

## 서산지역의 대기질 경년변화 특성에 관한 연구

손병현<sup>1</sup>, 박동소<sup>2\*</sup>

### A Study on the Trends of Air Quality and Characteristics in Seosan Area of Korean Peninsula

Byung-Hyun Shon<sup>1</sup> and Tong-So Park<sup>2\*</sup>

**요약** 본 연구에서는 1998년부터 2006년까지 9년 동안의 서산 지역 대기오염물질 농도 변화 특성을 조사하였다. 조사 결과, 최근 3년 동안 CO와 O<sub>3</sub>을 제외한 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> 및 PM-10은 농도 변화가 거의 없는 안정화 단계를 보였다. NO<sub>2</sub>, CO 및 SO<sub>2</sub>의 월평균농도 변화는 여름철에 감소하다 겨울철에 증가하는 경향을 보였으며 O<sub>3</sub>과 PM-10은 봄철에 높은 농도를 보이며, 강수가 집중되는 여름철에 가장 낮은 농도분포를 보였다. 2006년 12월까지 오존의 1시간 기준치인 0.1 ppm을 초과한 횟수는 동문동이 68회, 독곶리 93회였고 8시간 기준치인 0.06 ppm을 초과한 횟수는 동문동 210회, 독곶리 213회였다. 또한 미세먼지의 경우 24시간기준인 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과한 횟수가 동문동 25회, 독곶리 54회로 나타났다.

**Abstract** This study was performed to evaluate the characteristics of current air quality and to examine the monthly and yearly variation of SO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO, NO<sub>2</sub>, and fine particulate matter(PM-10) concentration in Seosan for the period of 1998-2006. During the recent 3 years, from 2004 to 2006, the yearly mean concentration of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, and PM-10 remained stability but CO and O<sub>3</sub> are gradually decreased. The monthly mean concentration of NO<sub>2</sub>, CO, and SO<sub>2</sub> were high in the winter season and decreased steadily to the summer season, but the maximum concentration of O<sub>3</sub> and PM-10 appeared in the springtime. The number of days exceeding 24-hour standards for PM-10 were 54 times at Dokgodri and 25 times at Dongmundong. The number of sampling days exceeding the 1-hour and 8-hour standards for O<sub>3</sub> were 68 and 210 times at Dongmundong and at Dokgotri 93 and 213 times, respectively.

**Key Words** : Air quality, Sulfur dioxide, Nitrogen dioxide, Carbon monoxide, Ozone, Particulate matter

### 1. 서론

국내의 대기질은 선진국에서 나타났던 광화학스모그, 유해대기오염물질 발생 등의 형태로 빠르게 변하고 있으며 오염도와 형태는 산업발달 및 공업화 정도에 따라 지역적 특성을 보이고 있다. 울산, 대구 등의 지역은 아황산가스의 경우 대기환경기준을 초과하고 있고, 특히 대도시의 자동차 보급 증가로 NO<sub>x</sub>, CO, VOCs, 미세먼지오염도가 증가하고 있으며 지역적으로 점차 확대 추세에 있다[1-3]. 국내에서는 전국의 대기환경기준 달성을 목표로 지역 대기질관리 계획을 수립하기 위한 법안이 대기환경

보전법상(1995년 12월 개정, 제8조의 3)에 명시되었다. 즉, 환경기준의 초과 또는 초과우려가 있는 지역을 대기환경규제지역으로 지정하여 시도지사가 환경기준 달성유지를 위한 실천계획을 수립·시행하도록 명시하고 있어 우리나라도 지역특성에 따라 대기용량을 반영하는 대기질관리 여건이 조성되었다. 그러나 지역 대기질 보전대책을 체계적으로 수립하기 위한 기초적인 연구가 부족한 실정이며 정부의 구체적 방안도 충분하지 않은 상황이다.

서산지역은 서해안 인접 지역으로 중국으로부터 오염물질의 유입과 서해안고속도로의 개통, 산업시설의 지속적인 유입 등으로 오염이 증가될 것으로 예상되지만 이 지역의 대기오염도에 관한 체계적 연구는 거의 없는 실정이다. 본 연구에서는 장차 산업화가 고도화되고 대기오염물질 배출업소가 증가할 것으로 판단되는 서산지역의 대기오염도 및 경년변화를 파악하기 위해, 서산지역

<sup>1</sup>한서대학교 환경공학과

<sup>2</sup>한서대학교 건축공학과

\*교신저자: 박동소(tongso@hanseo.ac.kr)

도시대기측정소자료를 이용하여 서산지역의 대기질 특성과 경향을 분석하고 장래 대기오염물질에 관한 배경자료를 구축하며, 또한 합리적인 지역 대기질 관리정책이 수립될 수 있도록 필요한 기초자료를 제시하고자 한다.

