

통계모형을 이용한 NO₂ 농도 예측에 관한 연구

장 난 심

부산대학교 대기과학과

(2005년 9월 27일 접수; 2005년 11월 24일 채택)

A study on Estimation of NO₂ concentration by Statistical model

Nan-Sim Jang

Department of Atmospheric Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea

(Manuscript received 27 September, 2005; accepted 24 November, 2005)

NO₂ concentration characteristics of Busan metropolitan city was analysed by statistical method using hourly NO₂ concentration data(1998~2000) collected from air quality monitoring sites of the metropolitan city.

4 representative regions were selected among air quality monitoring sites of Ministry of environment.

Concentration data of NO₂, 5 air pollutants, and data collected at AWS was used.

Both Stepwise Multiple Regression model and ARIMA model for prediction of NO₂ concentrations were adopted, and then their results were compared with observed concentration.

While ARIMA model was useful for the prediction of daily variation of the concentration, it was not satisfactory for the prediction of both rapid variation and seasonal variation of the concentration.

Multiple Regression model was better estimated than ARIMA model for prediction of NO₂ concentration.

Key Words : Hourly NO₂ concentration data, AWS data, Stepwise Multiple Regression model, ARIMA model

1. 서 론

질소산화물은 화석연료 등의 고온 연소 시에 발생하는 것으로 자동차를 주배출원으로 분류하고 있다. 최근에는 경유차에서 주로 배출되는 오염물질 가운데 질소산화물과 미세 먼지가 문제가 되고 있다.

선행연구 사례를 보면, Bower et al.은 1970년 이후 4일 동안 계속된 NO₂ 에피소드(episode)를 분석한 결과, 낮은 기온과 안정된 고기압 하에서¹⁾, Hargreaves et al.은 1993년 9월부터 1997년 4월까지 영국의 Rothamsted 지역의 대기권 NO₂ 농도는 계절, 지역의 공간 변화, 배경 식생의 유형과 밀접한 관계가 있음을 밝혔다²⁾. Erik Lebret et al.은 유럽 네 곳의 도시를 연구 지역으로 설정하여 교통과 연관된 오염 지표로써 오염원과 NO₂ 농도 변화 패턴을 조사하였다³⁾. 조사 결과 측정 농도가 겨울에 더 높

게 나타났는데, 이 기간 동안의 낮은 기온과 혼합고를 반영함을 밝혔다.

Owen et al.(1999)은 적분화학모형(Integral chemistry model)을 이용하여 런던시의 NO_x 및 NO₂ 농도를 계산하여 여름과 겨울동안의 예측농도와 실제 관측치를 비교하는 실험을 하였다⁴⁾. Shi et al.은 런던에서 NO_x와 NO₂ 시계열 분석과 함께 시간별 NO_x와 NO₂ 농도의 회귀 모형을 개발하였다⁵⁾. Giughiano et al.은 이탈리아 밀라노 지역에 위치한 19개 측정 지점의 5년간 시간평균농도를 이용하여 NO₂와 CO 고농도 사건의 지속과 횟수에 대한 통계를 간단한 경험 상자 모형으로 나타내었다⁶⁾.

Inoue et al.은 NO_x 농도의 시간 변화와 교통량과의 관계 등을 회귀 모형에 적용하여 NO 농도를 예측한 결과, 1시간 후의 예측에는 유용하나 2시간 이상의 기간에는 적용하기가 어렵다고 하였다⁷⁾. Erik Lebret et al.은 유럽 네 곳의 도시를 연구 지역으로 설정하여 교통과 연관된 오염 지표로써 오염원과 NO₂ 농도 변화 패턴을 조사하였다⁸⁾. 조사 결

Corresponding Author : Nan-Sim Jang, Department of Atmospheric Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea
Phone: +82-51-510-2282
E-mail: nsjang@pusan.ac.kr

과 측정 농도가 겨울에 더 높게 나타났는데, 이 기간 동안의 낮은 기온과 혼합고를 반영함을 밝혔다.

권민정은 도심지 도로 주변에서의 NO₂ 농도의 분포 특성 및 예측 연구를 하였고⁹⁾, 이용희는 신경망 모델을 이용한 부산시에서의 이산화질소 농도를 예측하였다¹⁰⁾.

장난심은 NO₂ 농도의 계절적 변화 경향은 기상상태의 변화가 크게 기여한다고 하였다¹¹⁾. NO₂ 고농도와 기상인자와의 관계에서 그 날의 온도가 전형적인 계절적 특성을 가지고, 또한 풍속이 약할수록 고농도가 발생할 확률이 높았음을 알아내었다.

현재 대기오염 물질 중 O₃에 대한 관심은 높아, O₃의 분포 특성과 예측에 관한 논문은 많이 연구되어 있지만, NO₂ 분포에 관한 연구는 저조할 뿐만 아니라 특히 국내에서 NO₂ 농도 예측에 관한 발표한 논문은 더 저조한 없는 실정이다. 그러므로 본 연구는 국내에서 연구가 저조한 NO₂ 농도 예측에 대해 연구하고자 하며, NO₂ 농도를 예측 모형 중에서도 통계적인 접근에 의해 예측하고자 한다.

