기식 계산값의 관계(67)
- 그림 4-27 남부하수처리장 Coil의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교(68)

# Characteristics estimation of Nambu wastewater treatment plant by using multivariate analysis

Joong-gak Kim

*Department of Environmental Engineering, Graduate school,  
Pukyong National University*

## Abstract

This study was carried out to evaluate influent water quality of Nambu wastewater treatment plant and multivariate regression model for forecasting the influent water characteristics. The daily influent data from 2003 to 2011(9 years) were used for stochastic model,

Among the influent water quality concentrations of the BOD, COD, TN, TP in dry seasons were higher than in the wet seasons, while the influent flowrate and coliforms in dry seasons lower than in the wet seasons.

Temperature, BOD, COD, TN, TP can be well forecasted by multivariate regression method.

## 제 1 장 서 론

우리나라는 산업의 발달, 도시의 성장, 인구의 증가, 생활수준의 향상등으로 생활용수 및 수요량이 꾸준히 증가 한 영향으로 하수의 발생량도 증가해 왔다. 그러나 최근의 하수관거 신설 및 개량과 함께 기후변화의 요인으로 하수량과 하수처리장의 유입수의 변화가 심화되고 있다.

하수처리시설의 운전효율을 결정하는 주요한 요인은 하수의 수질 및 수량이라 할 수 있다. 유입하수에 대한 수질 및 수량을 정확히 측정하고 또한 예측하면 하수처리시설의 안정적인 운전에 기여할 수 있다(이태환 등, 2009).

본 연구의 목적은 남부하수처리장의 유입수의 장기적 경향 분석과 계절별 변화 특성을 파악하고, 다변량 회기분석을 사용하여 하수처리장 유입수의 예측모델을 만들어 하수처리장의 운영자료를 제공하여 운전에 기여하는데 있다.

## 제 2 장 문헌연구

### 2.1 다중회귀분석(multiple regression)

다중회귀분석이란 2개 이상의 독립변수와 하나의 종속변수와의 관계를 분석한 것으로 예측과 인과관계를 설명할 수 있고 독립변수와 종속변수간의 선형관계를 나타내는 선형함수식이다.

#### 2.1.1 모형적합도

모형적합도는 F값과 그 유의미성으로 판단한다.

$$F = \frac{MS_{reg}}{MS_{err}}$$

#### 2.1.2 중다결정계수

단순회귀식에서  $r^2$  을 결정계수라고 했으며, 이는 두 변수의 상관관계계수  $r$ 을 제곱한 것이다.  $r^2$  은 독립변수에 의해 종속변수를 예측할 수 있는 비율이며 이것을 다중회귀식에서는  $R^2$  로 표시하였다.  $R^2$  의 값이 1에 가까울수록 독립변수의 설명력이 크고 추정된 회귀식의 적합도가 높은 것으로 평가하며, 반대로 0에 가까워질수록 설명력이 약화되고 적합도도 떨어지게 된다. 또한 회귀식에 포함되는 독립변수의 수가 늘어나면 중다결정계수  $R^2$  의 값은 높아진다. 그리고 Adjusted  $R^2$  (수정중다결정계수)는 일반적으로 표본의 자료에서 얻어진 중다결정계수의 값은 모집단을 대상으로 한 중다결정계수보다 약간 커지는 경향이다. 이에 따라 회귀모형의 모집단에 대한 적합도를 고려하여 자유도를 반영시키면 보다 정확한 추정값을 획득할 수 있다.

$$\text{Adjusted } R^2 = R^2 - \frac{k(1-R^2)}{n-k-1}$$

k: 회귀모형에 포함된 독립변수의 수

n: 사례수

### 2.1.3 비표준화부분회귀계수(unstandardized partial regression coefficient, $B_i$ )

회귀식의 부분기울기를 의미하며 다른 독립변수, 즉  $X_2$ 의 값을 고정시킨 상태에서  $X_1$  변수의 값이 1단위 증가할 때 결과적으로 초래되는 종속변수  $Y$ 값의 변화량이다.

### 2.1.4 $\beta$ (Beta): 표준화회귀계수(standardized regression coefficient)

표준화회귀계수는 (비표준화된) 회귀계수는 독립변수의 측정단위에 따라 달라질 수 있으므로 두 개 이상의 독립변수의 영향력이나 중요도를 비교하기 위해서는 단위를 통일시켜야 할 필요가 있다.

### 2.1.5 부분상관계수(partial correlation coefficient)

부분상관계수(partial correlation coefficient)는 다른 독립변수들을 통제 한 상태에서, 주어진 독립변수의 변화에 따라 초래되는 종속변수의 변화량이다.

### 2.1.6 기본가정

(1) 종속변수  $Y$ 는 독립변수  $X_i$ 의 선형식과 오류로 구성되어 있다

$$Y_p = a + bX_1 + cX_2 + dX_3 + e \quad \text{---식(1)}$$

오류( $e$ )는 예측 오류이며 Error는 관측값-예측값로 구할 수 있다.

오류는 측정오류, 표집오류 그리고 미통제 변이로 나눌 수 있다. 측정오류는 사회과학에서는 변수가 완벽하게 정확하게 측정되기 어렵다. 표집오류(sampling error)는 모집단으로부터 표본을 추출할 때 모집단을 완벽하게 대표하는 표본을 추출하기 어렵다. 미통제 변이는 통제되지 않은 변수들로 인하여 관측값을 예측하는 데 오류가 나타난다. 이 때 오류를 최소화할 수 있는 회귀식을 설정하여야 한다.

(2) 오차항은 독립변수  $X$ 와 선형독립이다(위의 식 (1)에서  $e$ 의 평균

=0).

가장 중요한 가정으로서 오차의 평균값이 항상 0(극단적으로 실제값=예측값, 모든 실제값이 회귀선위에 존재)이어야 하나 너무 엄격할 필요가 없이 단지 편의되지 않은 회귀계수만을 구하려는 목적을 위해서는 오차의 평균값이 일정한 상수이면 된다. 오차가 독립변수의 값의 변화와 상관관계가 없는 것이며, 즉 독립변수의 값이 증가함에 따라 오차가 증가하는 것이 아니라 오차(실제값-예측값의 거리)가 일정하게 유지되는 것이다. 또한 데이터가 무작위 실험에 의해서 얻어진 것이라면, 이 가정의 오류는 좀처럼 일어나지 않는다. 무작위 배치(randomization) 과정을 통하여 각 사례들의 측정되지 않는 특성들이 치료 혹은 개입(독립변수)변수와 상관관계가 없도록 해 주기 때문이다.

### (3) 동분산성 (Homoscedasticity)

독립변수 X의 값이 변할 때 오차의 확률분포의 분산이 항상 균일하며 독립변수의 값들과 무관하게 오차정도가 항상 균일하다. 그러나 예를 들어 낮은 연령대에 임금분포가 몰려있는데 높은 연령대에 임금이 넓게 분포되어있으면 Heteroscedasticity이다. 이 경우 회귀계수를 측정하는데 편의(bias)는 없다.

### (4) 오차항간에는 자기상관이 없다.

표본의 한 사례수에 대한 오차값이 다른 사례수의 오차값과 서로 상관관계가 없다. 왜냐하면 오차는 독립변수에 영향을 미치는 변수들 중 측정되지 않은 모든 변수들을 포함하기 때문이다. 이 때 만약 측정되지 않은 변수들 중 하나가 두 사례 수에 공통적으로 존재한다면, 오차항간의 상관관계가 존재하게 된다.

### (5) 오차항들은 정규분포를 이룬다.

회귀식에 있는 모든 변수들(독립변수와 종속변수 포함)이 정규분포를 이

뤄야한다고 착각하기 쉽다. 하지만 오차항만이 정규분포를 이루면 된다.

#### (6) 다중공선성(multicollinearity)

다중공선성은 종속변수와는 상관없다. 오직 독립변수간의 관계들과 관련된 것이며, 다중회귀분석은 2개 이상의 변수들의 영향을 분리시키고자 하는 방법이다. 즉, 어떤 한 변수의 영향을 통제하였을 때(when the other  $x$  variables are held constant), 다른 변수의 영향 혹은 변량이 남아 있어야 함을 의미한다.

## 2.2 하수처리장 수질의 통계적 특성 연구현황

국내외 관계없이 공공하수처리시설의 유입수질에 대한 연구는 대부분 통계적 기법을 활용하여 유입수 성상을 분석하는 연구가 많이 수행되었으며 현재에도 많이 진행되고 있다. 유입수 성상 분석을 위해 먼저 하수처리장의 방류수(유출수) 수질현황을 명확히 파악하고 있어야 한다. 국내의 연구로는 김영철 외 2명(2005)은 우리나라 하수처리장 방류수 수질현황 및 특성의 연구를 통해 전국에 산재한 하수처리장 중 9개소의 연구대상 하수처리장을 선정하여 1년여에 걸쳐 처리성과 방류수 실태를 직접 조사한 결과를 제시하였다.

이찬형과 문경숙(2002)은 대구시내 하수처리시설 중 유입수 수질 성상이 다른 두 곳을 선정하여 수질항목 및 운전변수의 월 평균값을 계산하고 통계분석을 하였다. 여러 요인의 상관성 분석 결과, 포기조 온도, F/M(Food/Microorganism ratio), HRT(Hydraulic Retention Time, 수리학적체류시간) 가 유입수질 예측에 중요한 변수라고 제시하였다.

김진호 외8명(2007)은 농촌유역의 수질평가를 위한 다변량분석 기법의 이용의 연구를 수행하였고, 김민수 외6명(2012)은 통계분석 기법을 활용한 하수처리장의 유입외란 진단 기법 개발의 연구를 진행하였다. 조일형(2008)은 다중회귀분석을 이용한 실규모 하수고도처리공정 평가 및 관리 모델 수립에 대한 연구를 수행하였다.

이용두와 박건형(2007)은 제주시 공공하수처리시설 유입수질 특성의 시간별 변화에 대한 조사를 수행하였고, 김연권 등(2008)은 하수관거 정비 사업에 의한 하수처리시설 유입하수의 특성변화를 비교하기 위해서 수자원 연구원에서 개발한 공공하수처리시설 전문 운영관리 및 진단 프로그램 Dr.Wastewater (김연권 등, 2006)를 이용해 유입하수의 정성 및 정량적 변화 특성을 통계적으로 평가하고 이를 통해 하수의 이송 및 처리에 이르는 전 과정에 대한 연구 기초자료로 활용되어질 수 있다고 언급하였다.

김요용과 이시진(2011)은 다변량 통계분석기법을 이용한 한강수계 지천의 수질 평가를 수행하였고 문태섭 등(2007)은 인공신경망 기법 적용을 통해 하수처리시설 유입유량 및 유입수질(BOD, COD, SS, TN, TP)을 예측하는 모형을 개발하고 적용한 예를 제안하였다.

국외 연구로는 Scott A.Dellana와 David West(2009)의 예측모델링의 폐수적용에 대한 연구가 진행되었었다. Tarja Miettinen 외 4명(2004)은 생물학적 폐수처리공정의 다변량 모니터링에 대한 연구를 수행하였다.

Antoni Escalas-Canellas 외 4명(2008)은 유입수 온도 추정에 시계열 모델을 이용한 연구를 수행하였다. 홍운석과 Rao Bhamidimarri(2003)은 도시폐수처리장에 진화된 자기조직 모델링의 적용에 대한 연구가 있었다.

### 3. 연구방법 (Materials and Methods)

#### 3.1 하수처리장 유입수 및 기상 자료

남부하수처리장의 유입수의 해석을 위하여 2003년부터 2011년까지 부산기상청의 대기온도와 강수량 일 자료를 활용하였다. 또한 남부하수처리장 유입수의 BOD, COD, SS, TN, TP 및 E. Coli.의 일 자료를 사용하였다.

#### 3.2 통계적 해석 및 다변량 회귀분석 방법

통계 프로그램 Minitab을 이용하여 기초통계분석 및 다변량 회귀분석을 실시하였다. 하수처리시설 유입수 수질은 각 지점에서의 하수유입량, 유입수질 항목별 농도, 강우량, 유입수질 항목들 간의 상호반응 등에 의해 변화가 일어나며, 유입 오염 부하량과 강우 및 하수 유입량에 의한 영향이 가장 크다. 각 항목들은 상호 반응에 의한 상관계수 값을 가지며, 각 항목들 간의 유입 부하량 변화에 따라 반응하는 항목들이 상이할 것으로 사료된다. 따라서 유입수질 항목들 간의 상호영향을 파악하기 위해서 수질항목 간의 회귀분석을 이용한 상호 상관관계를 파악하였다(박기정 외 5명, 2012).

## 4. 결과 및 고찰

### 4.1 남부하수처리장 유입수의 연도 및 계절별 특성

#### 4.1.1 대기온도의 연도별 및 계절별 특성

표 4-1 남부하수처리장 연도별 건기, 우기 및 년평균 온도변화

년도	전체	동절기(건기)	하절기(우기)
2003	14.3	4.6	22.1
2004	14.9	5.6	23.4
2005	13.9	1.9	23.6
2006	14.7	4.9	23.5
2007	15.3	6.8	23.3
2008	15.1	5.1	23.4
2009	15.2	5.6	23.2
2010	15.0	4.6	25.1
2011	14.6	3.2	24.1
2003-2011평균	14.8	4.7	23.5

표 4-1은 남부하수처리장의 대기 온도 연도별 변화를 나타낸다. 2003년부터 2011년까지의 대기 온도는 전체평균 14.8℃이고 동절기(건기)는 4.7℃, 하절기(우기)는 23.5℃이다.

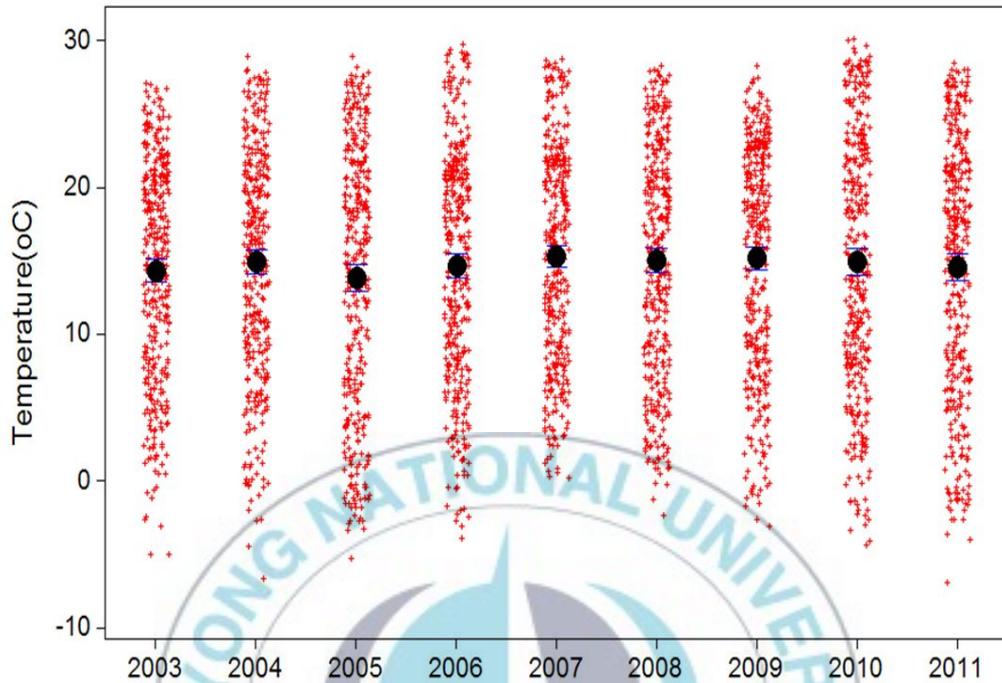


그림 4-1 남부하수처리장 년도별 온도변화

그림 4-1 에서와 같이 2003년도부터 2011년도 까지의 평균온도의 변화는 크게 없으나 2003년부터 2006년까지는 14 °C 후반에서 2007년에서 2011년까지는 15 °C 전반으로 약간 증가하는 경향을 보였다. 2007년도에서 전체평균온도가 15.3°C로 최고 온도였고 2005년도에서 전체평균온도가 13.9°C로 최저온도이다.

#### 4.1.2 강수량의 연도별 및 계절별 특성

표 4-2 남부하수처리장 연도별 건기, 우기 및 년평균 강수량 변화

년도	전체	동절기(건기)	하절기(우기)
2003	17.0	4.7	22.1
2004	11.8	9.4	13.7
2005	13.6	3.1	18.6
2006	13.3	3.8	19.9
2007	8.1	7.5	13.1
2008	10.6	4.0	15.4
2009	14.8	4.2	25.8
2010	5.1	4.4	6.0
2011	4.2	0.9	10.3
2003-2011 <b>평균</b>	10.9	4.7	16.1

표 4-2는 남부하수처리장 유역의 강수량 연도별 변화를 나타낸다. 2003년부터 2011년까지의 강수량의 평균은 전체평균 10.6mm이고 동절기(건기)는 4.7mm 하절기(우기)는 16.1mm이다.

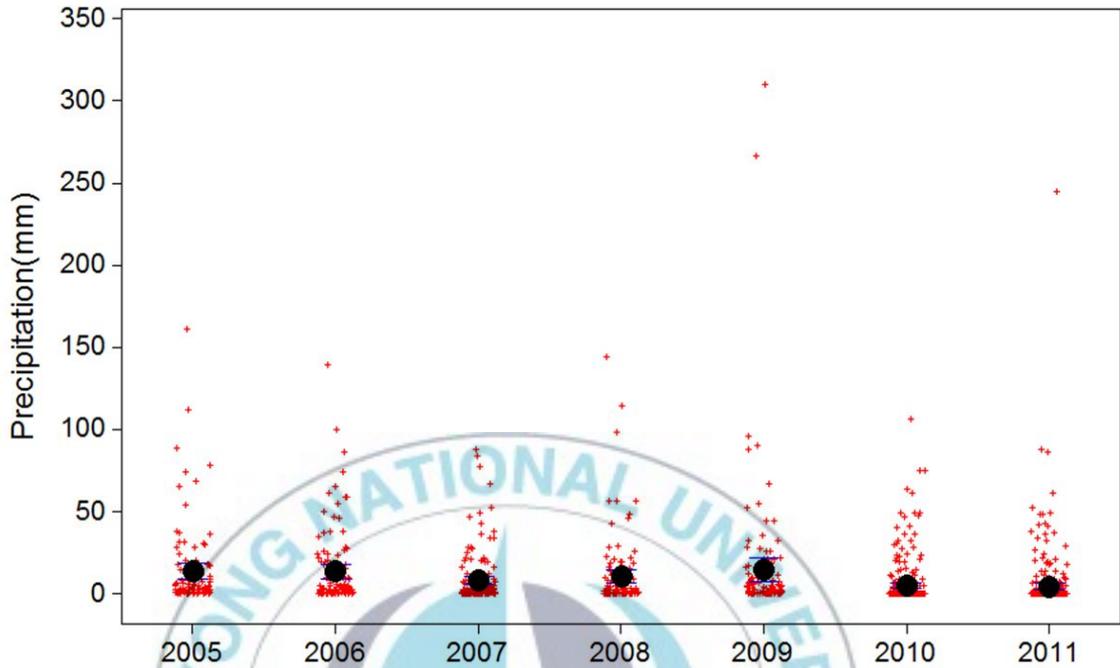


그림 4-2 남부하수처리장 년도별 강수량 변화

그림 4-2에 의하면 2003년도부터 2011년도까지의 유입수 평균강수량의 변화는 크게 없다.