본 연구는 부산지역의 지역별 NO₂ 농도 분포 특성 분석, 농도에 영향을 주는 요인의 상관 분석 등을 바탕으로 1998년 1월 1일부터 2000년 12월 31일까지 NO₂ 농도의 통계적 예측에 관한 것이다. NO₂ 농도 예측에 대한 본 연구 결과는 부산시 대기질 관리의 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

2. 연구 방법

2.1. 연구자료

본 연구를 위해 사용된 대기오염 농도 자료 및 기상자료는 Table 1에 나타내었다.

본 연구에서 사용되는 대기오염 농도 자료는 부산지역의 환경부 산하 9개 대기오염측정망 중 지역적 특성이 서로 다른 4개 측정망(주거지역: 대연동, 상업지역: 광복동, 공업지역: 감전동, 해안녹지지역: 동삼동)에서 화학발광법에 의해 측정된 시간별 NO₂ 농도 자료를 이용하였으며, 부산지역의 대기오염측

정망의 위치는 Fig. 1과 같다. 연산동의 경우 측정망 위치 주변이 상업적인 특성이 강한 지역이나 환경부에서 이 측정망 위치를 주거지역으로 분류하여 이 기준에 따라 주거지역으로 분류하였다.

NO₂의 주배출원은 자동차이며, 선행연구에 의하면 NO₂ 농도는 낮은 기온과 안정된 고기압, 계절, 낮은 혼합고에 영향을 받는다고 한다¹⁻³⁾. 그러므로 기상자료는 풍속, 기온, 일조시간, 운량 등을 사용하였다. 풍속과 기온은 영도, 북구, 그리고 대연동의 3개 지역의 AWS 측정망 자료 및 부산지방기상청 자료를 사용하였고, 일조시간, 운량은 부산지방기상청의 자료를 4개 지역 상관관계 분석에 사용하였다. Table 2는 대기오염 측정망과 상관관계 분석에 이용한 기상요소 측정망의 위치를 나타낸 것이다.

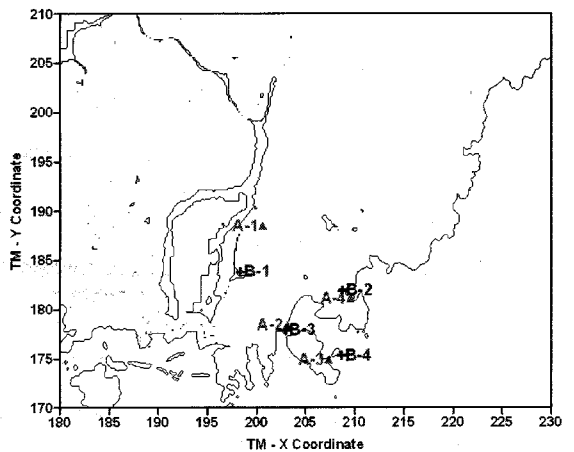


Fig. 1. Air quality monitoring sites and AWS sites in Busan.

- A-1 : Buckgu
- B-1 : Gamjeondong
- A-2 : Meteorological service center
- B-2 : Daeyeondong
- A-3 : Youngdo
- B-3 : Kwangbokdong
- A-4 : Daeyeondong
- B-4 : Dongsamdong

Table 1. Data of Air pollution and Meteorological parameters

Period	Air pollution	Meteorological parameters
1998.1.1.~2000.12.31. (3 years) Hourly data	NO ₂	Wind speed
	NO	Temperature
	O ₃	Duration of sunshine
	CO	Cloud amount
	SO ₂	-
	PM ₁₀	-

Table 2. Air quality monitoring sites and AWS sites in Busan

AWS site	Air quality monitoring site
Meteorological service center(A-2)	Kwangbokdong(B-3)
Youngdo(A-3)	Dongsamdong(B-4)
Buckgu(A-1)	Gamjeondong(B-1)
Daeyeondong(A-4)	Daeyeondong(B-2)

대기오염측정망과 관련 있는 기상 자료를 추출하기 위해서 부산광역시 AWS 측정망 위치 중 대기오염측정망 위치에 가장 근접해 있는 곳을 선택하여 활용하였다.

2.2. 자료의 통계처리

측정된 대기오염물질 및 기상자료는 통계분석처리 프로그램인 SAS(Statistical Analysis System)를 사용하여 통계처리를 하였다. 본 연구를 위한 사전 연구로서 부산의 9개 대기오염측정망에서 측정된 NO₂ 농도를 지역별로 시계열 변화 경향 및 분포 특성을 분석한 후, 다른 대기오염물질 및 기상요소들과의 상관관계를 조사하였다.

독립변수들 간의 상관관계가 높아 다중공선성(multicollinearity)이 있으면 모형 해석에 악영향을 미치기 때문에, 상관성이 높더라도 변수간의 인과성을 쉽게 결론지을 수 없다.