2009년도에서 전체 평균 강수량이 14.8mm 최고 평균 강수량이였고 2011년도에서 전체 평균 강수량이 4.2mm로 최저 평균 강수량 였다.

#### 4.1.3 유입 유량의 연도별 및 계절별 특성

표 4-3 남부하수처리장 연도별 건기, 우기 및 년평균 유입 유량 변화

연도	전체	동절기(건기)	하절기(우기)
2003	303,459	261,965	356,121
2004	312,236	273,036	341,928
2005	327,427	295,081	363,995
2006	325,250	289,866	368,551
2007	320,447	287,620	351,914
2008	311,684	285,702	352,407
2009	306,255	275,359	352,408
2010	311,716	281,721	356,475
2011	306,204	283,451	334,192
2003-2011 <b>평균</b>	313,853	281,533	353,110

표 4-3은 유입수 유량 연도별 변화량을 나타낸 것이다.

2003년부터 2011년까지의 유입수 유량의 평균은 전체평균 313,853  $m^3/d$ 이고 동절기(건기)는 281,533  $m^3/d$  하절기(우기)는 353,110  $m^3/d$ 이다.

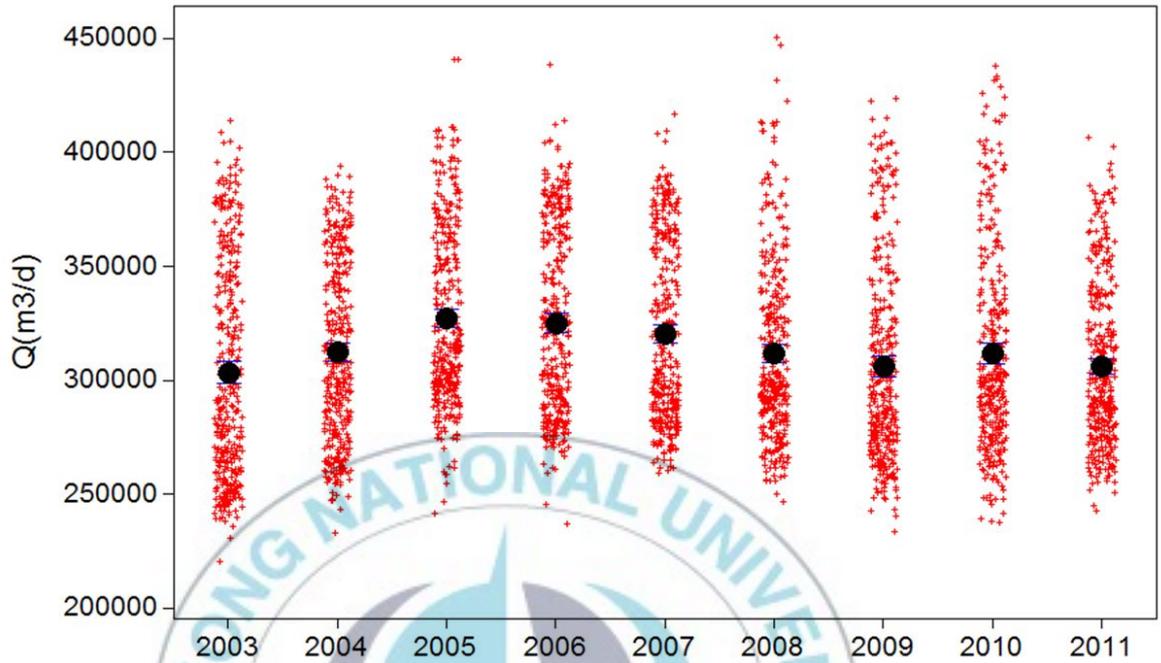


그림 4-3 남부하수처리장 년도별 유입 유량 변화

그림 4-3에 의하면 2003년도부터 2005년까지는 증가하다가 2006년부터 2011년도까지의 유입수 평균 유량의 감소하는 경향이 나타난다.

2005년도에서 유입수의 전체 평균 유량이  $327.427m^3/d$  최고 평균 유량을 나타내고 2009년도에서 유입수의 전체 평균 유량이  $306,255m^3/d$  최저 평균 유량이었다.

#### 4.1.4 유입수 BOD의 연도별 및 계절별 특성

표 4-4 남부하수처리장 연도별 건기, 우기 및 년평균 유입 BOD 변화

년도	전체	동절기(건기)	하절기(우기)
2003	88.9	91.5	80.3
2004	94.2	95.0	87.7
2005	94.4	98.7	90.2
2006	93.1	102.1	85.8
2007	95.7	102.5	90.9
2008	100.4	104.9	92.0
2009	102.2	105.6	96.4
2010	104.6	107.1	103.9
2011	109.0	115.0	101.9
2003-2011 <b>평균</b>	98.0	102.5	92.1

표4-4에 의하면 유입수의 연평균 BOD 농도는 2003년에는 89 mg/L에서 2011년 연도별 변화는 조금씩 증가하는 것으로 나타났다, 2003년부터 2011년까지의 유입수 BOD의 전체 평균은 98mg/L이다. 동절기(건기)는 102,5mg/L 하절기(우기)는 92.1mg/L이다.

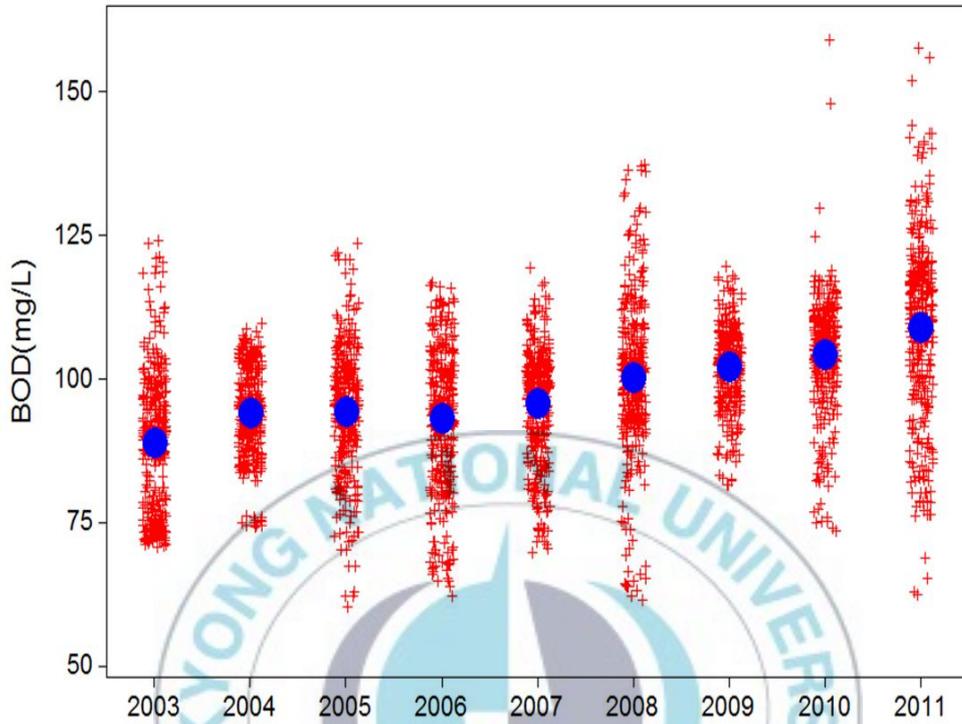


그림 4-4 남부하수처리장 년도별 유입 BOD 변화

그림 4-4 에 보면 2003년도부터 2011년도까지의 유입수 BOD는 변화를 보인다. 이는 유량의 감소현상과 반비례하는 것이다.

#### 4.1.5 유입수 COD의 연도별 및 계절별 특성

표 4-5 남부하수처리장 연도별 건기, 우기 및 년평균 유입 COD 변화

연도	전체	동절기(건기)	하절기(우기)
2003	45.0	46.1	40.4
2004	46.1	47.6	41.1
2005	45.8	48.4	40.2
2006	47.1	55.1	42.2
2007	50.0	54.1	47.0
2008	52.9	56.1	48.7
2009	61.3	63.1	57.6
2010	61.6	63.5	59.9
2011	61.4	67.6	54.3
2003-2011 <b>평균</b>	52.4	55.7	47.9

표 4-5는 하수처리장 유입수 COD 농도의 연도별 변화를 나타낸 것 이다, 2003년부터 2011년까지의 BOD와 같이 점점 증가하는 경향을 보였다. 2003년부터 2011년의 평균 COD 농도는  $52.4\text{mg/L}$ 이다 동절기(건기)는  $55.7\text{mg/L}$  로 하절기(우기)의  $47.9\text{mg/L}$  보다 높았다.

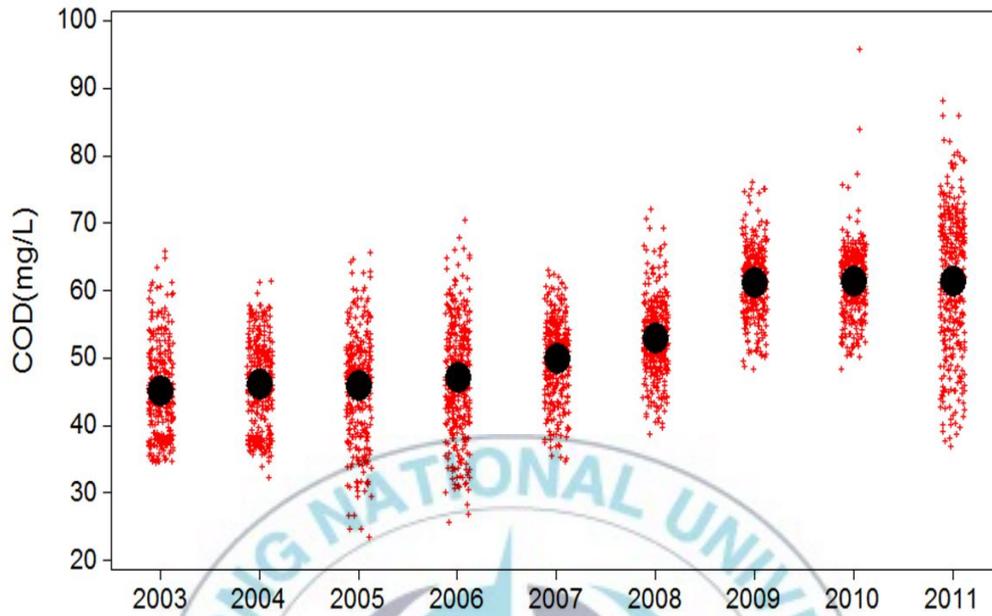


그림 4-5 남부하수처리장 년도별 유입 COD 변화

그림 4-5에 의하면 2003년도부터 2011년도까지의 유입수의 평균 COD 농도가 증가한다.

#### 4.1.6 유입 SS의 연도별 및 계절별 특성

표 4-6 남부하수처리장 연도별 건기, 우기 및 년평균 유입 SS 변화

연도	전체	동절기(건기)	하절기(우기)
2003	96.4	92.0	91.4
2004	97.1	98.3	97.1
2005	94.4	98.4	85.9
2006	85.5	89.7	80.8
2007	87.9	83.1	89.8
2008	99.0	95.8	95.1
2009	100.1	103.5	93.7
2010	102.7	103.8	102.2
2011	121.7	115.0	126.5
2003-2011 평균	98.3	97.7	95.8

표 4-6은 유입수 SS의 연도별 변화를 나타낸 것이다. BOD와 COD 농도 같이 조금씩 증가하는 현상을 보였다.

2003년부터 2011년도까지의 전체 평균 유입수 SS값은  $98.3\text{mg/L}$ 이고 동절기(건기)의 SS 농도는  $97.7\text{mg/L}$ 로 하절기(우기)는  $95.8\text{mg/L}$ 보다 약간 높았다.

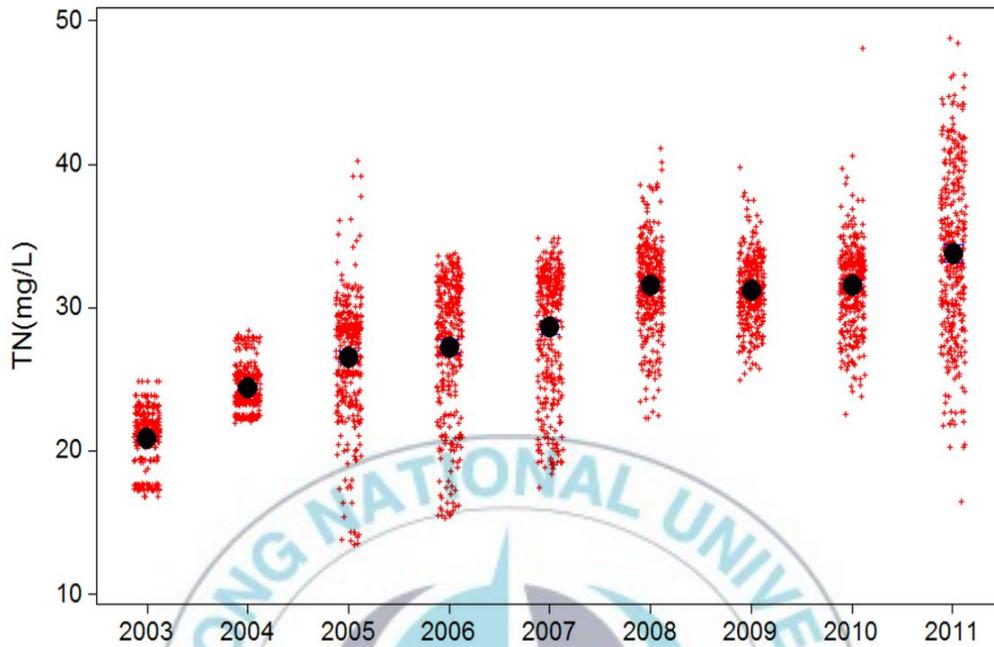


그림 4-6 남부하수처리장 년도별 유입 SS 변화

그림 4-6에 의하면 2003년도부터 2011년도까지의 유입수 SS는 약간 증가하는 경향을 보였다.

#### 4.1.7 유입수 TN의 연도별 및 계절별 특성

표 4-7 남부하수처리장 연도별 건기, 우기 및 년평균 유입 TN 변화

연도	전체	동절기(건기)	하절기(우기)
2003	20.9	22.3	19.4
2004	24.4	24.9	23.0
2005	26.6	28.4	24.6
2006	27.3	31.0	22.8
2007	28.6	32.0	25.7
2008	31.5	32.6	28.6
2009	31.2	32.4	29.4
2010	31.6	32.8	30.2
2011	33.8	35.6	30.9
2003-2011 <b>평균</b>	28.4	30.2	26.1

표 4-7은 유입수 TN 농도의 연도별 변화를 나타낸 것이다. BOD와 COD 농도 같이 조금씩 증가하는 현상을 보였다.

2003년부터 2011년도까지의 전체 평균 유입수 TN 농도는 28.4 mg/L이고 동절기(건기)의 TN 농도는 30.2 mg/L로 하절기(우기)는 26.1 mg/L보다 4 mg/L정도 높았다

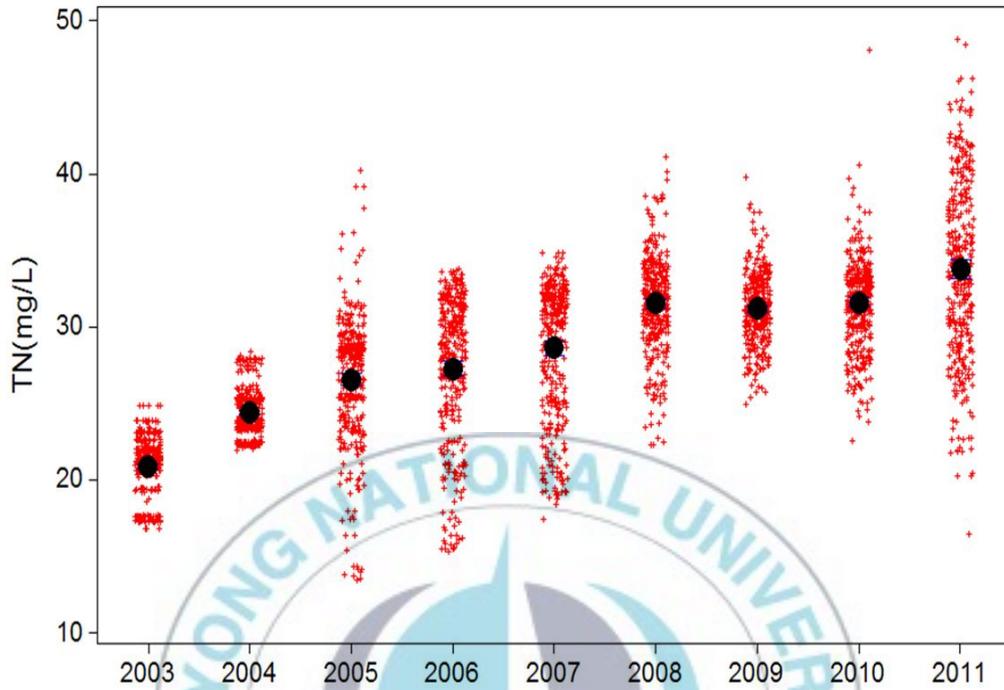


그림 4-7 남부하수처리장 년도별 유입 TN 변화

그림 4-7에 의하면 2003년도부터 2011년도까지의 유입수 TN 농도는 조금씩 증가하는 경향을 보였다.