이런 점들을 고려해 볼 때 각 지역별로 NO₂ 농도와 독립변수인 다른 오염 물질과 기상 요소 간의 상관 계수를 고려하여 중회귀분석을 한다면, NO₂ 농도에 영향을 주는 인자들을 좀 더 명확하게 알 수 있을 것이다. 따라서 앞에서 언급한 요소들을 고려한 중회귀분석을 실행하여 유도한 NO₂ 농도 예측모형 구하였다.

중회귀모형에서 설정한 모형의 가정이 적절한지를 알아보기 위해서는 잔차항들이 서로 독립적이며 정규분포를 이루는지를 확인해야 한다. 잔차를 검정하는 방법은 더빈-왓슨(Durbin-Watson) 통계량을 이용하여 알아보는 방법과 PROC UNIVARIATE를 이용해서 잔차에 대한 런검정(run test)과 샤피로-윌크(Shapiro-Wilk)검정을 실시해 보는 방법이 있다. 독립변수들간에 상관관계수가 높을 경우 변수들 간의 상관성으로 말미암아 모형이 적절하게 예측된 것 같이 R²값이 높게 나타난다. 또한 각 변수에 대한 모수 추정치가 0으로 나타난다. 이런 경우 변수들 사이에 다중공선성이 있다고 할 수 있다.

중회귀모형에서 회귀모형에 대한 추정 결과 유의도가 없는 독립변수들이 존재하거나 다중공선성이 존재하는 경우 변수를 선택하는 방법을 사용하여야 한다. SAS에서는 모형선택방법으로 9가지가 있으며, 이 중 후방소거법(Backward), 전방선택법(Forward), 단계별회귀법(Stepwise) 등이 많이 사용된다.

후방소거법은 모든 변수가 포함된 완전모형에서 출발하여 독립변수들 중 모형이 삭제되었을 경우 회귀모형 적합에 가장 작게 기여하는, 즉 R² 값을 최소로 감소시키는 변수를 단계적으로 삭제시켜 나가는 방법이다.

전방선택법은 남아있는 독립변수들이 모형에 추

가되었을 경우에 회귀모형 적합에 가장 큰 기여를 할 수 있는, 즉 R² 값을 최대로 증가시키는 변수를 단계적으로 추가시켜 나가는 방법이다.

단계별회귀법은 앞의 두 가지 방법의 개념을 합한 것으로 회귀모형의 R²값을 증가시킬 수 있는 변수를 추가시키기도 하고, 일단 모형에 추가되었어도 모형에 적합하지 않은 변수는 삭제하는 방법이다. 이번 연구에서는 단계별회귀법을 사용하였다.

3. NO₂ 농도의 통계적 예측

본 연구에서는 상관관계를 분석 한 후 공업, 주거, 상업, 해안녹지지역 중 중회귀분석 지역으로 각각 감전동, 대연동, 광복동 및 동삼동을 선택하여 다중공선성(multicollinearity)을 제거할 수 있는 단계별 회귀분석을 실행하여 예측모형을 유도하였다. 회귀기간은 1998년 1월 1일부터 2000년 12월 15일까지이고 예측 기간은 2000년 12월 16일부터 31일까지로 하였다. 이들 중회귀모형이 관측치를 어느 정도 설명 가능한지 확인하여 모형의 적합성을 판정하였다.

그리고 NO₂ 농도를 이용한 단일 시계열 분석을 위해, 중회귀모형을 적용한 4개 지역에 대해 ARIMA 모형을 이용하여 통계적 예측을 하였다. 예측 기간은 2000년 12월 16일부터 31일까지로 하였다.

3.1. 모형 입력 데이터 및 설명 변수

연구 자료는 1998년 1월 1일부터 2000년 12월 31일까지 부산광역시 대기오염측정망 자료 중 NO₂ 및 NO, O₃, CO, SO₂ 그리고 PM₁₀의 시간평균농도를 이용하였으며, 기상자료는 같은 기간 내 부산광역시 내에 설치된 3개 지점의 AWS자료와 부산지방기상청 데이터를 이용하였다. Hargreaves et al.(1998)의 선행 연구 결과를 보면 풍속은 측정 농도에 직접 영향을 주는 변수로 풍속이 증가하면 오염물질의 확산, 희석과 분해를 증가시킨다고 나와 있다.

회귀 기간은 1998년 1월 1일부터 2000년 12월 15일까지로 정하였고, 2000년 12월 16일부터 12월 31일까지의 측정값을 예측값과 비교하여 모형의 적합성을 판정하였다.

3.2. 중회귀모형에 의한 통계적 예측

회귀분석 방법은 다양한 변수를 적용할 수 있는 중회귀분석 방법 중 단계별회귀를 적용하였다. 부산광역시 9개 측정 지점을 지역적인 특성에 따라, 공업지역은 감전동, 주거지역은 대연동, 상업지역은 광복동, 해안녹지지역인 동삼동을 선택하여 중회귀분석을 실시하였다.