#### 4.1.8 유입수 TP의 연도별 및 계절별 특성

표 4-8 남부하수처리장 연도별 건기, 우기 및 년평균 유입 TP 변화

년도	전체	동절기(건기)	하절기(우기)
2003	2.64	2.70	2.49
2004	2.43	2.62	2.15
2005	2.72	2.87	2.49
2006	2.68	2.96	2.29
2007	2.87	3.08	2.79
2008	3.11	3.14	2.88
2009	3.08	3.17	2.92
2010	3.16	3.18	3.16
2011	3.87	3.68	3.67
2003-2011 <b>평균</b>	2.95	3.04	2.76

표 4-8은 유입수 TP 농도의 연도별 변화를 나타낸 것이다. BOD와 TN 농도와 같이 조금씩 증가하는 현상을 보였다.

2003년부터 2011년도까지의 전체 평균 유입수 TP 농도는  $2.95 \text{ mg/L}$ 이었다. 동절기(건기)의 TP 농도는  $3.04 \text{ mg/L}$ 로 하절기(우기)는  $2.76 \text{ mg/L}$ 보다 약간 높았다

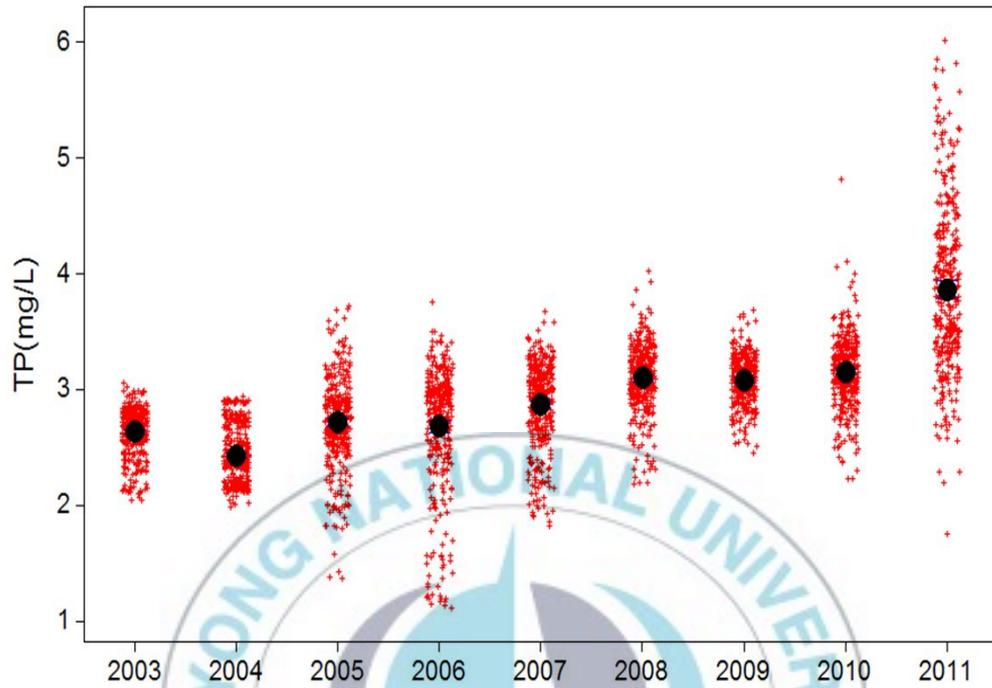


그림 4-8 남부하수처리장 년도별 유입 TP 변화

그림 4-8에 의하면 2003년도부터 2011년도까지의 유입수 TP 농도는 조금씩 증가하는 경향을 보였다.

#### 4.1.9 유입수 E. Coli. 의 연도별 및 계절별 특성

표 4-9 남부하수처리장 연도별 건기, 우기 및 년평균 유입 E. Coil 변화

년도	전체	동절기(건기)	하절기(우기)
2003	198,288	172,700	228,348
2004	213,116	198,874	261,779
2005	144,169	137,989	146,283
2006	165,301	145,678	137,609
2007	253,142	327,280	228,913
2008	120,105	100,231	132,245
2009	86,415	74,414	81,432
2010	78,847	86,667	73,424
2011	124,093	87,256	195,837
2003-2011 <b>평균</b>	153,720	147,899	165,097

표 4-9은 유입수 E. Coli. 군수의 연도별 변화를 나타낸 것이다. BOD와 TN 농도와 반대로 조금씩 감소하는 현상을 보였다.

2003년부터 2011년도까지의 전체 평균 유입수 E. Coli. 군수는 153.720 /100mL이었다. 동절기(건기)의 E. Coli. 군수는 147,899 /100mL로 하절기(우기)는 165,097 /100mL 보다 약간 낮았다

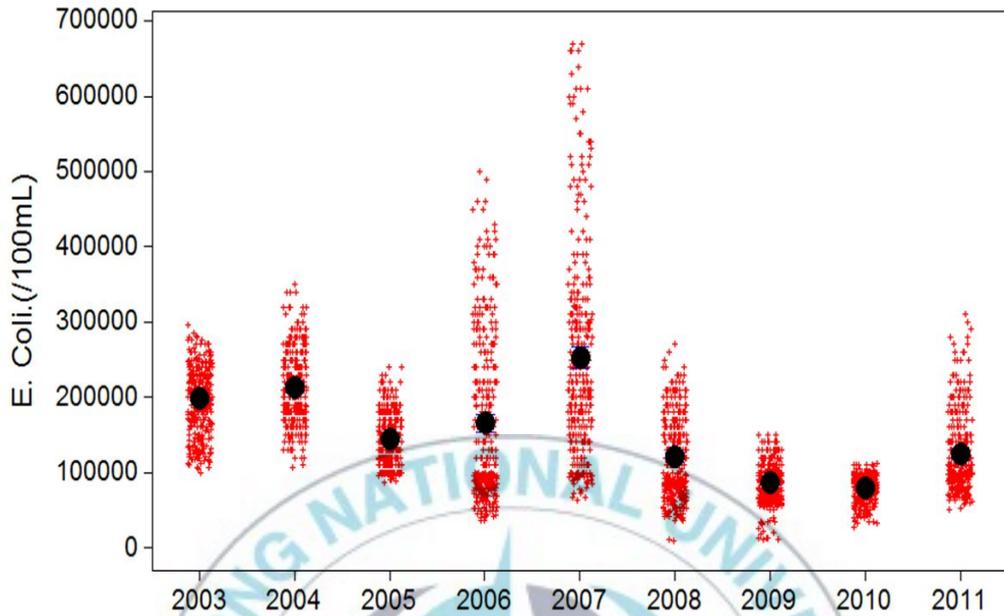


그림 4-9 남부하수처리장 년도별 유입 Coil 변화

그림 4-9에 의하면 2003년도부터 2011년도까지의 유입수 E. Coli. 군수는 조금씩 감소하는 경향을 보였다.

2007년도에서 평균 E. Coli 군수는 253.142/100mL으로 최고를 나타내었고, 2010년도에서 평균 E. Coli은 78.847/100mL 연 최저 평균 E. Coli 군수를 나타냈다.

## 4.2 남부하수처리장 유입수의 다변량 회기분석

### 4.2.1 남부하수처리장 대기 온도의 다변량 회기분석

표 4-10 남부하수처리장 온도의 단계적 회기분석 결과

단계	1	2	3	4	5	6	7	8	9
상수	0.455	0.4507	0.4993	0.3793	1.1904	1.0122	1.411	1.374	1.418
Temp(-1)	0.9693	0.9654	1.0702	1.0955	1.0913	1.0901	1.088	1.089	1.089
T-값	225.84	224.43	62.04	65.13	64.88	64.79	64.55	64.59	64.62
P-값	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pi(-2)		0.0148	0.0152	0.0145	0.0136	0.0137	0.0134	0.0134	0.0138
T-값		6.74	6.97	6.85	6.4	6.46	6.31	6.28	6.41
P-값		0	0	0	0	0	0	0	0
Temp(-2)			-0.108	-0.368	-0.367	-0.367	-0.366	-0.365	-0.366
T-값			-6.27	-14.97	-14.95	-14.96	-14.93	-14.89	-14.92
P-값			0	0	0	0	0	0	0
Temp(-3)				0.243	0.24	0.24	0.24	0.239	0.24
T-값				14.43	14.31	14.31	14.28	14.21	14.26
P-값				0	0	0	0	0	0
COD(-1)					-0.0139	-0.0184	-0.0134	-0.0212	-0.0216
T-값					-3.87	-4.29	-2.7	-3.14	-3.19
P-값					0	0	0.007	0.002	0.001
SS(-1)						0.0044	0.0051	0.0056	0.0055
T-값						1.92	2.21	2.4	2.35
P-값						0.055	0.027	0.016	0.019
BOD(-2)							-0.0072	-0.009	-0.0092
T-값							-1.99	-2.4	-2.46
P-값							0.046	0.017	0.014
COD(-3)								0.0109	0.0111
T-값								1.7	1.73
P-값								0.089	0.084
Pi(-1)									-0.0033
T-값									-1.55
P-값									0.122
R-제곱	1.98	1.97	1.96	1.9	1.9	1.9	1.89	1.89	1.89
R-제곱(수정)	93.96	94.04	94.11	94.47	94.49	94.5	94.5	94.51	94.51
Mallows C-p	312.9	265.9	225.9	18.9	5.9	4.2	2.3	1.4	1

표 4-10은 Minitab 프로그램을 이용하여 남부하수처리장 대기온도의 단계적 회기분석의 결과이다. 단계적 회기분석의 결과를 토대로 우선순위 6개 항목을 독립변수로하여 대기온도를 회기분석하면 표 4-11과 같다.

여기서 각 독립변수에 포함되어 있는 (-1), (-2) 및 (-3)은 1일전 , 2일전 및 3일전의 독립변수의 값을 나타낸다.

과거 자료로부터 현재의 자료를 구할 수 있는 다변량 회기분석식을 제안하였다.

**표 4-11 남부하수처리장 온도의 회기분석 결과**

예측변수	계수	SE계수	T	P
상수	1.0122	0.2394	4.23	0
Temp(-1)	1.0900	0.0168	64.79	0
Pi(-2)	0.0137	0.0021	6.46	0
Temp(-2)	-0.3668	0.0245	-14.96	0
Temp(-3)	0.2402	0.0167	14.31	0
COD(-1)	-0.0183	0.0042	-4.29	0
SS(-1)	0.0044	0.0022	1.92	0.055

대기온도의 회귀 방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \text{Temp}(\text{°C}) = & 1.01 + 1.09\text{Temp}(-1) + 0.0137\text{Pi}(-2) - 0.367\text{Temp}(-2) \\ & + 0.24\text{Temp}(-3) - 0.0184\text{COD}(-1) + \\ & 0.00441\text{SS}(-1) \end{aligned}$$

그림 4-10는 유입수 온도를 Temp(-1), Temp(-2), Temp(-3), Pi(-2), COD(-1), SS(-1)의 독립변수로 구한 회기식의 계산치와 실측치의 관계를 표현한 것으로 R 제곱값이 94.5 %로 높았다. 박기정 외5명(2012)의 유입수 온도에 관한 R 제곱값은 97.6 % 로 나타났고 Antoni Escalas-Canellas 외4명(2008)의 R 제곱값은 92.5 %로 나타났다.

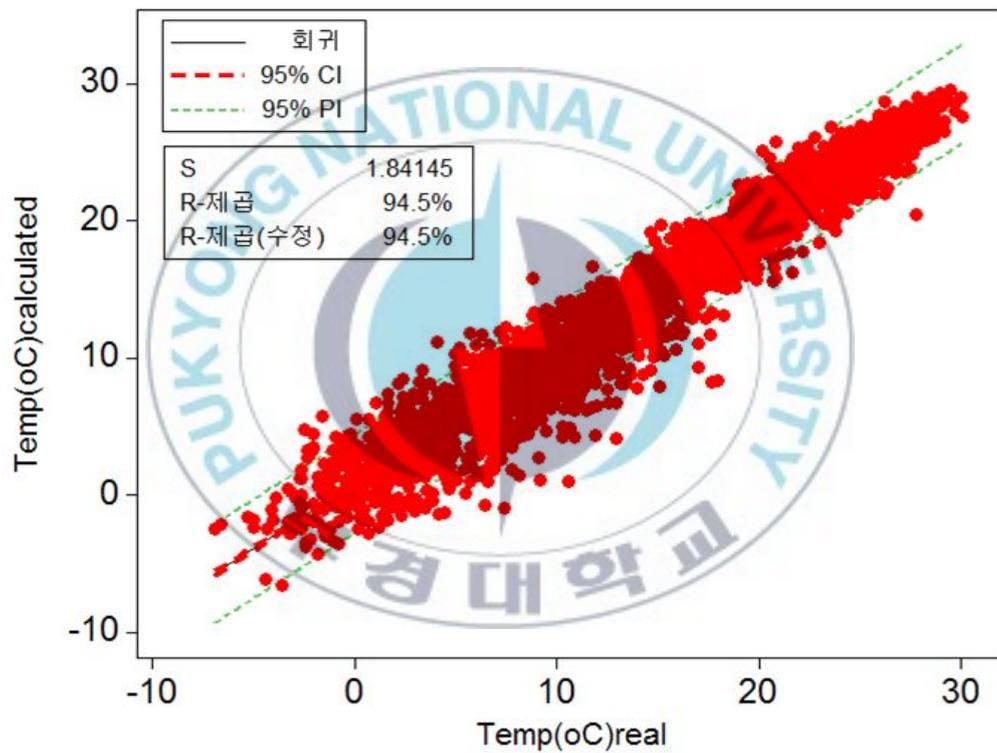


그림 4-10 남부처리하수처리장 온도의 실제 값과 다변량 회기식 계산값의 관계

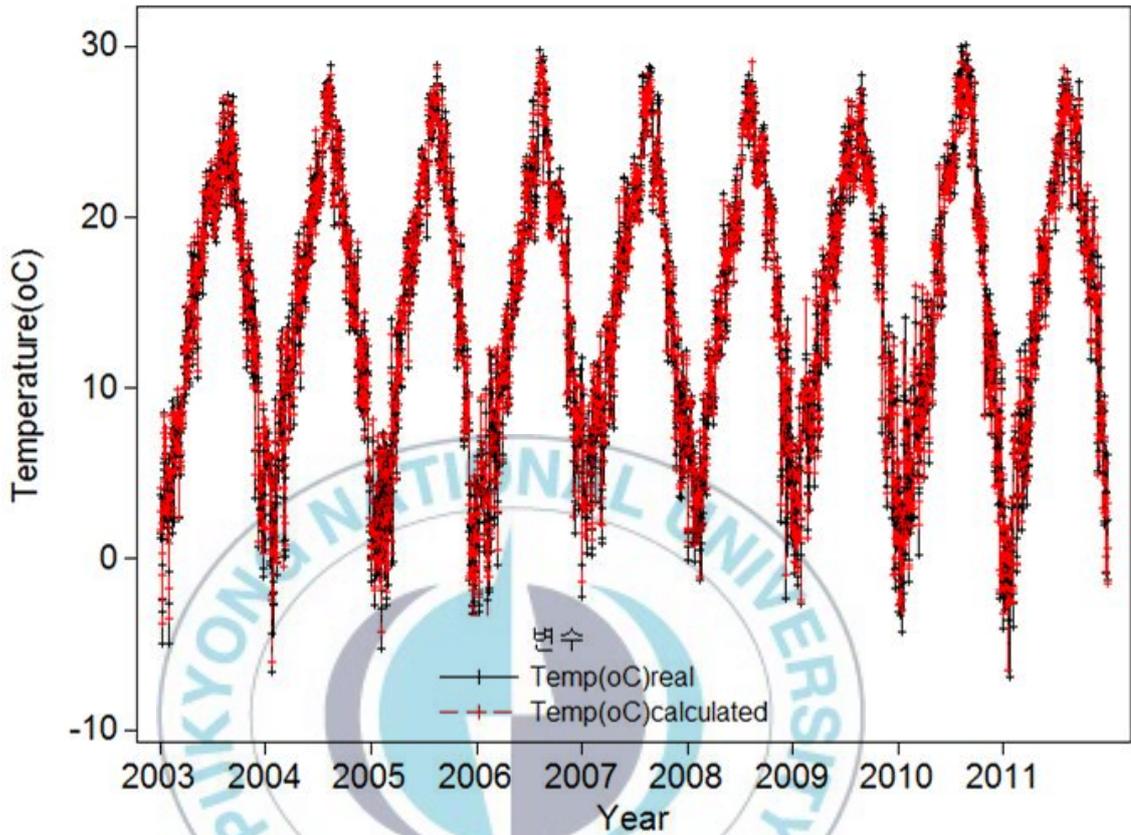


그림 4-11 남부하수처리장 온도의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교

그림 4-11은 2003년부터 2011년까지 온도에 대한 실측치와 계산치를 나타낸 것으로서 계산값이 실측값을 잘 표현하고 있는 것으로 나타났다.

#### 4.2.2 남부하수처리장 강수량의 다변량 회기분석

표 4-12 남부하수처리장 강수량의 단계적 회기분석 결과

단계	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
상수	-23.53	-21.16	-24.91	-27.54	-19.44	-16.03	-17.12	-20.69	-21.68	-18.2
Q(-1)	0.00009	0.00008	0.00005	0.00006	0.00006	0.00006	0.00006	0.00007	0.00006	0.00006
T-값	13.72	12	5.75	6.49	6	5.94	6.32	6.85	5.04	4.9
P-값	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pi(-1)		0.091	0.085	0.082	0.079	0.077	0.08	0.078	0.077	0.075
T-값		5.18	4.87	4.66	4.53	4.41	4.59	4.44	4.42	4.3
P-값		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Q(-3)			0.00004	0.00004	0.00004	0.00003	0.00003	0.00004	0.00003	0.00003
T-값			4.32	4.45	3.87	3.73	3.76	4.38	2.72	2.73
P-값			0	0	0	0	0	0	0.007	0.006
Pi(-3)				-0.068	-0.071	-0.074	-0.072	-0.076	-0.078	-0.077
T-값				-3.81	-3.95	-4.13	-4.01	-4.22	-4.33	-4.28
P-값				0	0	0	0	0	0	0
TN(-3)					-0.184	-0.232	-0.238	-0.247	-0.24	-0.18
T-값					-3.43	-4.17	-4.27	-4.43	-4.3	-2.72
P-값					0.001	0	0	0	0	0.007
Coli(-2)						-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001	-0.00001
T-값						-3.12	-3.23	-2.97	-2.92	-3.04
P-값						0.002	0.001	0.003	0.004	0.002
Pi(-2)							-0.047	-0.051	-0.051	-0.053
T-값							-2.66	-2.88	-2.87	-2.98
P-값							0.008	0.004	0.004	0.003
Temp(-1)								-0.118	-0.126	-0.133
T-값								-2.61	-2.76	-2.91
P-값								0.009	0.006	0.004
Q(-2)									0.00002	0.00002
T-값									1.84	1.84
P-값									0.065	0.066
BOD(-1)										-0.047
T-값										-1.71
P-값										0.087
R-제공	15.4	15.3	15.3	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2
R-제공 (수정)	5.4	6.2	6.73	7.15	7.48	7.75	7.95	8.14	8.24	8.32
Mallows C-p	95.4	69.9	53	40.3	30.4	22.6	17.6	12.7	11.3	10.4

표 4-12은 Minitab 프로그램을 이용하여 남부하수처리장 강수량의 단계적 회기분석의 결과이다. 단계적 회기분석의 결과를 토대로 우선순위 6개 항목을 독립변수로하여 강수량을 회기분석하면 표 4-14과 같다.