3.2.1. 공업지역(감전동)

p-value가 0.0001로 0.05보다 적으므로 귀무가설

을 기각하고 대립가설의 회귀모형이 적합하다는 것을 알 수 있다. 이것은 독립변수들이 종속변수를 잘 설명하고 있다고 할 수 있다.

Table 3에 의하면, 감전동은 단계별회귀를 한 결과 모든 독립변수가 사용되었으나, 오염물은 NO 농도가 NO₂ 농도의 21.3%를 설명할 수 있는 것으로 나타났으며, 기상요소는 풍속이 3.7%를 설명할 수 있는 것으로 나타났다. 기온과 CO는 0.1%의 낮은 설명력을 가졌다. 기타 다른 요인들은 1% 전후의 낮은 비율을 나타내고 있다. R²값은 0.32로 모형의 전체적인 유의성은 낮게 나타났다.

Fig. 2은 관측값과 예측값의 비교 및 상관성을 나타낸 것으로 R값은 0.87이다.

3.2.2. 주거지역(대연동)

중회귀 결과에 의하면 p-value가 0.0001로 0.05보다 적으므로 감전동과 같이 귀무가설을 기각하고 대립가설의 회귀모형이 적합하다는 것을 알 수 있다. 이것은 독립변수들이 종속변수를 잘 설명하고 있다고 할 수 있다.

Table 3에 의하면, 대연동은 SO₂, PM₁₀을 제외한 모든 요인이 회귀에 이용되었으며, R²값이 0.40이며, 회귀모형으로 관측값의 40.22%를 설명할 수 있다. NO가 NO₂ 농도를 24.8% 설명이 가능한 것으로 나타났고 다른 요인들은 기온이 7.1%, O₃이 3.0%를 각각 설명 가능한 것으로 나타났다. 기타 다른 요인들은 약 1%정도의 설명력을 나타냈다.

Fig. 3은 관측값과 예측값의 비교 및 상관성을 나타낸 것으로 R값은 0.85이다. 그래프를 보면 다소 과소평가(under estimate)했음을 알 수 있다.

3.2.3. 상업지역(광복동)

회귀결과에 의하면, p-value가 0.0001로 0.05보다 적으므로 귀무가설을 기각하고 대립가설의 회귀모

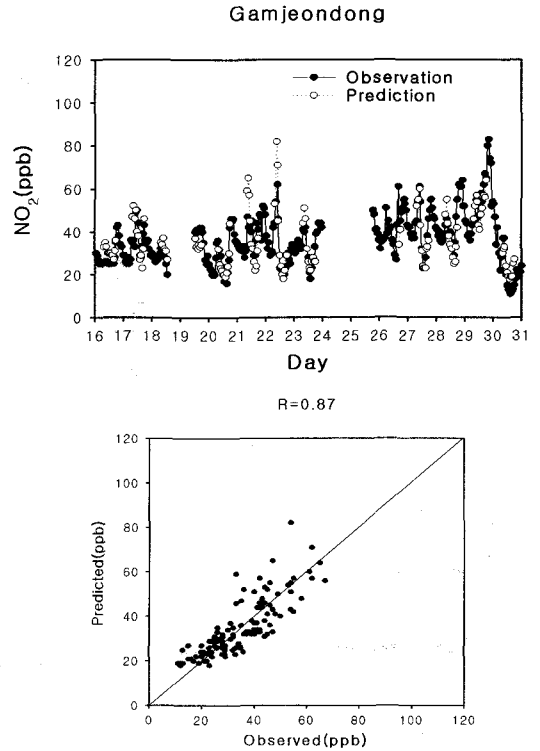


Fig. 2. Comparison between the predicted NO₂ vs. observed NO₂ with the Stepwise multiple regression model (Gamjeondong).

형이 적합하다는 것을 알 수 있다. 이것은 독립변수들이 종속변수를 잘 설명하고 있다고 할 수 있다. 모수추정으로 부터 추정된 회귀식은 Table 4와 같다.

Table 3에 의하면, 광복동의 R²값은 0.42로 41.66%의 NO₂ 농도 설명이 가능하다. 다른 지역과는 달리 단계별회귀모형에서 NO가 제외되었고 SO₂가 27.9%

Table 3. Stepwise Multiple Regression result between NO₂ and each factor at each four sites

step	Gamjeondong		Daeyeondong		Kwangbokdong		Dongsamdong	
	Variable Enterd	R ²	Variable Enterd	R ²	Variable Enterd	R ²	Variable Enterd	R ²
1	NO	0.21	NO	0.24	SO ₂	0.27	NO	0.45
2	W.S.	0.24	Temp.	0.31	Temp.	0.32	O ₃	0.54
3	PM ₁₀	0.26	O ₃	0.34	CO	0.36	CO	0.60
4	S. Rad.	0.28	Cloud	0.36	S. Rad.	0.38	W.S.	0.65
5	Cloud	0.29	S. Rad.	0.38	PM ₁₀	0.39	Temp.	0.67
6	SO ₂	0.30	CO	0.39	O ₃	0.40	SO ₂	0.68
7	O ₃	0.31	W.S.	0.40	W.S.	0.42	S. Rad.	0.68
8	Temp.	0.31	-	-	-	-	-	-
9	CO	0.32	-	-	-	-	-	-
F value		102.19	182.89		74.05		264.14	

설명이 가능해, 가장 높은 수치를 나타냈다. 다음으로 기온이 4.4%, CO가 4.1% 설명할 수 있고 나머지 요인들은 아주 낮은 수치를 나타냈다.