여기서 각 독립변수에 포함되어 있는 (-1), (-2) 및 (-3)은 1일전 , 2일 전 및 3일전의 독립변수의 값을 나타낸다.

과거 자료로부터 현재의 자료를 구할 수 있는 다변량 회기분석식을 제안하였다.

표 4-13 남부하수처리장 강수량의 회기분석 결과

예측변수	계수	SE계수	T	P
상수	-16.032	3.497	-4.58	0
Q(-1)	5.59E-05	9.4E-06	5.94	0
Pi(-1)	0.077	0.017	4.41	0
Pi(-3)	-0.073	0.017	-4.13	0
Q(-3)	3.41E-05	9.13E-06	3.73	0
TN(-3)	-0.231	0.055	-4.17	0
Coli.(-2)	-9.4E-06	3.01E-06	-3.12	0.002

강수량의 회귀 방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$Pi(mm) = -16 + 0.000056Q(-1) + 0.077Pi(-1) - 0.0739Pi(-3) + 0.000034Q(-3) - 0.232TN(-3) - 0.000009Coli.(-2)$$

그림 4-12는 남부하수처리장 지역의 강수량을  $Q(-1)$ ,  $Pi(-1)$ ,  $Pi(-3)$ ,  $Q(-3)$ ,  $TN(-3)$ ,  $Coli(-2)$ 의 독립변수로 구한 회기식의 계산치와 실측치의 관계를 표현한 것으로 R 제곱값이 7.7 %로 매우 낮았다.

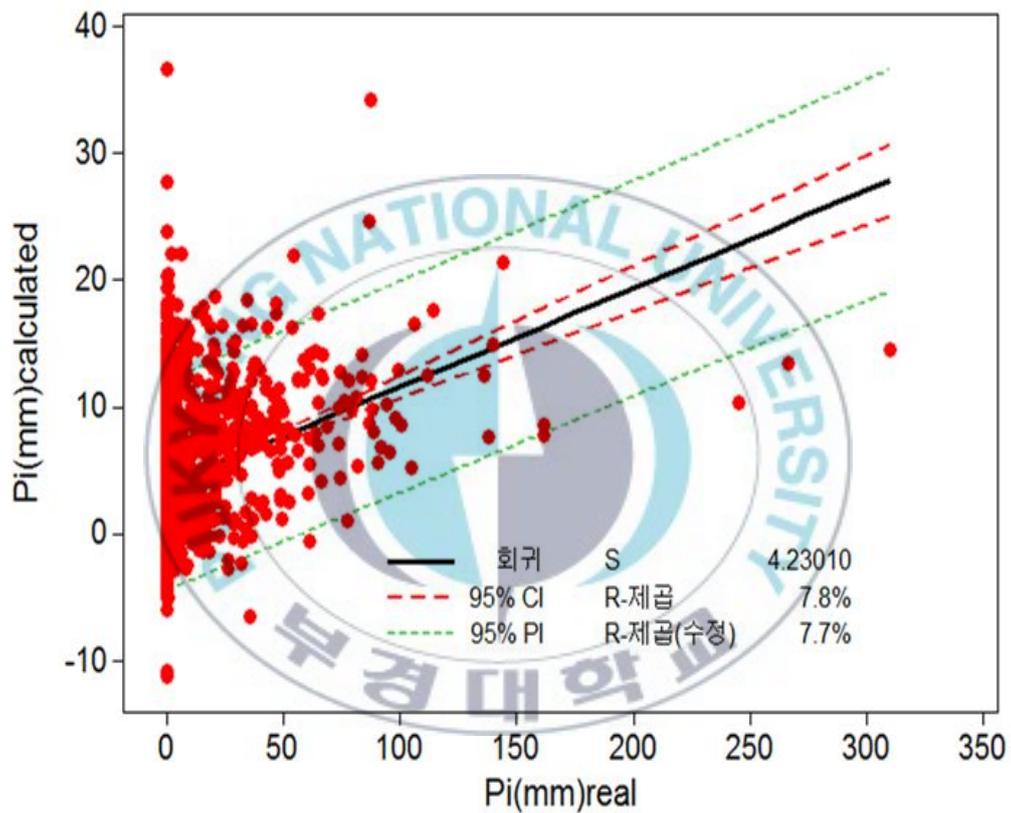


그림 4-12 남부하수처리장 강수량의 실제값과 다변량 회기식 계산값의 관계

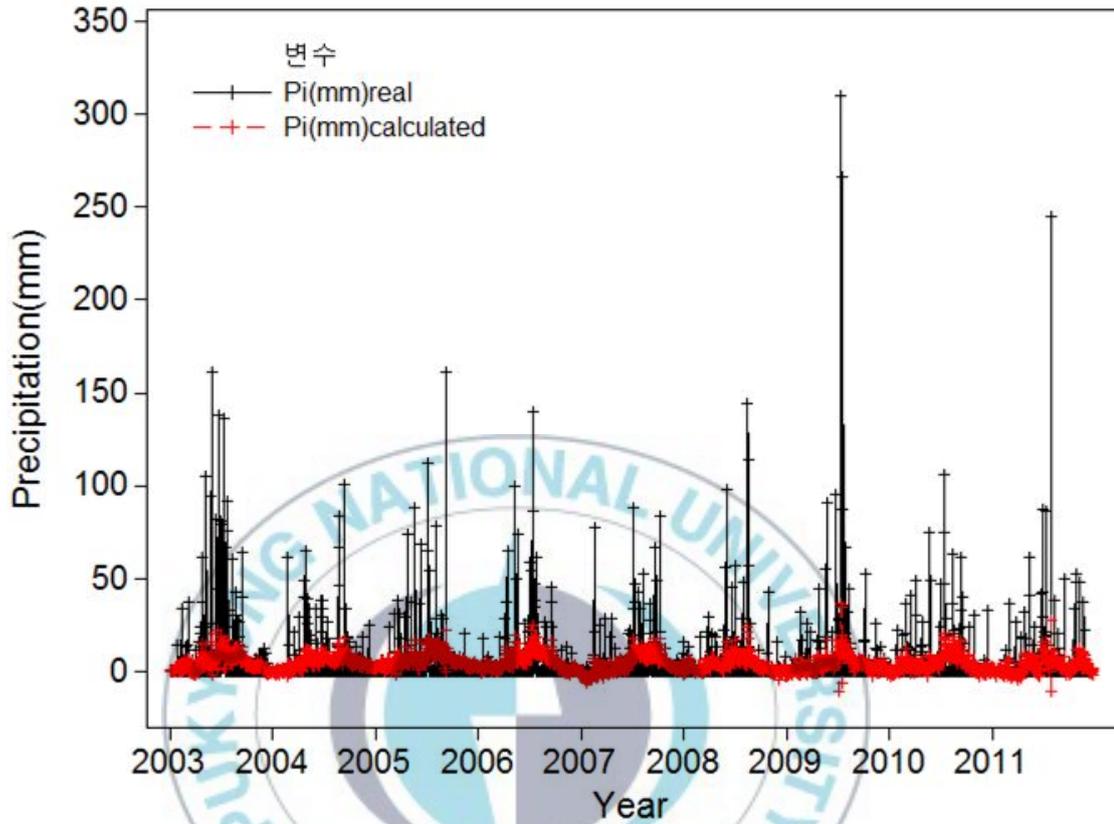


그림 4-13 남부하수처리장 강수량의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교

그림 4-13은 2003년부터 2011년까지 강수량에 대한 실측치와 계산치를 나타낸 것으로서 계산값이 실측값을 잘 표현하고 있는 것으로 나타났다.

#### 4.2.3 남부하수처리장 유입수 유량의 다변량 회기분석

표 4-14 남부하수처리장 유입수 유량의 단계적 회기분석 결과

단계	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
상수	58743	81555	89964	78532	87845	69884	92275	90674	96078	103567
Q(-1)	0.813	0.695	0.663	0.705	0.67	0.606	0.593	0.594	0.59	0.586
T-값	79.83	54.45	51.66	53.05	49.63	40.62	39.72	39.79	39.4	39.05
P-값	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temp(-1)		965	989	938	991	798	858	1383	1356	1357
T-값		14.61	15.26	14.66	15.69	12.18	13.08	7.06	6.92	6.93
P-값		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pi(-1)							239	238	237	233
T-값			300	285	266	245	9.44	9.42	9.37	9.22
P-값			11.34	10.93	10.34	9.62	0	0	0	0
Pi(-3)							-289	-297	-298	-300
T-값				-275	-287	-301	-11.1	-11.37	-11.42	-11.5
P-값				-10.25	-10.87	-11.52	0	0	0	0
Pi(-2)							263	263	261	258
T-값					277	267	10.21	10.25	10.18	10.04
P-값					10.57	10.3	0	0	0	0
Q(-3)							0.12	0.126	0.124	0.121
T-값						0.131	8.72	9.05	8.94	8.69
P-값						9.47	0	0	0	0
SS(-1)							-161	-159	-122	-125
T-값							-7.04	-6.97	-4.57	-4.66
P-값							0	0	0	0
Temp(-2)								-559	-563	-542
T-값								-2.84	-2.86	-2.76
P-값								0.005	0.004	0.006
COD(-1)									-132	-185
T-값									-2.64	-3.54
P-값									0.008	0
Coli.(-1)										-0.0152
T-값										-3.36
P-값										0.001
R-제곱	24368	23614	23168	22808	22432	22135	21972	21948	21928	21894
R-제곱 (수정)	66.03	68.11	69.32	70.27	71.25	72.02	72.43	72.5	72.56	72.65
Mallows C-P	66.02	68.09	69.29	70.23	71.21	71.97	72.38	72.43	72.48	72.57
	814.3	566	423	310.1	194	103.8	55.5	49.3	44.3	34.9

표 4-14은 Minitab 프로그램을 이용하여 남부하수처리장 유입수 유량의 단계적 회기분석의 결과이다. 단계적 회기분석의 결과를 토대로 우선순위 6개 항목을 독립변수로하여 유입수 유량을 회기분석하면 표 4-15과 같다. 여기서 각 독립변수에 포함되어 있는 (-1), (-2) 및 (-3)은 1일전 , 2일 전 및 3일전의 독립변수의 값을 나타낸다. 과거 자료로부터 현재의 자료를 구할 수 있는 다변량 회기분석식을 제안 하였다.

**표 4-15 남부하수처리장 유입수 유량의 회기분석 결과**

예측변수	계수	SE계수	T	P
상수	69884	4093	17.08	0
Q(-1)	0.6063	0.01493	40.62	0
Temp(-1)	798.33	65.55	12.18	0
Pi(-1)	245.11	25.49	9.62	0
Pi(-3)	-300.95	26.13	-11.52	0
Pi(-2)	266.69	25.89	10.3	0
Q(-3)	0.1306	0.0138	9.47	0

유입수 유량의 회귀 방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$Q(m^3/d) = 69884 + 0.606 Q(-1) + 798 Temp(-1) + 245 Pi(-1) - 301 Pi(-3) + 267 Pi(-2) + 0.131 Q(-3)$$

그림 4-14는 남부하수처리장 유입수 유량을  $Q(-1)$ ,  $Temp(-1)$ ,  $Pi(-1)$ ,  $Pi(-3)$ ,  $Pi(-2)$ ,  $Q(-3)$  의 독립변수로 구한 회기식의 계산치와 실측치의 관계를 표현한 것으로 R 제곱값이 72 %로 상관성이 양호하였다.

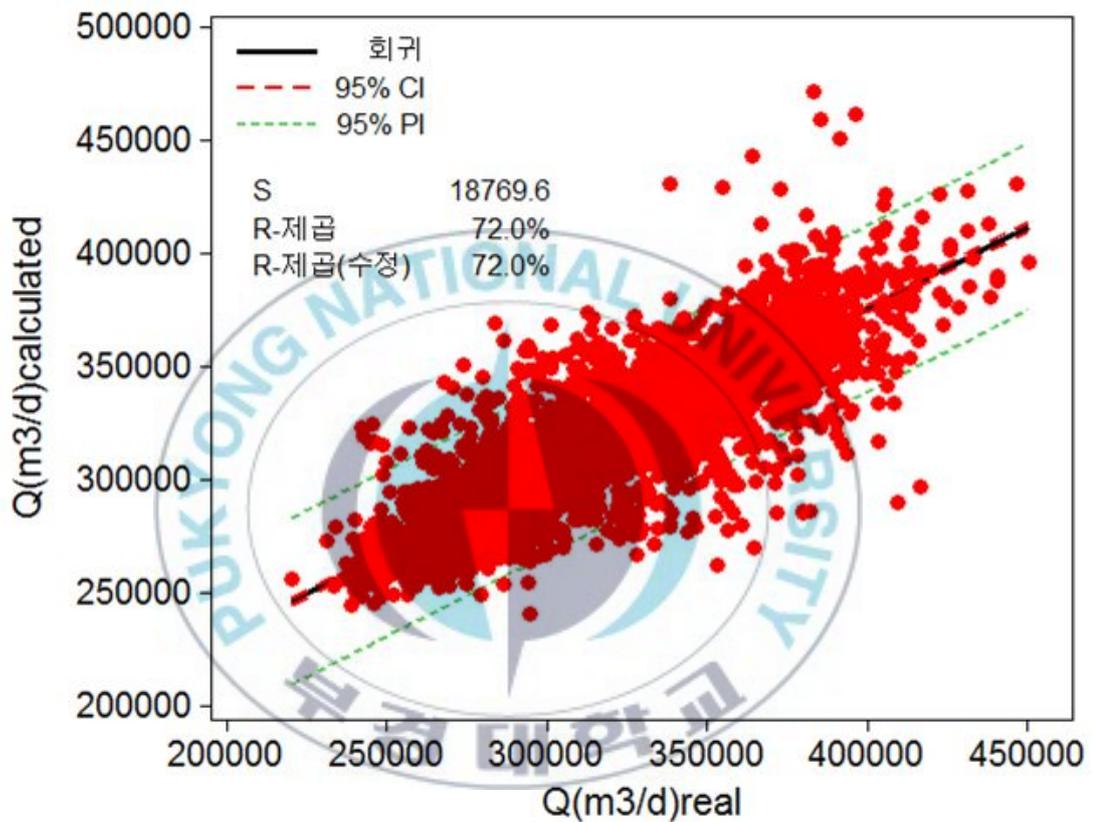


그림 4-14 남부하수처리장 유량의 실제값과 다변량 회기식 계산값의 관계

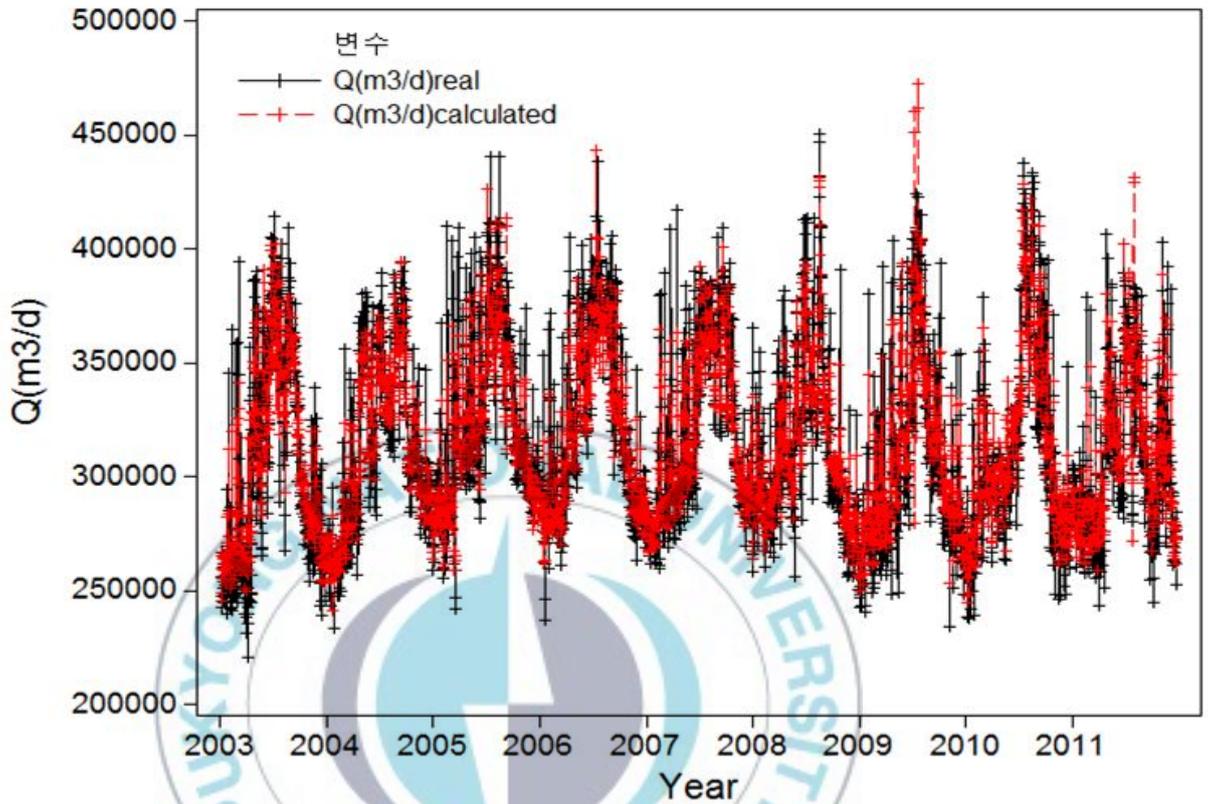


그림 4-15 남부하수처리장 유량의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교

그림 4-15은 2003년부터 2011년까지 유입수 유량에 대한 실측치와 계산치를 나타낸 것으로서 계산값이 실측값을 잘 표현하고 있는 것으로 나타났다.