NO가 제외된 것은 회귀계수의 상대적 중요성이 표준화 회귀계수(standardized regression coefficients)

가 낮기 때문이다. 이것은 이 지역의 어떤 요인이 NO에 의한 설명력을 감소시키는 것으로 사료되며, 이 요인에 대한 자세한 규명은 향후 연구과제에서 해결하고자 한다.

Fig. 4는 관측값과 예측값의 상관성을 나타낸 것

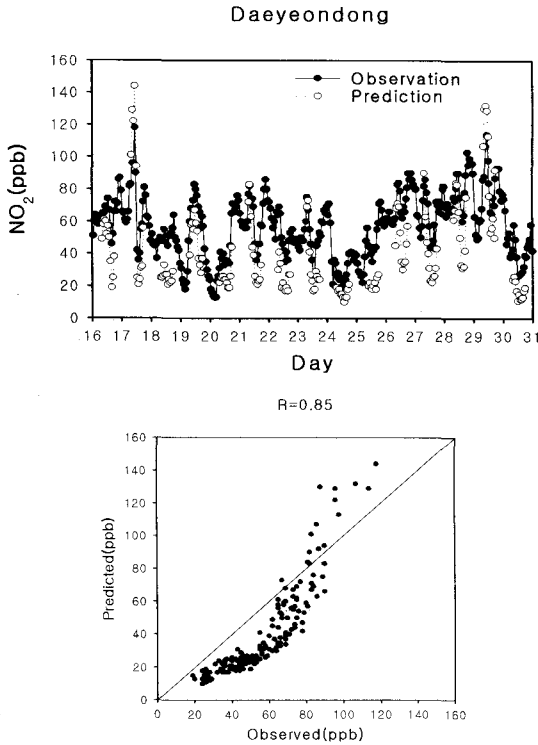


Fig. 3. Comparison between the predicted NO₂ vs. observed NO₂ with the Stepwise multiple regression model (Daeyeondong).

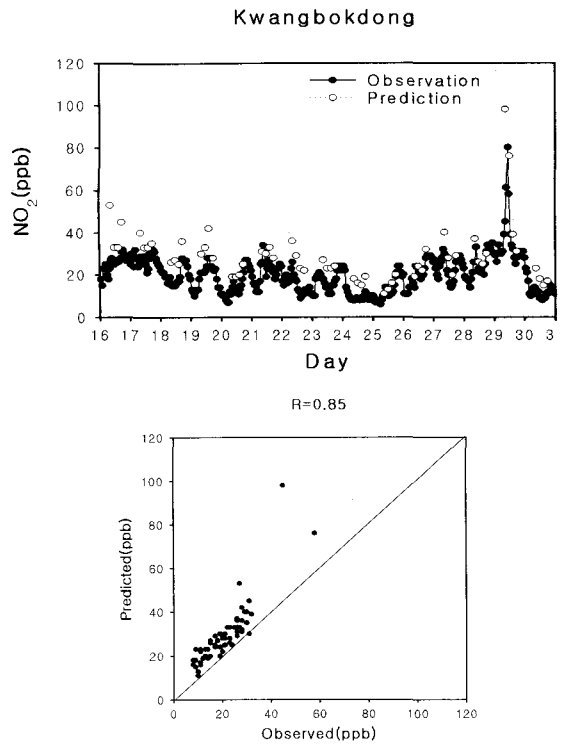


Fig. 4. Comparison between the predicted NO₂ vs. observed NO₂ with the Stepwise multiple regression model (Kwangbokdong).

Table 4. Multiple Regression Model

Area	Equation
Gamjeondong	$X_1 = 30.88 + 0.17X_2 - 0.10X_3 - 0.15X_4 - 0.15X_5 + 0.05X_6 - 0.13X_7 - 0.01X_8 - 0.54X_9 - 0.59X_{10}$
Daeyeondong	$X_1 = 24.77 + 0.30X_2 - 0.18X_3 - 0.37X_4 - 0.13X_7 + 0.07X_8 - 0.42X_9 - 0.78X_{10}$
Kwangbokdong	$X_1 = 15.73 - 0.15X_3 + 0.73X_4 + 0.44X_5 + 0.08X_6 + 0.07X_7 + 0.05X_8 - 0.38X_9$
Dongsamdong	$X_1 = 24.08 + 0.27X_2 - 0.16X_3 + 0.54X_4 + 0.25X_5 - 0.11X_7 - 0.03X_8 + 0.13X_9$