#### 4.2.4 남부하수처리장 BOD의 다변량 회기분석

표 4-18 남부하수처리장 BOD의 단계적 회기분석 결과

단계	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
상수	23.3	14.88	16.09	14.54	13.28	16.17	15.71	16.19	15.69	16.28
BOD(-1)	0.762	0.561	0.476	0.42	0.415	0.409	0.388	0.385	0.387	0.365
T-값	67.5	37.37	28.71	23.4	23.18	22.86	20.72	20.58	20.73	18.24
P-값	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BOD(-3)		0.287	0.243	0.184	0.19	0.183	0.184	0.184	0.183	0.181
T-값		19.09	15.96	10.8	11.18	10.75	10.82	10.87	10.83	10.72
P-값		0	0	0	0	0	0	0	0	0
TN(-1)			0.404	0.364	0.368	0.361	0.341	0.336	0.343	0.291
T-값			11.35	10.2	10.37	10.19	9.53	9.4	9.59	7.35
P-값			0	0	0	0	0	0	0	0
BOD(-2)				0.142	0.151	0.147	0.144	0.144	0.145	0.143
T-값				7.57	8.06	7.87	7.73	7.72	7.8	7.66
P-값				0	0	0	0	0	0	0
Pi(-3)					0.049	0.052	0.050	0.0505	0.047	0.0468
T-값					1	3	3	3	3	3
P-값					5.74	6.08	5.88	5.92	5.48	5.46
Temp(-3)										
T-값						-0.07	-0.087	-0.082	-0.086	-0.081
P-값						5	5	5	5	5
SS(-1)							0.036	0.0354	0.0356	0.0301
T-값							3.86	3.8	3.83	3.18
P-값							0	0	0	0.001
Pi(-1)								-0.027	-0.030	-0.0314
T-값								6	9	9
P-값								-3.24	-3.62	-3.67
Pi(-2)									0.031	0.0305
T-값									3.6	3.54
P-값									0	0
COD(-1)										0.076
T-값										3.05
P-값										0.002
R-제공	8.28	7.86	7.71	7.64	7.61	7.59	7.57	7.56	7.55	7.54
R-제공	58.16	62.35	63.77	64.39	64.75	64.94	65.1	65.21	65.35	65.45
(수정)	58.15	62.32	63.74	64.35	64.7	64.88	65.02	65.13	65.25	65.34
Mallows	695.4	299.9	166.7	109.5	77.9	61.8	48.7	40.1	29.1	21.7
C-p										

표 4-18은 Minitab 프로그램을 이용하여 남부하수처리장 BOD의 단계적 회기분석의 결과이다. 단계적 회기분석의 결과를 토대로 우선순위 6개 항목을 독립변수로하여 BOD를 회기분석하면 표 4-19과 같다.

여기서 각 독립변수에 포함되어 있는 (-1), (-2) 및 (-3)은 1일전 , 2일 전 및 3일전의 독립변수의 값을 나타낸다.

**표 4-19 남부하수처리장 BOD의 회기분석 결과**

예측변수	계수	SE계수	T	P
상수	17.184	1.342	12.8	0
BOD(-1)	0.4158	0.0179	23.12	0
BOD(-3)	0.1755	0.0179	9.79	0
TN(-1)	0.3511	0.0397	8.84	0
BOD(-2)	0.1376	0.0187	7.34	0
TP(-3)	0.1239	0.3467	0.36	0.721
Temp(-3)	-0.0666	0.0178	-3.72	0

유입수 BOD의 회귀 방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned}
 \text{BOD(mg/L)} = & 17.2 + 0.416\text{BOD}(-1) + 0.176\text{BOD}(-3) + \\
 & 0.351\text{TN}(-1) + 0.138\text{BOD}(-2) + 0.124\text{TP}(-3) - \\
 & 0.0666\text{Temp}(-3)
 \end{aligned}$$

그림 4-16는 남부하수처리장 유입수 BOD를 BOD(-1), BOD(-3), TN(-1), BOD(-2), TP(-3), Temp(-3)의 독립변수로 구한 회기식의 계산치와 실측치의 관계를 표현한 것으로 박기정 외 5명(2012)의 예측된 BOD의 R 제곱값은 51.5 %로 본 연구의 R 제곱값이 64.5 %로 나타나 상관성이 더 양호하였다.

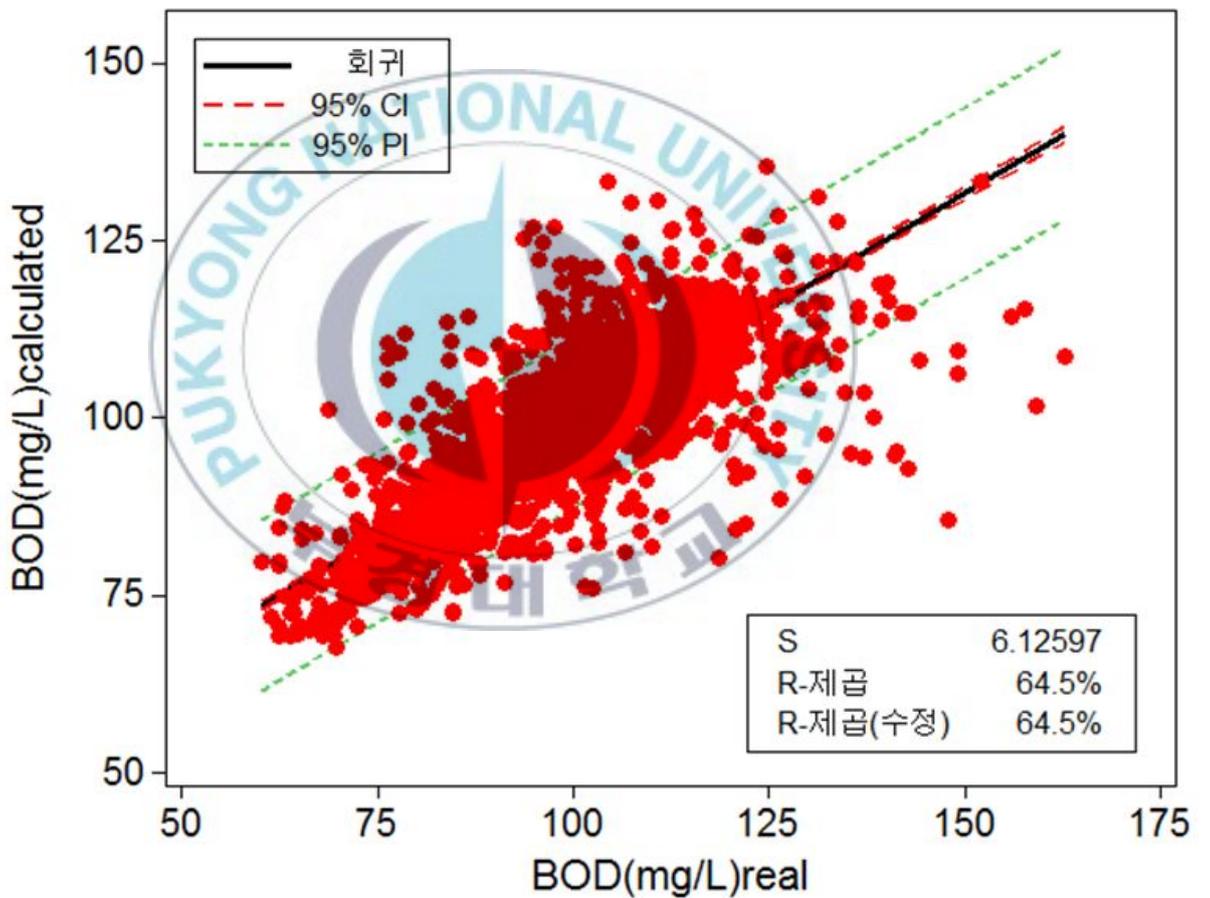


그림 4-16 남부하수처리장 BOD의 실제값과 다변량 회기식 계산값의 관계

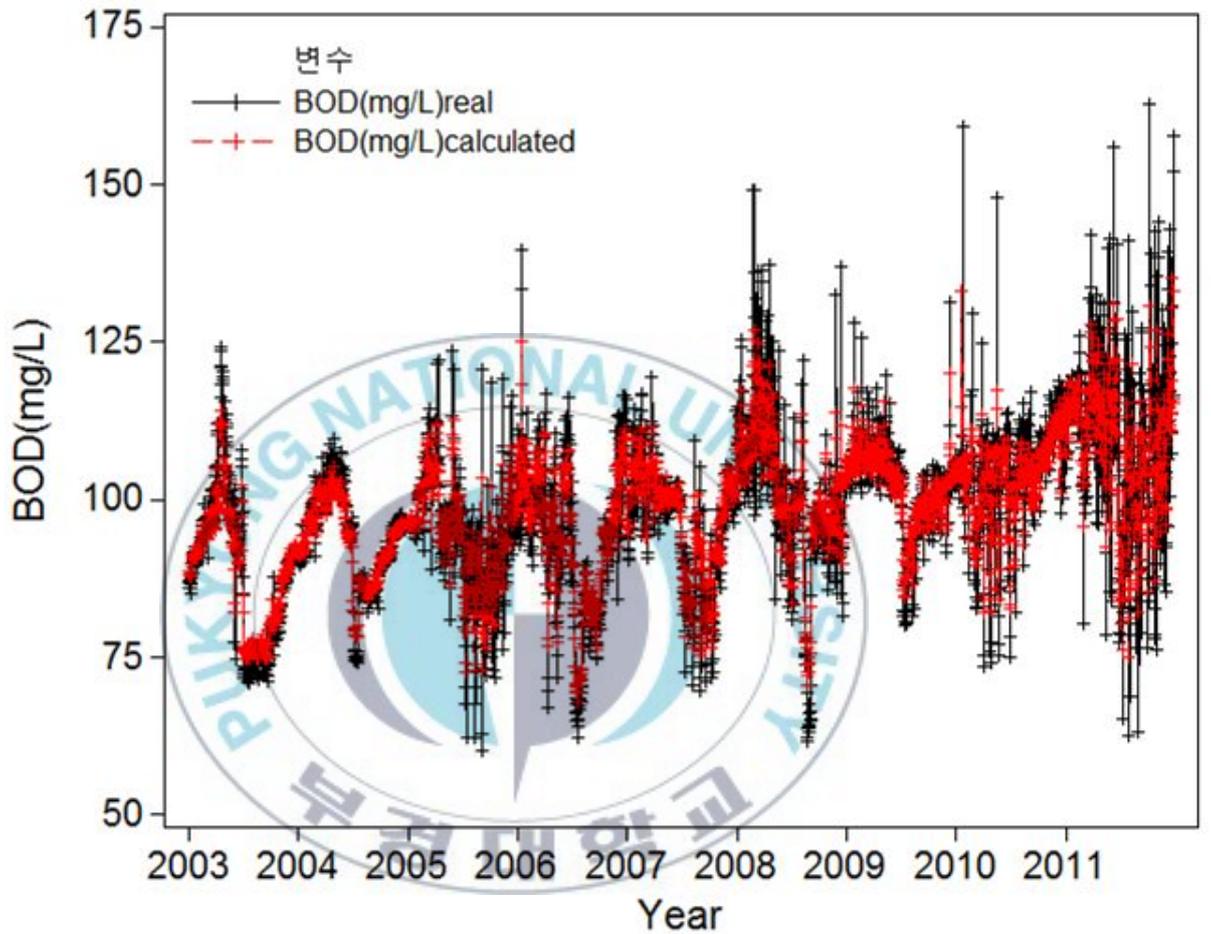


그림 4-17 남부하수처리장 BOD의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교

그림 4-17은 2003년부터 2011년 까지 온도에 대한 실측치와 계산치를 나타낸 것으로서 계산값이 실측값을 잘 표현하고 있는 것으로 나타냈다.

#### 4.2.5 남부하수처리장 COD의 다변량 회기분석

표 4-20 남부하수처리장 COD의 단계적 회기분석 결과

단계	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
상수	6.484	4.083	2.985	2.218	2.123	3.358	7.346	9.177	9.524	9.39
COD(-1)	0.8762	0.6473	0.6075	0.6004	0.5474	0.5417	0.535	0.53	0.532	0.508
T-값	104.26	44.88	40.29	40.17	32.14	31.76	31.3	31.02	31.19	27.85
P-값	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
COD(-3)		0.275	0.238	0.245	0.192	0.188	0.184	0.182	0.18	0.179
T-값		19.04	15.89	16.5	11.31	11.13	10.92	10.77	10.71	10.66
P-값		0	0	0	0	0	0	0	0	0
TN(-2)			0.18	0.201	0.165	0.166	0.16	0.182	0.185	0.091
T-값			8.24	9.24	7.39	7.43	7.2	7.96	8.07	2.64
P-값			0	0	0	0	0	0	0	0.008
Pi(-3)				0.0414	0.043	0.0413	0.0481	0.0474	0.0466	0.0455
T-값				8.36	8.71	8.36	9.33	9.21	9.07	8.85
P-값				0	0	0	0	0	0	0
COD(-2)					0.127	0.123	0.119	0.155	0.152	0.167
T-값					6.35	6.15	5.94	7.04	6.94	7.49
P-값					0	0	0	0	0	0
Coli(-3)						0	0	0	0	0
T-값						-3.96	-4.56	-4.21	-4.09	-4.06
P-값						0	0	0	0	0
Q(-1)							-0.000	-0.000	-0.0000	-0.000
T-값							01	01	1	01
P-값							-4.46	-4.78	-5.52	-5.51
BOD(-2)								-0.038	-0.0369	-0.038
T-값								6		8
P-값								-3.91	-3.74	-3.94
Pi(-2)									0.0186	0.0198
T-값									3.66	3.9
P-값									0	0
TN(-1)										0.124
T-값										3.66
P-값										0
R-제공	4.75	4.5	4.46	4.41	4.39	4.38	4.36	4.35	4.35	4.34
R-제공	76.83	79.14	79.56	79.99	80.23	80.33	80.45	80.54	80.62	80.69
(수정)	76.82	79.13	79.54	79.96	80.2	80.29	80.4	80.49	80.56	80.64
Mallows	660.4	270.1	200.3	129.7	90.3	76.3	58.1	44.7	33.2	21.7
C-p										

표 4-20은 Minitab 프로그램을 이용하여 남부하수처리장 COD의 단계적 회기분석의 결과이다. 단계적 회기분석의 결과를 토대로 우선순위 6개 항목을 독립변수로하여 COD를 회기분석하면 표 4-21과 같다.

여기서 각 독립변수에 포함되어 있는 (-1), (-2) 및 (-3)은 1일전 , 2일전 및 3일전의 독립변수의 값을 나타낸다.

과거 자료로부터 현재의 자료를 구할 수 있는 다변량 회기분석을 제안하였다.

표 4-21 남부하수처리장 COD의 회기분석 결과

예측변수	계수	SE계수	T	P
상수	3.3583	0.5557	6.04	0
COD(-1)	0.5416	0.0170	31.76	0
COD(-3)	0.1883	0.0169	11.13	0
TN(-2)	0.1657	0.0223	7.43	0
Pi(-3)	0.0412	0.0049	8.36	0
COD(-2)	0.1229	0.02	6.15	0
Coli.(-3)	-3.6E-06	9E-07	-3.96	0

유입수 COD의 회귀 방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$\text{COD(mg/L)} = 3.36 + 0.541\text{COD}(-1) + 0.188\text{COD}(-3) + 0.166\text{TN}(-2) + 0.0413\text{Pi}(-3) + 0.123\text{COD}(-2) - 0.000004\text{Coli.}(-3)$$

그림 4-18는 남부하수처리장 COD을 COD(-1), COD(-3), TN(-2), Pi(-3), COD(-2), Coil(-3) 의 독립변수로 구한 회귀식의 계산치와 실측치의 관계를 표현한 것으로 R 제곱값이 80.3%로 상관성이 양호하였다.

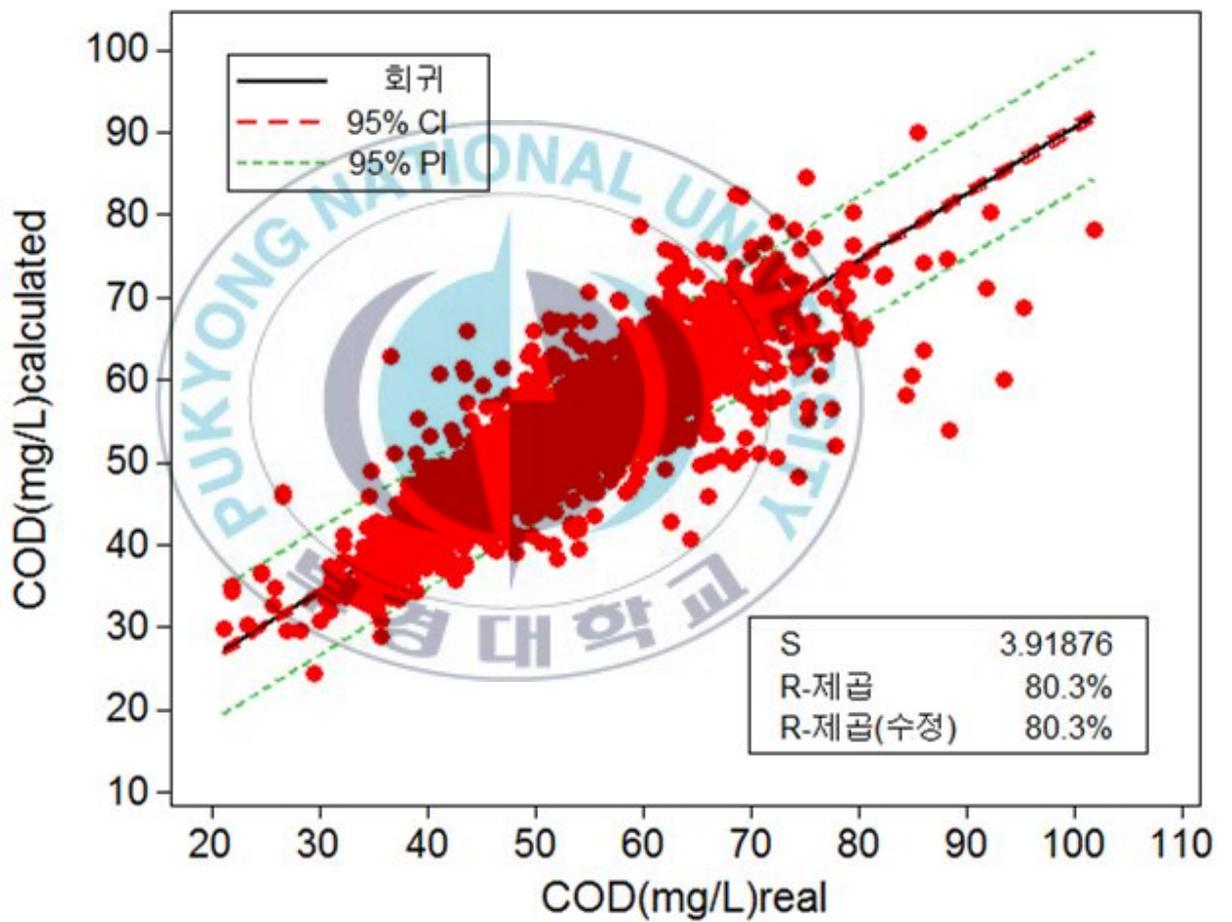


그림 4-18 남부하수처리장 COD의 실제값과 다변량 회귀식 계산값의 관계

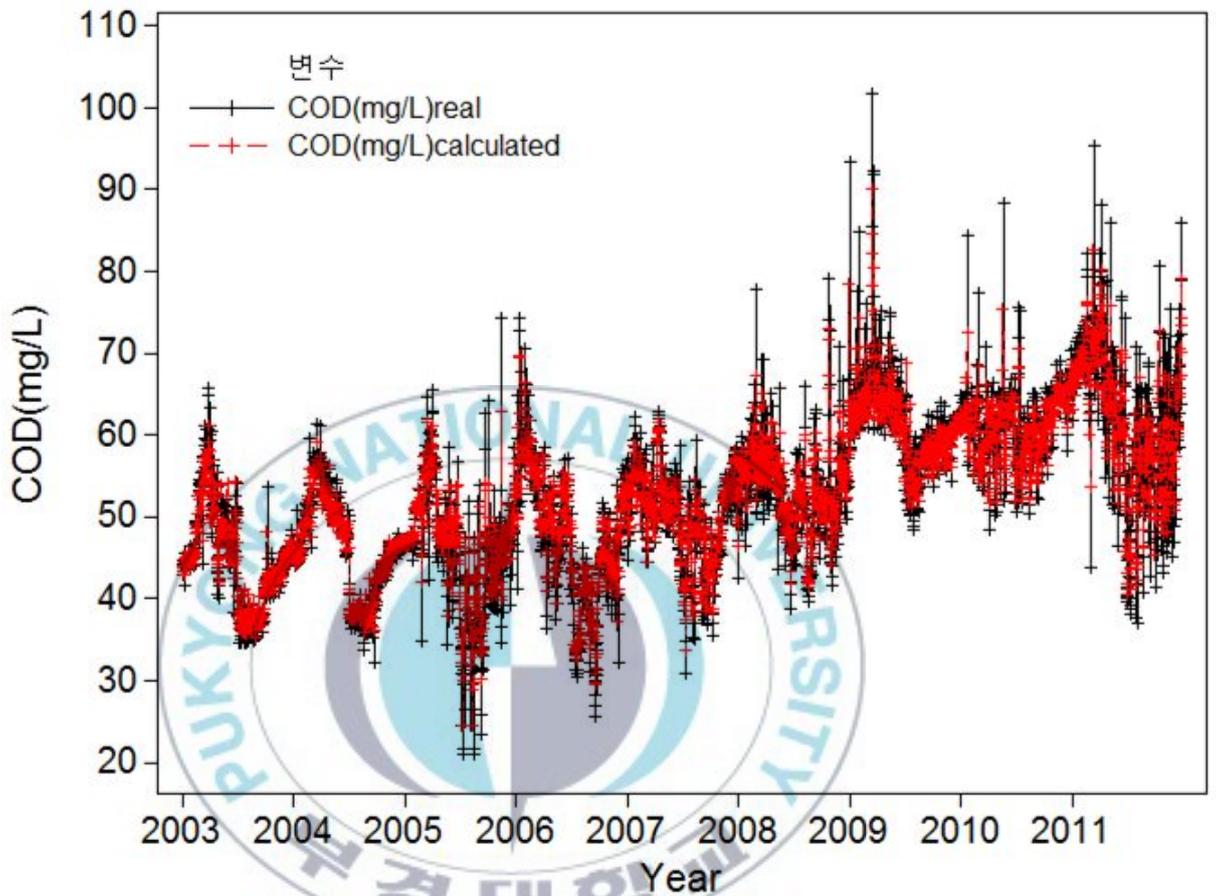


그림 4-19 남부하수처리장 COD의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교

그림 4-19은 2003년부터 2011년까지 COD에 대한 실측치와 계산치를 나타낸 것으로 계산값을 잘 표현하고 있는 것으로 나타냈다.

#### 4.2.6 남부하수처리장 SS의 다변량 회기분석

표 4-22 남부하수처리장 SS의 단계적 회기분석 결과

단계	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
상수	32.16	21.79	19.63	17.75	16.28	18.89	18.35	26.06	29.73	26.45
SS(-1)	0.674	0.524	0.462	0.42	0.418	0.416	0.411	0.412	0.41	0.412
T-값	52.26	34.26	26.99	23.14	23.16	23.08	22.71	22.82	22.68	22.8
P-값	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS(-3)		0.255	0.193	0.174	0.175	0.172	0.175	0.172	0.169	0.154
T-값		16.66	11.28	10.06	10.21	10.02	10.17	10.02	9.83	8.51
P-값		0	0	0	0	0	0	0	0	0
SS(-2)			0.145	0.13	0.131	0.129	0.132	0.13	0.126	0.124
T-값			7.73	6.9	7	6.89	7.06	6.95	6.76	6.67
P-값			0	0	0	0	0	0	0	0
TP(-1)				3.23	3.58	3.42	3.51	3.16	3.25	2.86
T-값				6.75	7.47	7.11	7.28	6.44	6.63	5.55
P-값				0	0	0	0	0	0	0
Pi(-2)					0.082	0.078	0.073	0.085	0.088	0.089
T-값					6.07	5.79	5.39	6.1	6.32	6.39
P-값					0	0	0	0	0	0
Coli(-1)						-0.00001	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
T-값						1	1	1	1	1
P-값						-3.69	-3.53	-3.68	-4.08	-3.9
Pi(-3)							0.039	0.053	0.056	0.059
T-값							2.87	3.78	3.99	4.16
P-값							0.004	0	0	0
Q(-1)								-0.0000	-0.0000	-0.0000
T-값								2	3	3
P-값								-3.53	-4.7	-4.73
Temp(-1)									0.107	0.13
T-값									3.11	3.66
P-값									0.002	0
BOD(-3)										0.055
T-값										2.45
P-값										0.014
R-제공	12.8	12.3	12.2	12.1	12	12	12	12	12	11.9
R-제공	45.45	49.71	50.61	51.29	51.83	52.03	52.15	52.33	52.47	52.56
(수정)	45.43	49.68	50.56	51.23	51.75	51.94	52.04	52.21	52.34	52.41
Mallows	488.5	196.6	136.4	91.6	56.2	44.5	38.2	27.7	20	15.9
C-p										

표 4-22은 Minitab 프로그램을 이용하여 남부하수처리장 SS의 단계적 회기분석의 결과이다. 단계적 회기분석의 결과를 토대로 우선순위 6개 항목을 독립변수로하여 SS를 회기분석하면 표 4-23과 같다.

여기서 각 독립변수에 포함되어 있는 (-1), (-2) 및 (-3)은 1일전 , 2일전 및 3일전의 독립변수의 값을 나타낸다.

과거 자료로부터 현재의 자료를 구할 수 있는 다변항 회기분석식을 제안하였다.

**표 4-23 남부하수처리장 SS의 회기분석 결과**

예측변수	계수	SE계수	T	P
상수	18.888	1.597	11.83	0
SS(-1)	0.4159	0.0180	23.08	0
SS(-3)	0.1719	0.0171	10.02	0
SS(-2)	0.1285	0.0186	6.89	0
TP(-1)	3.4174	0.4807	7.11	0
Pi(-2)	0.078	0.0134	5.79	0
Coli.(-1)	-8.7E-06	2.35E-06	-3.69	0

유입수 SS의 회귀 방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$SS(\text{mg/L}) = 18.9 + 0.416SS(-1) + 0.172SS(-3) + 0.129SS(-2) + 3.42TP(-1) + 0.078Pi(-2) - 0.000009Coli.(-1)$$

그림 4-20는 남부하수처리장 유입수 SS을 SS(-1), SS(-3), SS(-2), TP(-1), Pi(-2), Coli(-1) 의 독립변수로 구한 회기식의 계산치와 실측치의 관계를 표현한 것으로 R 제곱값이 52.0 %로 상관성이 양호하였다.

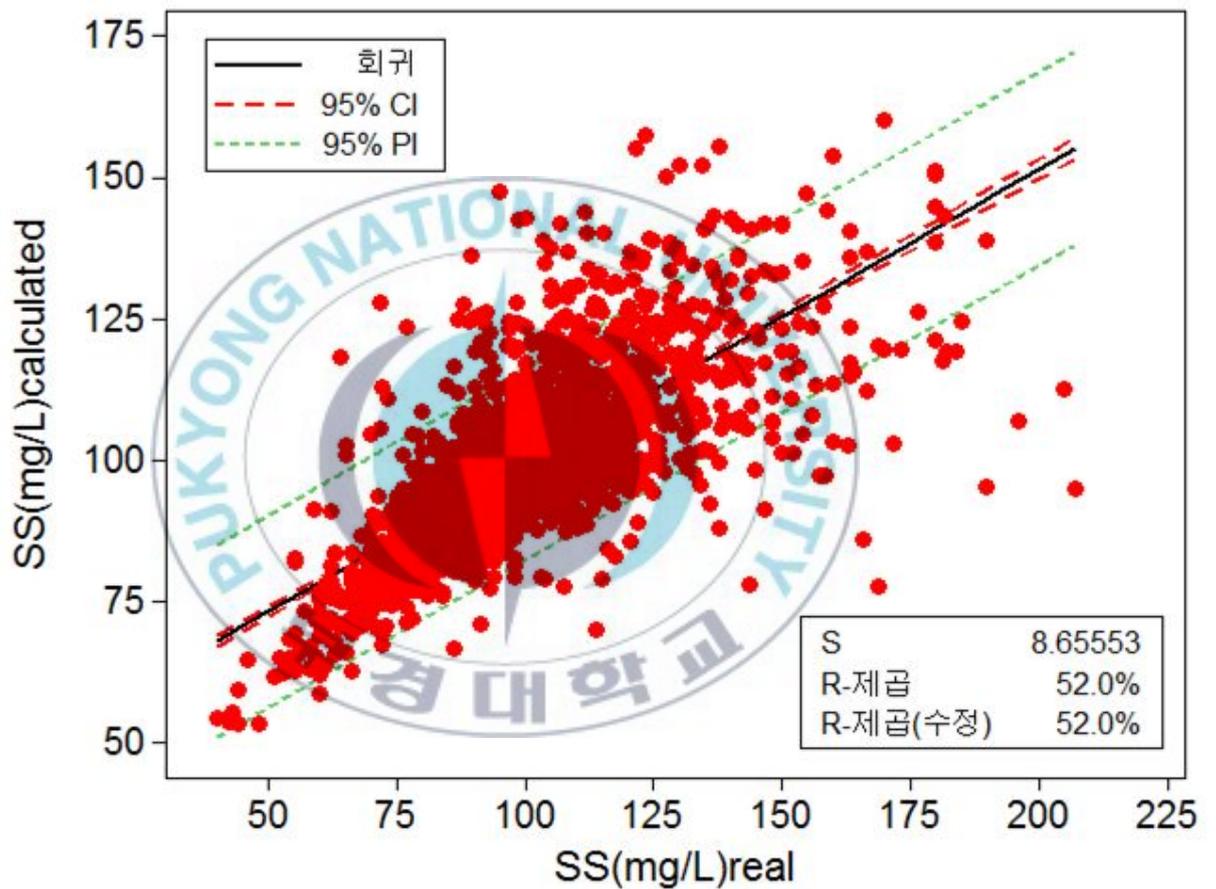


그림 4-20 남부하수처리장 SS의 실제값과 다변량 회기식 계산값의 관계

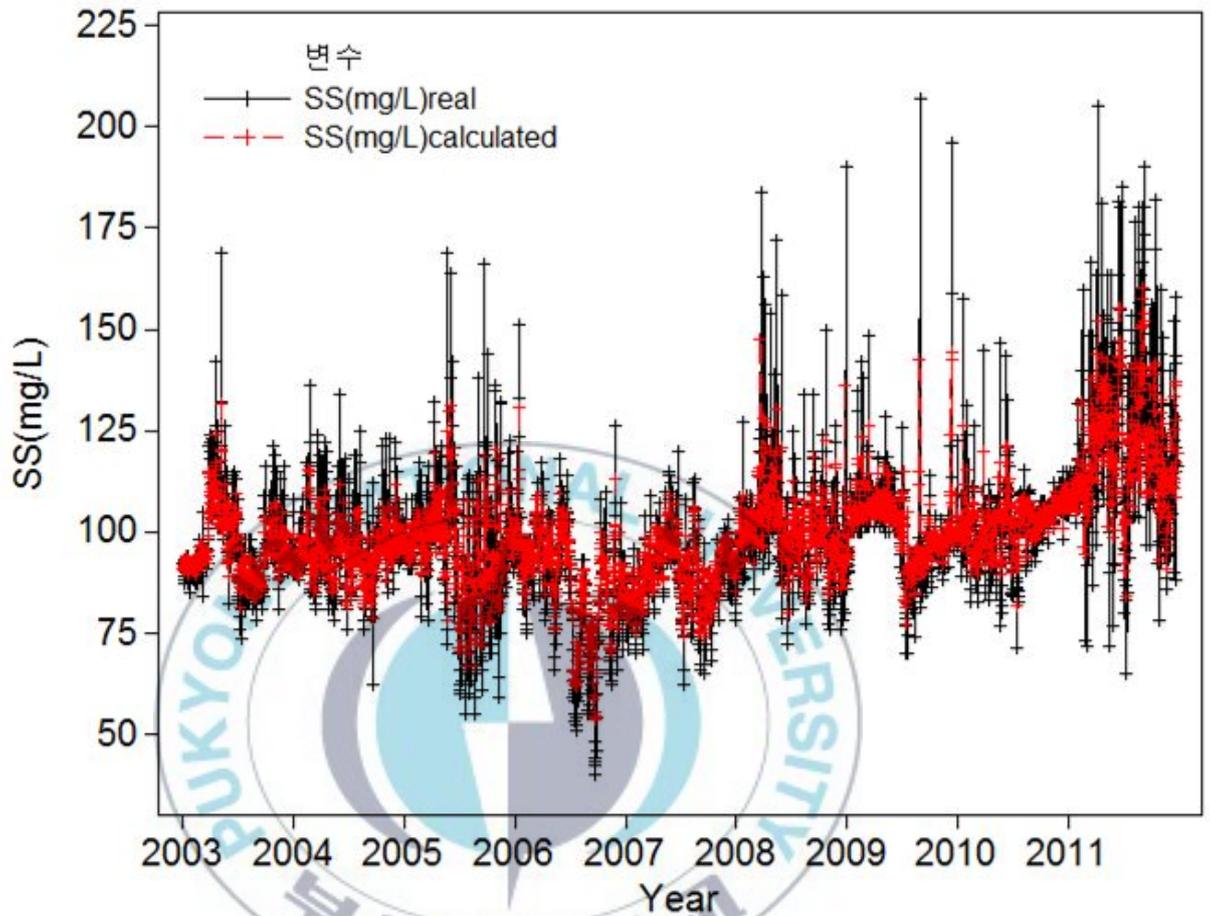


그림 4-21 남부하수처리장 SS의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교

그림 4-21은 2003년부터 2011년까지 SS에 대한 실측치와 계산치를 나타낸 것으로서 계산값이 실측값을 잘 표현하고 있는 것으로 나타났다.

#### 4.2.7 남부하수처리장 TN의 다변량 회기분석

표 4-24 남부하수처리장 TN의 단계적 회기분석 결과

단계	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
상수	3.127	2.032	1.886	1.552	1.177	1.386	1.248	1.115	1.534	1.423
TN(-1)	0.8899	0.6791	0.6105	0.602	0.5936	0.5889	0.594	0.574	0.57	0.569
T-값	111.79	47.51	35.56	35.26	34.75	34.52	34.77	30.71	30.43	30.43
P-값	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TN(-3)		0.249	0.181	0.183	0.151	0.151	0.15	0.151	0.15	0.15
T-값		17.43	10.52	10.73	8.36	8.39	8.33	8.38	8.35	8.35
P-값		0	0	0	0	0	0	0	0	0
TN(-2)			0.142	0.158	0.151	0.151	0.15	0.148	0.147	0.149
T-값			7.09	7.88	7.56	7.58	7.56	7.44	7.43	7.5
P-값			0	0	0	0	0	0	0	0
Pi(-3)				0.0191	0.0196	0.0198	0.0186	0.0184	0.019	0.0185
T-값				7.37	7.57	7.67	7.17	7.1	7.31	7.1
P-값				0	0	0	0	0	0	0
COD(-3)					0.0325	0.0321	0.0325	0.03	0.027	0.0284
T-값					5.16	5.12	5.18	4.74	4.22	4.42
P-값					0	0	0	0	0	0
Pi(-1)						-0.012	-0.013	-0.013	-0.012	-0.0124
T-값						2	3	1	4	
P-값						-4.75	-5.16	-5.1	-4.81	-4.82
Pi(-2)							0.0095	0.0098	0.0104	0.0104
T-값							3.66	3.77	3.97	3.99
P-값							0	0	0	0
TP(-1)								0.3	0.33	0.32
T-값								2.61	2.92	2.84
P-값								0.009	0.003	0.005
Temp(-3)									-0.015	-0.0505
T-값									2	
P-값									-2.85	-3.66
Temp(-1)									0.004	0
T-값										0.039
P-값										2.78
										0.006
R-제공	2.45	2.35	2.33	2.31	2.3	2.29	2.29	2.29	2.28	2.28
R-제공	79.22	80.98	81.27	81.58	81.72	81.85	81.92	81.96	82.01	82.05
(수정)	79.21	80.97	81.25	81.55	81.7	81.82	81.88	81.92	81.96	81.99
Mallows										
C-p	515.4	195.8	145.4	91.6	66.5	45.7	34.2	29.3	23.2	17.5

표 4-24은 Minitab 프로그램을 이용하여 남부하수처리장 TN의 단계적 회기분석의 결과이다. 단계적 회기분석의 결과를 토대로 우선순위 6개 항목을 독립변수로하여 TN를 회기분석하면 표 4-25과 같다.