X₁ : NO₂ concentration (ppb)
 X₂ : NO concentration (ppb)
 X₃ : O₃ concentration (ppb)
 X₄ : CO concentration (ppm)
 X₅ : SO₂ concentration (ppb)

X₆ : PM₁₀ concentration (μg/m³)
 X₇ : wind speed(m/s)
 X₈ : temperature(°C)
 X₉ : duration of sunshine(h)
 X₁₀ : cloud amount

으로 R값은 0.85다. 그래프를 보면 다소 과대평가(over estimate)했음을 알 수 있다.

3.2.4. 해안녹지지역(동삼동)

회귀 결과에 의하면 p-value가 0.0001로 0.05보다 적으므로 감전동, 대연동과 같이 귀무가설을 기각하고 대립가설의 회귀모형이 적합하다는 것을 알 수 있다. 이것은 독립변수들이 종속변수를 잘 설명하고 있다고 할 수 있다.

동삼동은 R²값이 0.68로 값이 가장 크게 나와 회귀모형으로 68.48% 설명이 가능하다. Table 3에 의하면, NO가 45.3% 설명이 가능하고, O₃이 8.9%, CO가 6.1%, 풍속이 5.2% 설명이 가능한 것으로 나타났다.

이 지역이 R²값이 높게 나온 것은 지역 특성상 자동차를 제외한 다른 발생원이 다른 지역에 비해 상대적으로 적기 때문인 것으로 사료된다.

Fig. 5는 관측값과 예측값의 상관성을 나타낸 것으로 R값은 0.92다.

Table 5는 중회귀모형으로 구한 네 지역의 R²값과 R값을 비교하여 나타낸 것이다. 감전동은 R²이

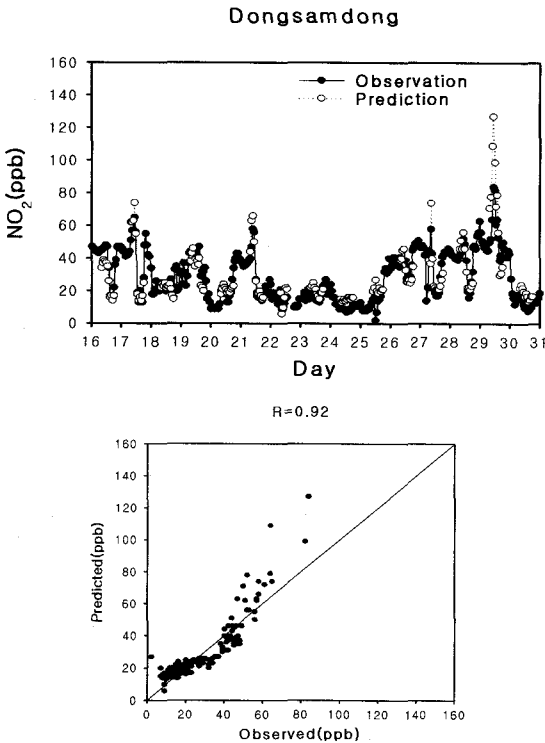


Fig. 5. Comparison between the predicted NO₂ vs. observed NO₂ with the Stepwise multiple regression model (Dongsamdong).

0.32, R값이 0.87이고, 대연동은 R²이 0.40, R값이 0.85이고 광복동은 R²이 0.42, R값이 0.85이며, 동삼동은 R²이 0.68, R값이 0.92로 네 지역 중 가장 큰 값을 나타냈다. 전체적으로 중회귀모형은 R값이 0.8 이상을 나타내어 높은 상관관계를 보였다.

3.3. ARIMA 모형에 의한 통계적 예측

본 연구에서는 중회귀모형을 적용한 감전동, 대연동, 광복동, 동삼동의 1998년 1월 1일부터 2000년 12월 15일까지 3년간의 시간별 NO₂ 농도 자료를 이용하여 ARIMA 분석을 실시하였고, 2000년 12월 16일부터 12월 31일까지의 측정값을 예측값과 비교하였다.

ARIMA 모형에 의한 통계적 예측을 한 이유는 다른 오염물질과 기상요인을 배제하고 NO₂농도의 변화 추세를만 가지고 농도 예측이 가능한지를 판단하기 위함이다.

Fig. 6부터 Fig. 9은 4개 지역의 ARIMA 모형에 의한 예측결과와 실측결과를 비교한 것이다. 분석 결과, 중회귀모형보다 예측력이 떨어짐을 알 수 있었다. Table 6에 중회귀모형 및 ARIMA 모형에 의한 R값을 나타내었다. 중회귀모형이 예측력이 높음을 알 수 있다.