여기서 각 독립변수에 포함되어 있는 (-1), (-2) 및 (-3)은 1일전 , 2일전 및 3일전의 독립변수의 값을 나타낸다.

과거 자료로부터 현재의 자료를 구할 수 있는 다변량 회기분석식을 제안하였다.

표 4-25 남부하수처리장 TN의 회기분석 결과

예측변수	계수	SE계수	T	P
상수	1.3859	0.2447	5.66	0
TN(-1)	0.5888	0.0170	34.52	0
TN(-3)	0.151	0.018	8.39	0
TN(-2)	0.1508	0.0199	7.58	0
Pi(-3)	0.0197	0.0025	7.67	0
COD(-3)	0.0321	0.0062	5.12	0
Pi(-1)	-0.0121	0.0025	-4.75	0

유입수 TN의 회귀 방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$TN(\text{mg/L}) = 1.39 + 0.589TN(-1) + 0.151TN(-3) + 0.151TN(-2) + 0.0198Pi(-3) + 0.0321COD(-3) - 0.0122Pi(-1)$$

그림 4-22는 남부하수처리장 유입수 TN을 TN(-1), TN(-3), TN(-2), Pi(-3), COD(-3), PI(-1) 의 독립변수로 구한 회기식의 계산치와 실측치의 관계를 표현한 것으로 박기정 외 5명(2012)의 예측된 TN의 R 제곱값은 53.3 %로 나타났으며 본 연구의 R 제곱값이 81.8 %로 상관성이 더 양호하였다.

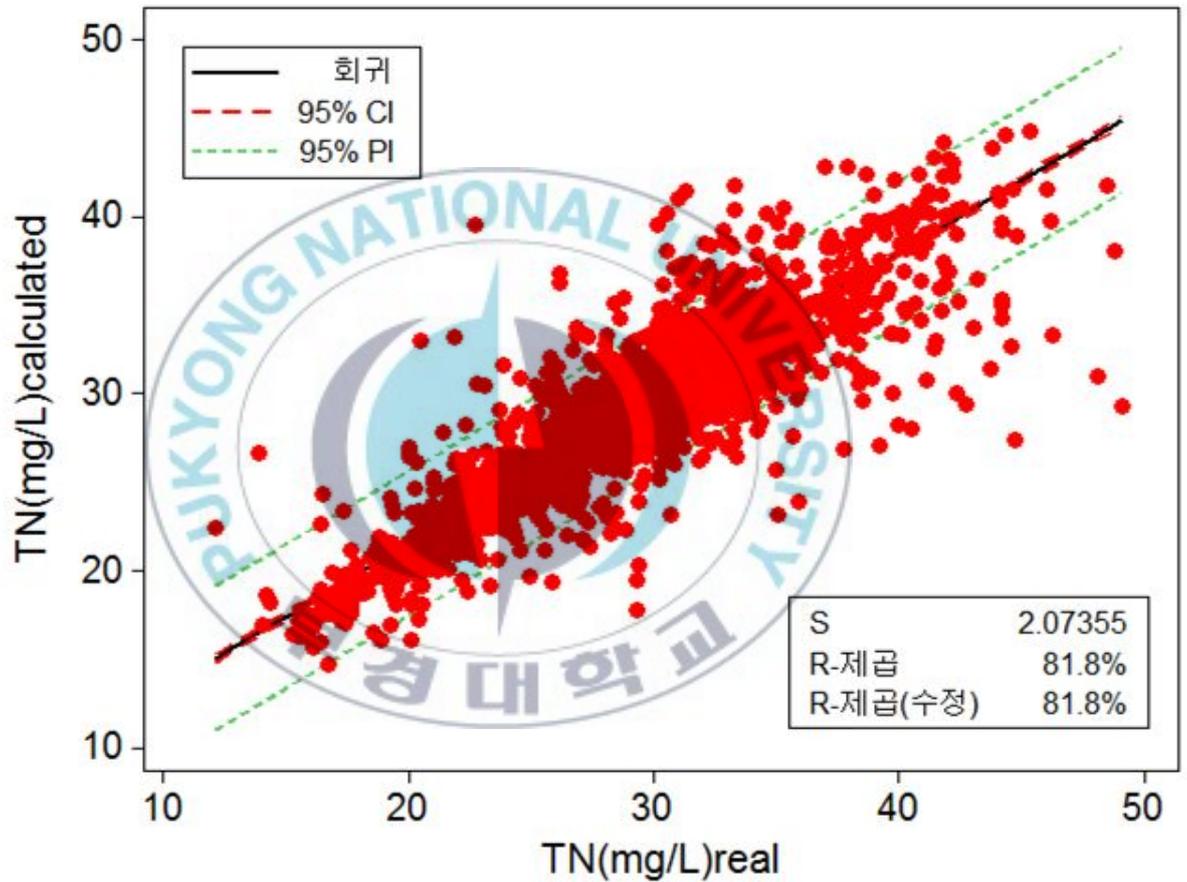


그림 4-22 남부하수처리장 TN의 실제값과 다변량 회기식 계산값의 관계

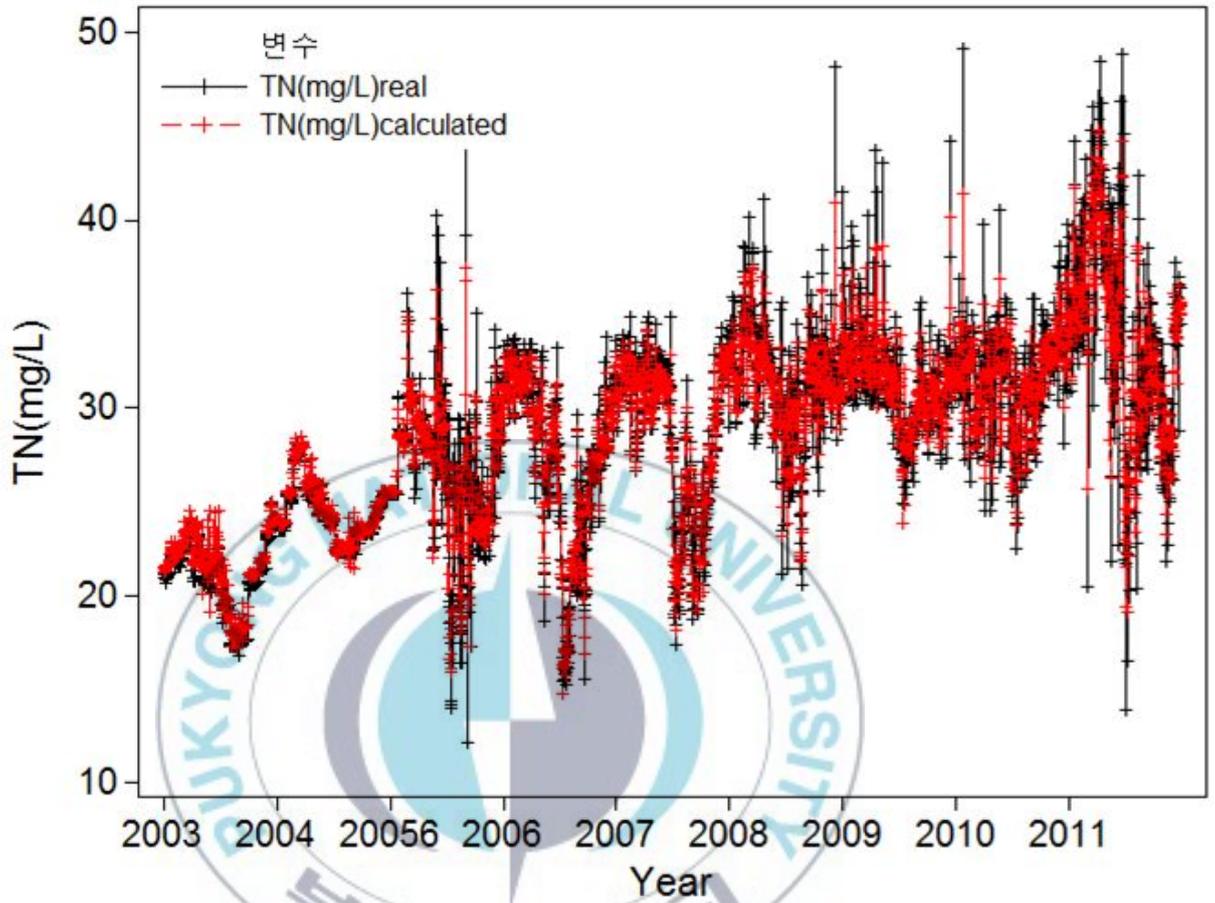


그림 4-23 남부하수처리장 TN의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교

그림 4-23은 2003년부터 2011년까지 온도에 대한 실측치와 계산치를 나타낸 것으로서 계산값이 실측값을 잘 표현하고 있는 것으로 나타났다.

#### 4.2.8 남부하수처리장 TP의 다변량 회기분석

표 4-26 남부하수처리장 TP의 단계적 회기분석 결과

단계	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
상수	0.3887	0.2734	0.2546	0.2188	0.1649	0.1374	0.1611	0.0961	0.1394	0.2349
TP(-1)	0.8681	0.6977	0.6251	0.6125	0.5624	0.5676	0.567	0.561	0.563	0.563
T-값	100.34	48.39	36.15	35.55	29.59	29.95	30.02	29.73	29.82	29.83
P-값	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TP(-3)		0.209	0.137	0.14	0.132	0.132	0.134	0.111	0.11	0.11
T-값		14.53	7.92	8.15	7.72	7.76	7.88	6.21	6.19	6.17
P-값		0	0	0	0	0	0	0	0	0
TP(-2)			0.152	0.17	0.163	0.16	0.157	0.157	0.156	0.155
T-값			7.47	8.4	8.06	7.95	7.84	7.83	7.81	7.75
P-값			0	0	0	0	0	0	0	0
Pi(-3)				0.0023	0.00241	0.0022	0.0022	0.00223	0.00218	0.00235
T-값				7.54	7.93	7.21	7.25	7.35	7.17	7.41
P-값				0	0	0	0	0	0	0
TN(-1)					0.0086	0.0092	0.0087	0.0092	0.0086	0.0082
T-값					6.09	6.46	6.17	6.5	5.98	5.69
P-값					0	0	0	0	0	0
Pi(-2)						0.0016	0.00178	0.00181	0.00175	0.00188
T-값						5.26	5.85	5.93	5.75	6.02
P-값						0	0	0	0	0
Pi(-1)							-0.0015	-0.0015	-0.0015	-0.0014
T-값							4	5	4	4
P-값							-5.1	-4.99	-5.14	-4.68
SS(-3)								0.00138	0.0013	0.00127
T-값								4.08	3.82	3.72
P-값								0	0	0
Coli(-1)									0	0
T-값									-2.42	-2.52
P-값									0.016	0.012
Q(-1)										0
T-값										-1.87
P-값										0.062
R-제공	0.285	0.276	0.274	0.271	0.27	0.269	0.268	0.267	0.267	0.267
R-제공 (수정)	75.44	76.93	77.31	77.7	77.95	78.13	78.31	78.42	78.46	78.48
Mallows C-p	75.43	76.91	77.29	77.67	77.92	78.09	78.26	78.36	78.4	78.41
	450.8	227.3	170.6	113.9	77.9	51.9	27.7	13.1	9.2	7.7

표 4-26은 Minitab 프로그램을 이용하여 남부하수처리장 TP의 단계적 회기분석의 결과이다. 단계적 회기분석의 결과를 토대로 우선순위 6개 항목을 독립변수로하여 TP를 회기분석하면 표 4-27과 같다.

여기서 각 독립변수에 포함되어 있는 (-1), (-2) 및 (-3)은 1일전 , 2일전 및 3일전의 독립변수의 값을 나타낸다.

과거 자료로부터 현재의 자료를 구할 수 있는 다변항 회기분석식을 제안하였다.

표 4-27 남부하수처리장 온도의 TP분석 결과

예측변수	계수	SE계수	T	P
상수	0.1374	0.02821	4.87	0
TP(-1)	0.5676	0.01895	29.95	0
TP(-3)	0.1320	0.01702	7.76	0
TP(-2)	0.1598	0.02012	7.95	0
Pi(-3)	0.0022	0.00030	7.21	0
TN(-1)	0.0091	0.00141	6.46	0
Pi(-2)	0.0015	0.00030	5.26	0

유입수 TP의 회귀 방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$TP(\text{mg/L}) = 0.137 + 0.568TP(-1) + 0.1132TP(-3) + 0.16TP(-2) + 0.0022Pi(-3) + 0.00915TN(-1) + 0.0016Pi(-2)$$

그림 4-24는 남부하수처리장 유입수 TP을 TP(-1), TP(-3), TP(-2), Pi(-3), TN(-1), Pi(-2) 의 독립변수로 구한 회기식의 계산치와 실측치의 관계를 표현한 것으로 박기정 외 5명(2012)의 예측된 TP의 R 제곱값은 58.9 %R로 나타났으며 본연구의 R 제곱값이 78.1%로 상관성이 더 양호하였다.

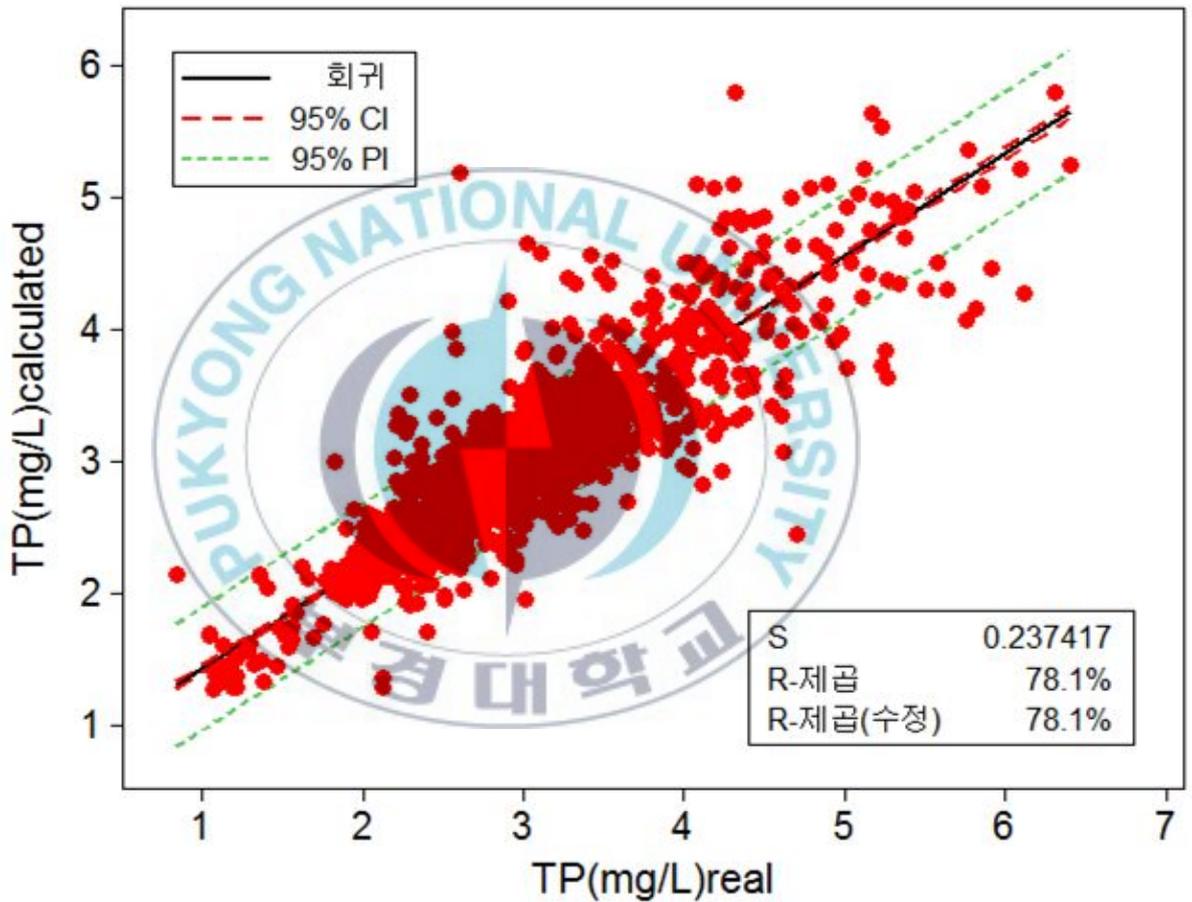


그림 4-24 남부하수처리장 TP의 실제값과 다변량 회기식 계산값의 관계

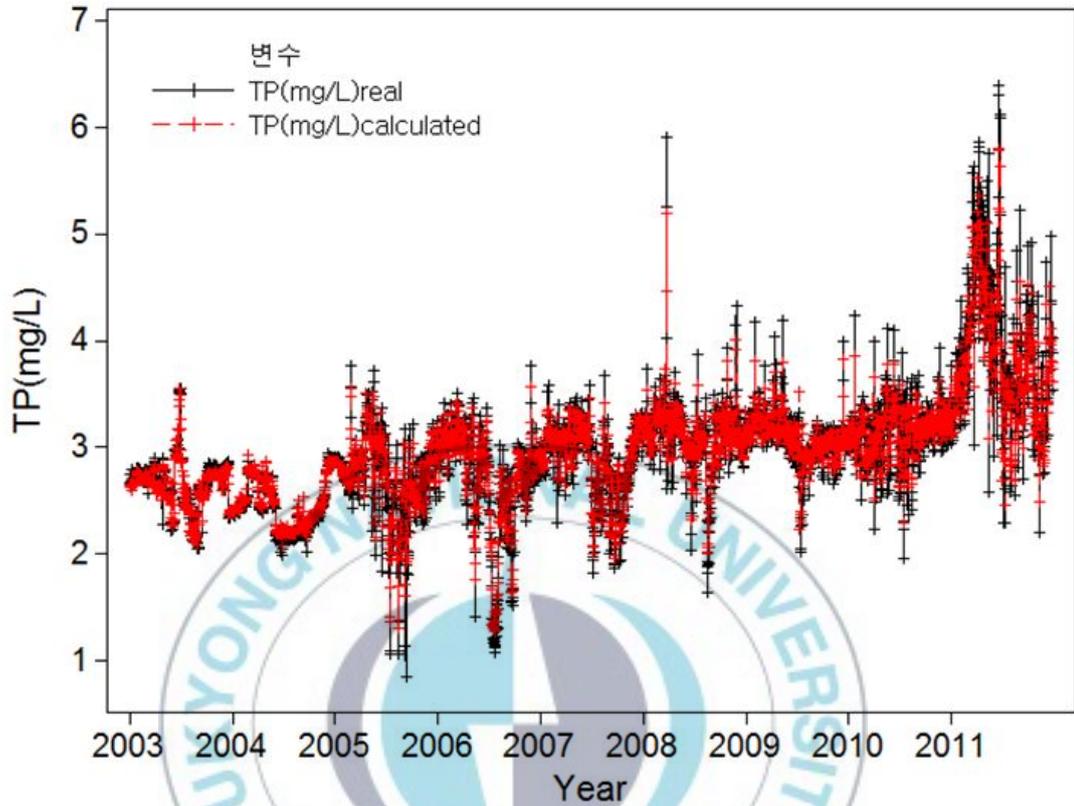


그림 4-25 남부하수처리장 TP의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교

그림 4-25은 2003년부터 2011년까지 TP에 대한 실측치와 계산치를 나타낸 것으로서 계산없이 실측값을 잘표현하고 있는 것으로 나타났다.

#### 4.2.9 남부하수처리장 Coil의 다변량 회기분석

표 4-28 남부하수처리장 Coil의 단계적 회기분석 결과

단계	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
상수	13496	9805	8500	24629	21987	44144	39095	38889	41342	39450
Coli.(-1)	0.913	0.661	0.624	0.619	0.622	0.618	0.615	0.613	0.613	0.614
T-값	128.4	39.4	36.07	35.74	35.84	35.74	35.5	35.34	35.31	35.38
P-값	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coli.(-2)		0.275	0.186	0.184	0.185	0.184	0.185	0.187	0.188	0.189
T-값		16.41	9.22	9.13	9.19	9.17	9.22	9.3	9.35	9.42
P-값		0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coli.(-3)			0.135	0.132	0.132	0.131	0.133	0.135	0.133	0.132
T-값			7.79	7.61	7.62	7.62	7.73	7.82	7.69	7.64
P-값			0	0	0	0	0	0	0	0
COD(-3)				-276	-241	-331	-432	-357	-195	
T-값				-4.1	-3.54	-4.5	-4.98	-3.75	-1.37	
P-값				0	0	0	0	0	0.169	
Pi(-3)					122	162	160	154	152	151
T-값					3.08	3.9	3.84	3.69	3.64	3.61
P-값					0.002	0	0	0	0	0
Q(-1)						-0.055	-0.05	-0.049	-0.052	-0.05
T-값						-3.21	-2.93	-2.84	-3	-2.89
P-값						0.001	0.003	0.004	0.003	0.004
TP(-1)							3025	5535	6277	6632
T-값							2.19	2.92	3.21	3.43
P-값							0.029	0.003	0.001	0.001
TP(-3)								-3985	-4274	-5239
T-값								-1.94	-2.07	-2.7
P-값								0.053	0.038	0.007
COD(-2)									-213	-353
T-값									-1.55	-3.82
P-값									0.122	0
R-제곱	37385	35944	35621	35536	35490	35440	35419	35404	35397	35401
R-제곱	83.42	84.68	84.95	85.03	85.07	85.12	85.14	85.16	85.17	85.16
(수정)	83.41	84.67	84.94	85.01	85.05	85.09	85.11	85.12	85.13	85.13
Mallows	369.6	95	35.7	20.9	13.4	5.1	2.3	0.5	0.2	0
C-p										

표 4-28은 Minitab 프로그램을 이용하여 남부하수처리장 Coli의 단계적 회기분석의 결과이다. 단계적 회기분석의 결과를 토대로 우선순위 6개 항목을 독립변수로하여 Coli를 회기분석하면 표 4-29과 같다.

여기서 각 독립변수에 포함되어 있는 (-1), (-2) 및 (-3)은 1일전 , 2일전 및 3일전의 독립변수의 값을 나타낸다.

과거 자료로부터 현재의 자료를 구할 수 있는 다변량 회기분석식을 제안하였다.

표 4-29 남부하수처리장 Coil.의 회기분석 결과

예측변수	계수	SE계수	T	P
상수	44144	8079	5.46	0
Coli.(-1)	0.61798	0.01729	35.74	0
Coli.(-2)	0.18434	0.02011	9.17	0
Coli.(-3)	0.13141	0.01724	7.62	0
COD(-3)	-330.9	73.51	-4.5	0
Pi(-3)	162.45	41.6	3.9	0
Q(-1)	-0.05462	0.017	-3.21	0.001

유입수 COD의 회귀 방정식은 다음과 같이 표현된다.

$$\text{Coli.}/100\text{mL} = 44144 + 0.618\text{Coli.}(-1) + 0.184\text{Coli.}(-2) + 0.131\text{Coli.}(-3) - 331\text{COD}(-3) + 162\text{Pi}(-3) - 0.0546\text{Q}(-1)$$

그림 4-26는 남부하수처리장 유입수 Coil을 Coli(-1), Coli(-2), Coli(-3), COD(-3), Pi(-3), Q(-1)의 독립변수로 구한 회기식의 계산치와 실측치의 관계를 표현한 것으로 R 제곱값이 85.1%로 상관성이 양호하였다.

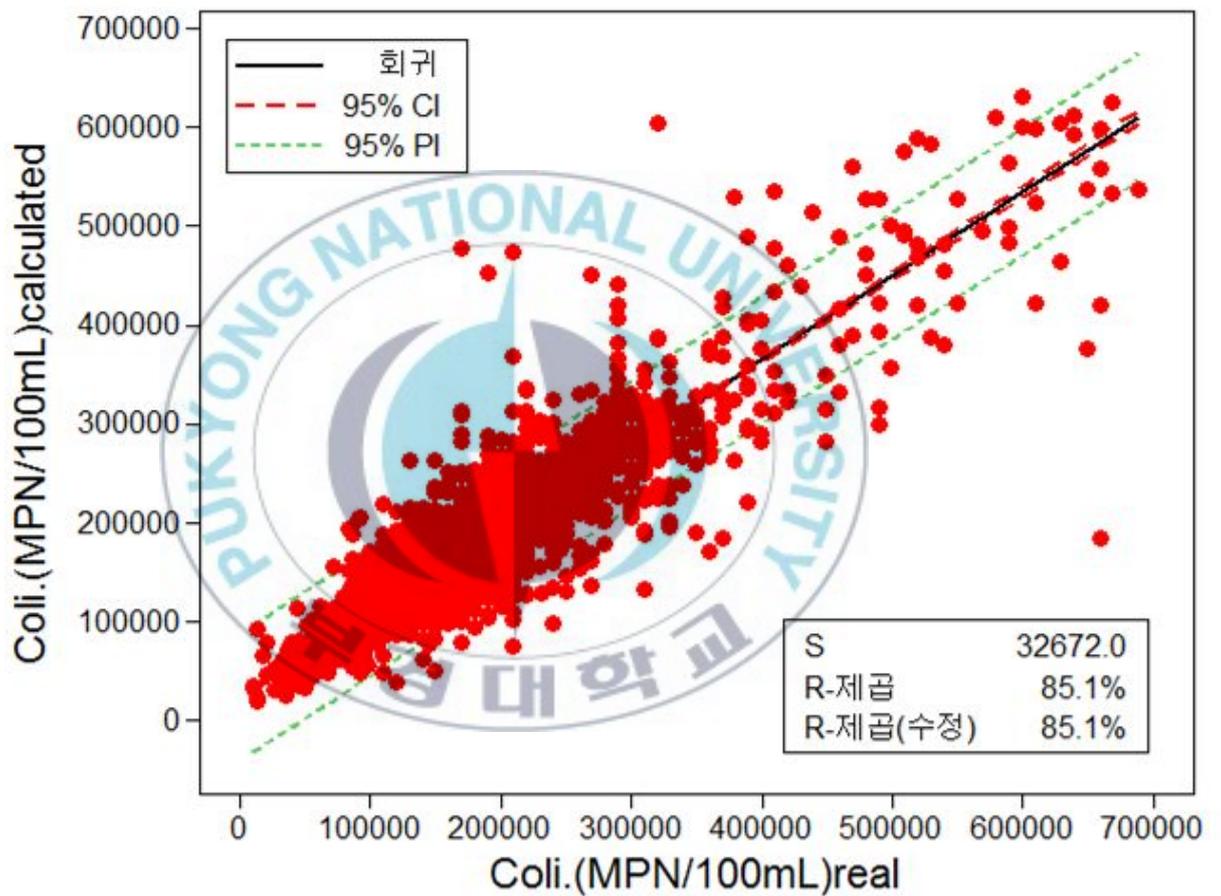


그림 4-26 남부하수처리장 Coil의 실제값과 다변량 회기식 계산값의 관계

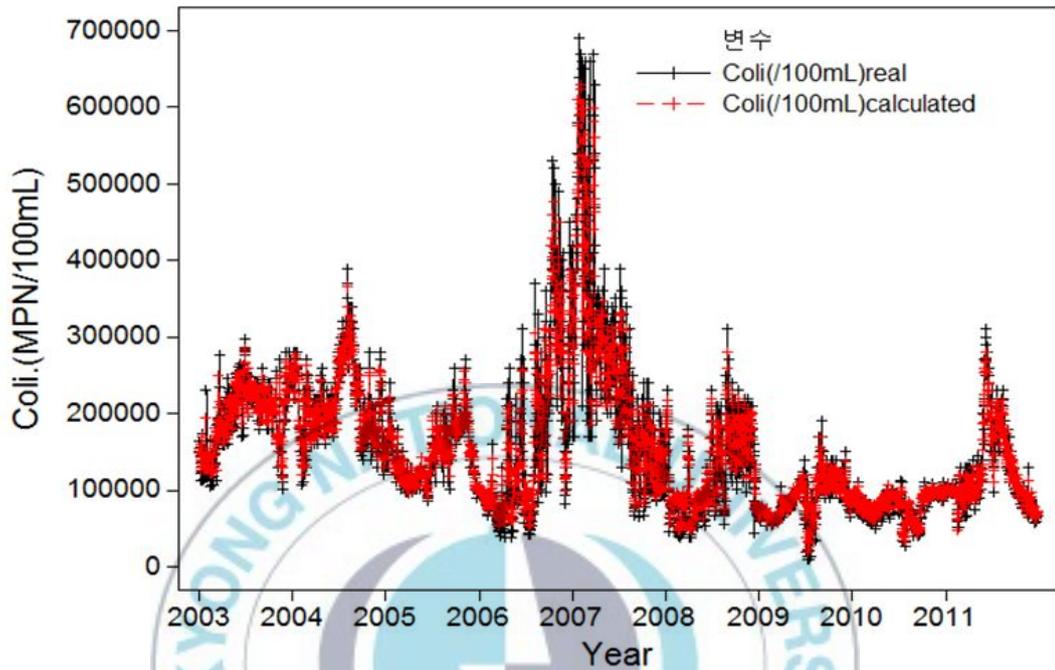


그림 4-27 남부하수처리장 Coil의 실제값과 다변량 회기식의 추정치의 비교

그림 4-27은 2003년부터 2011년까지 Coil에 대한 실측치와 계산치를 나타낸 것으로서 계산없이 실측값을 잘 표현하고 있는 것으로 나타났다.

## 제 5 장 결론

1. 기후변화에 따라 남부하수처리장의 온도는 연도별로 증가하는 경향을 보였다.
2. 동절기(건기)가 하절기(우기)에 비하여 남부하수처리장 유입수의 BOD, COD, SS, TN, TP 농도는 높았다.
3. 하절기(우기) 가 동절기(건기) 에 비하여 남부하수처리장 유입수의 유량, E Coli. 농도는 높았다
4. 남부하수처리장 유입수의 유량, BOD, COD, SS, TN, TP 및 E coli. 농도는 다변량 회기식을 통하여 잘 표현할 수 있었다. 강수량은 실측값과 계산값의 다변량 회기식의 상관계수가 작았다.

## 참 고 문 헌

김영철, 안익성, 강민기 (2005). 우리나라 하수처리장 방류수 수질현황 및 특성, 한국물환경학회지 제 21권 제 2호, p. 158~168.

김진호, 최철민, 김원일, 이종식, 정구복, 한국현, 류중수, 이정택, 권순국 (2007). 농촌유역의 수질평가를 위한 다변량분석 기법의 이용. 한국환경농학회지 제 26권 제1호. p. 17~24.

김민수, 김예진, Wenhua Piao, 조성호, 신원재, 이영철, 김창원(2012) .통계분석 기법을 활용한 하수처리장의 유입외란 진단 기법 개발. 한국물환경학회•대한상하수도학회 2012 공동학술발표회 논문집. 3월 21~22일. p. 322~323

김연권, 김홍석, 한인선,(2008). 통계적 분석기법을 이용한 관거정비사업 후 하수처리장 유입수질변화특성 평가, Korean Geo-Environmental Conference. p. 124~130

김연권, 문용택, 김병군, 김지연(2006). Dr. wastewater S/W를 이용한 하수처리장 진단. 대한토목학회 학술대회. 10, p. 344~347

김요용, 이시진(2011),다변량 통계 분석기법을 이용한 한강수계 지천의 수질 평가, 대한환경공학회. 제33권, 제7호 p. 501~510

문태섭, 김성희, 염훈식, 김예진, 고주형, 김창원(2007). 인공신경망을 이용한 하수처리장 공정 유입성상 예측. 환경공동학술대회논문집. 대한환경공학회•한국대기학회•한국폐기물학회. p. 1509~1514

박상천, 진영훈, 이용희, 박인철(2011). 비모수 통계기법을 이용한 장선댐의 수질 경향분석. 대한상하수도학회·한국물환경학회 2011공동 추계학술발표회 논문요약집 2011년11월 2~3일(대전컨벤션센터). p. 385~386

박기정, 정민재, 이한샘, 김덕우, 운재영, 백경록(2012). 대전시 공공하수처리시설 유입수 수질자료의 통계적 특성 및 추계학적 모의. 한국물환경학회지 제28권 제1호. p. 38~49.

이태환, 박민혜, 이보미, 허진, 양희정(2009). 하폐수 처리시설내 유입수 특성이 유기물 처리효율에 미치는 영향. 수질보전 한국물환경학회지. 제25권 제5호. p. 674~681

이용두, 박건형(2007). 제주시 하수처리장 유입수의 수질특성 연구. 환경공동학술대회 논문집, 대한환경공학회·한국대기학회·한국폐기물학회. p. 2172~2174

이찬영, 문경숙(2002). 통계방법에 의한 하수처리장 운전분석. 한국환경위생학회지. 28(3). p. 34~38

전동진, 차민지, 최문희, 차성민, 김준하(2012),  $\beta$  coefficient값을 이용한 도시지역과 농촌지역의 유출 특성 비교, 한국물환경학회·대한상하수도학회 2012 공동학술발표회 논문집 3월 21~22일(일산 킨텍스).p.776~777

조일형(2008). 다중회귀분석을 이용한 실규모 하수고도처리공정 평가 및 관리모델 수립. 대한상하수도학회·한국물환경학회 2008공동 추계학술발표회 논문요약집 2008년 11월 12~13일(SETEC, 서울특별시). p.828~829

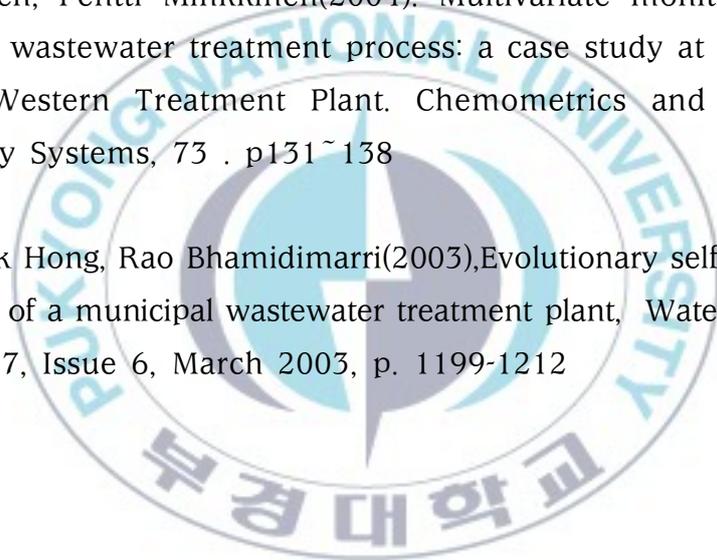
Antori Escalas-Canellas, Carlos J. Abrego-Gongora, Maria Guadalupe Barajas-Lopez(2008), A Time series model for influent temperature

estimation: Application to dynamic temperature modelling of an aerated lagoon, *Water Research*, 42 , p. 2551~2562

Scott A. Dellana, David West(2009). Predictive modeling for wastewater application: Linear and nonlinear approaches. *Environmental Modelling & Software*, 24 . p. 96~106

Tarja Miettinen, Timothy J. Hurse, Michael A. Connor, Satu-Pia Reinikainen, Pentti Minkkinen(2004). Multivariate monitoring of a biological wastewater treatment process: a case study at Melbourne Water's Western Treatment Plant. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 73 . p131~138

Yoon Seok Hong, Rao Bhamidimarri(2003), Evolutionary self-organising modelling of a municipal wastewater treatment plant, *Water Research*, Volume 37, Issue 6, March 2003, p. 1199-1212



## - 장래연구과제 -

1. 부산시 다른 하수처리장 조사
2. 하수처리장 수질 자료 월간자료로 하수처리장 건설일부터 조사
3. 하수처리장 자료의 주성분 분석



## 질문 및 답변사항

### 1. 문헌을 통한 고찰이 필요함

국내외 하수처리장 유입수 및 유출수의 변화 특성에 대한 연구 정리하여 본문에서 추가하고 고찰하였습니다. 김영철 외 2명(2005), Scott A.Dellana와 David West(2009) 등의 문헌 자료들을 비교 검토하였습니다.

### 2. 하수관거의 보급에 따른 지표는 BOD인가 대장균 군인가.

부산시 하수관거의 개량 및 분류식화의 지표는 BOD로 생각합니다. 2005년 부터 현재까지 유입하수의 BOD의 농도 및 COD 농도 등이 해마다 증가하는 것은 하수관거의 분류식화 보급율과 연결이 되는 것으로 생각합니다. 본문에 하수관거 분류식화 보급율을 추가 하겠습니다.

### 3. 서로의 상관관계 그래프는?

하수처리장 유입수의 서로의 상관관계를 구하여 본문에 추가하였습니다.