이것으로 보아 단변량 ARIMA 모형으로는 NO₂ 농도를 정확히 예측하기가 어려운 것으로 나타났다. 따라서 NO₂ 농도뿐만 아니라 다른 오염물질 및 기

Table 5. Regression Results for four sites

Area	R ²	R
Gamjeondong	0.32	0.87
Daeyeondong	0.40	0.85
Kwangbokdong	0.42	0.85
Dongsamdong	0.68	0.92

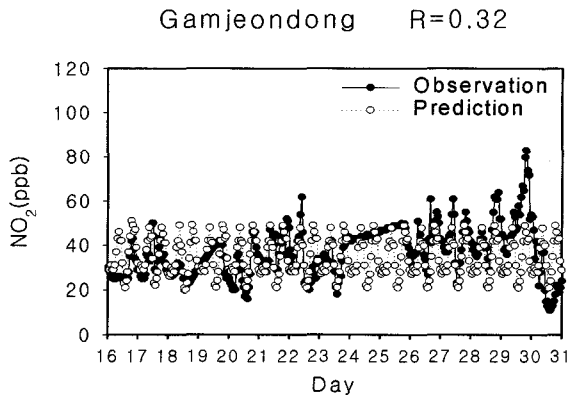


Fig. 6. Comparison of NO₂ Observations and the prediction calculated by the ARIMA model (Gamjeondong).

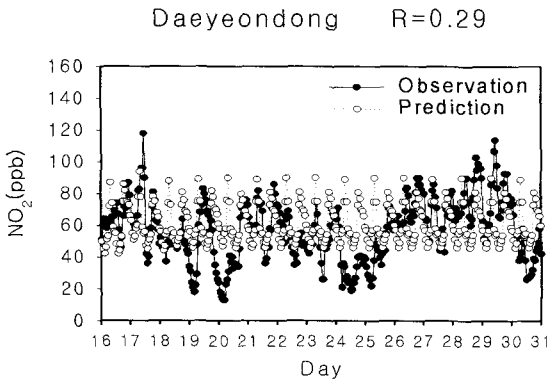


Fig. 7. Comparison of NO₂ Observations and the prediction calculated by the ARIMA model (Daeyeondong).

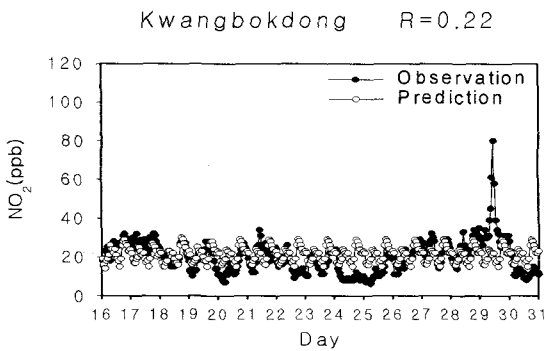


Fig. 8. Comparison of NO₂ Observations and the prediction calculated by the ARIMA model (Kwangbokdong).

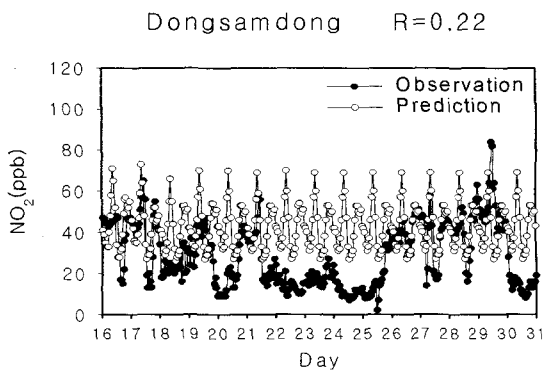


Fig. 9. Comparison of NO₂ Observations and the prediction calculated by the ARIMA model (Dongsamdong).

상요인을 통합한 다변량 ARIMA 모형을 적용한다면 좀더 정확한 통계적 예측이 가능할 것으로 사료된다.

Table 6. Comparison of R between Regression model and ARIMA model

Area	R	
	Regression model	ARIMA model
Gamjeondong	0.87	0.32
Daeyeondong	0.85	0.29
Kwangbokdong	0.85	0.22
Dongsamdong	0.92	0.22

다변량 ARIMA 모형 적용이 필요한 이유는 특정 변수의 시간에 따른 변화 양상을 파악하기 위한 시계열분석은 각 관측치 간의 상호 관계를 밝히고 이를 바탕으로 한 모형을 확정하여 미래를 예측하는 것이다. 시계열분석은 과거의 시계열 형태가 그 특성을 잃지 않고 미래에도 반복된다고 가정하여 일일이 그 변화 원인을 규명할 수 없는 연속적 자료의 예측에 유용한 기법이다. 그러나 우리나라에서는 4계절이 뚜렷하고 특히 겨울동안에 난방으로 인한 연료사용량이 증가하여 도시에서는 대기오염도가 높은 특성을 나타내고 있으므로 시계열적 오염도의 변화가 예상되기 때문이다. 그러므로 부산시의 NO₂의 대기오염의 시계열적 특성을 탐색하면 대기오염 방지대책의 기초 자료를 제공할 수 있을 것이다.

4. 결 론

본 연구에서는 부산의 NO₂ 농도 특성을 통계적 방법을 이용하여 분석하였다.

환경부 대기오염측정망을 분류 지역별로 4곳의 지역을 선택한 후, NO₂ 및 5가지의 다른 오염물질의 농도자료(1998년~2000년) 및 AWS 측정망 자료를 이용하여 NO₂ 농도를 예측하기 위한 단계별 중회귀분석 및 ARIMA 모형에 의한 통계적 예측을 실시한 후 관측값과 비교하였다.

단계별 중회귀모형을 적용한 결과, 공업지역인 감전동은 R값이 0.87이었으며, NO가 21.3%의 가장 높은 설명력을 가졌으며, 풍속은 3.7%를 설명할 수 있는 것으로 나타났다. 대연동은 R값이 0.85로, NO가 24.8%를 설명할 수 있는 것으로 나타났다. 광복동은 R값이 0.85였으며, 다른 지역과는 달리 단계별중회귀모형에서 NO가 제외되었고 SO₂가 27.9%의 가장 높은 설명력을 나타냈다. 동삼동은 R값이 0.92로 네 곳 중 가장 큰 값을 나타냈고, NO가 45.3%의 설명력을 나타냈다.

ARIMA모형은 하루 주기의 변화 추세를 예측하였으나 농도가 급격하게 상승, 또는 감소하는 경우와 계절별로 증감하는 추세를 반영하지 못했다. 중회귀모형이 ARIMA 모형보다 예측력이 높았다.

위에서 살펴본 바와 같이 부산 각 지역의 농도

특성은 발생원, 기상조건 외의 각 지역의 특성이 영향을 미친것으로 사료되며, 이 특성들에 대한 규명은 향후 연구과제이다.

중회귀모형은 비교적 높은 예측력을 보였으며, 좀더 정확한 예측을 위해서는 다양한 변수를 적용한 다변량 ARIMA 모형의 연구가 필요한 것으로 사료된다.

이런 모든 점을 적절히 고려하여 NO₂ 농도 변화 추세를 분석 및 예측한다면 효과적인 부산시 대기질 관리 정책 수립에 도움이 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- 1) Bower, J. S., G. F. J. Broughton, M. T. Dando, A. J. Lees, K. J. Stevenson, J. E. Lampert, B. P. Sweeney, V. J. Parker, G. S. Driver, C. J. Waddon and A. J. Wood, 1991, Urban NO₂ concentrations in the U.K. in 1987, *Atmos. Environ.*, 25B, 267-283.
- 2) Hargreaves, P. R., A. Leidi, H. J. Grubb, M. T. Howe and M. A. Mugglestone, 1998, Local and seasonal variations in atmospheric nitrogen dioxide levels at Rothamsted, UK, and relationships with meteorological conditions, *Atmos. Environ.*, 34, 843-853.
- 3) Lebet, E., D. Briggs, H. Reeuwijk, P. Fischer, K. Smallbone, H. Harssema, B. Kriz, P. Gorynski and P. Elliott, 2000, Small area variations in ambient NO₂ concentrations in four European areas, *Atmos. Environ.*, 34, 177-185.
- 4) Owen, B., H. A. Edmunds, D. J. Carruthers and R. J. Singles, 2000, Prediction of total oxides of nitrogen and nitrogen dioxide concentrations in a large urban area using a new generation urban scale dispersion model with integral chemistry model, *Atmos. Environ.*, 34, 397-406.
- 5) Shi, J. P. and R. M. Harrison, 1997, Rapid NO₂ formation in diluted petrol-fuelled engine exhaust - a source of NO₂ in winter smog episodes, *Atmos. Environ.*, 31(23), 3857-3866.
- 6) Giugliano, M., S. Cernuschi and F. Marzolo, 1998, The duration of High NO₂ and CO Concentration in an Urban Atmosphere, *Atmos. Environ.*, 32(17), 2923-2929.
- 7) Inoue, T., M. Hoshi and M. Taguri, 1986, Prediction of nitrogen oxide Regression concentration by a regression model, *Atmos. Environ.*, 20(12), 2325-2337.
- 8) Lebet, E., D. Briggs, H. Reeuwijk, P. Fischer, K. Smallbone, H. Harssema, B. Kriz, P. Gorynski and P. Elliott, 2000, Small area variations in ambient NO₂ concentrations in four European areas, *Atmos. Environ.*, 34, 177-185.
- 9) 권민정, 1999, 도심지 도로주변에서의 NO₂ 농도의 분포특성 및 예측 연구, 부산대학교 석사학위논문.
- 10) 이용희, 2000, 신경망 모델을 이용한 부산시에서의 이산화질소 농도 예측, 부산대학교 석사학위논문.
- 11) 장난심, 2000, 연안 도시 지역의 이산화질소 농도 예측에 관한 연구, 부산대학교 박사학위논문.