## 2. 범위와 방법

### 2.1 연구 범위

본 연구는 대기오염 실태를 파악하고 대기질 개선 대책 수립에 필요한 기초자료를 확보하기 위하여 현재 서산지역에 설치·운영되고 있는 2개소의 도시대기측정소(동문동, 독곶리)의 자료를 이용하여 최근의 대기오염도의 변화추이를 분석하고자 하였으며[4] 대기오염자동측정망의 항목 및 분석방법은 표 1과 같다. 본 연구의 분석대상 오염물질은 5종으로 서산시 동문동의 PM-10(2001.1~2006.12)을 제외한 나머지 오염물질 분석기간은 1998년 1월부터 2006년 12월까지 9년간의 자료를 분석하였다. 서산시의 경우 그림 1과 같이, 1998년까지는 인구와 자동차등록대수가 급격하게 증가하다가 그 이후 인구증가는 안정단계를 그리고 자동차등록대수의 증가율은 약간 감소하는 경향을 보이고 있어 1998년 이후의 서산시 대기질에 대해 중점적으로 고찰하였다[5].

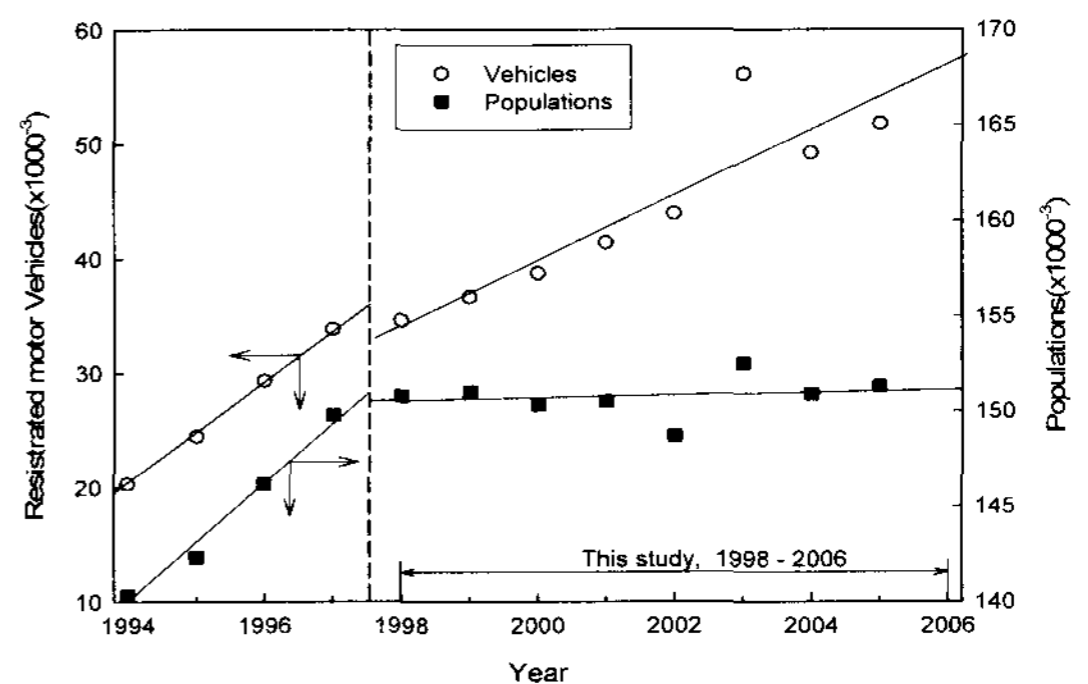
### 2.2 자료 해석

본 연구에서는 통계자료의 신뢰성 제고를 위하여 대상기간 중 75%이상의 측정자료가 확보된 경우에만 유효통계자료로 산출하는 방법을 적용하여, 1시간 평균자료를 이용한 일·월·연평균을 계산하며, 하루를 기준으로 01~08시, 02~09시, 03~10시, 04~11시, ..., 17~24시 등 총 17개 경우의 평균치로서 각 경우의 자료 개수가 6개 이상인 것을 8시간 평균치로 적용하고, 총 17개의 평균치중 최대치를 1일 8시간 평균치로 하였다. 도시평균값은 각 측정소별 시간측정 자료를 모두 누적한 합을 누적자료 개수로 나누어 도시의 일평균값으로 산정하며, 월평균, 연평균도 1시간 평균치로 계산하였다. 유효측정값은 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>는 소수 4위에서 반올림하여 0.001 ppm, CO는 소수 2위에서 반올림하여 0.1 ppm, PM-10은 소수 1위에서 반올림하여 1 µg/m<sup>3</sup>로 사용하였다[4].

국내 환경정책법령이 규정하는 대기환경기준은 1978년 최초로 SO<sub>2</sub>에 대한 기준을 설정한 이래 현재까지 4회에 걸쳐 항목추가 및 기준을 강화하였으며 그 내용은 표 2와 같다.

[표 1] 서산시 대기오염 자동측정망 측정항목 및 분석방법

지역	항목	분석방법	측정기간
독곶리	SO <sub>2</sub>	Pulse U.V. Fluorescence Method	1998.1 ~ 2006.12
	NO <sub>2</sub>	Chemiluminescent Method	
	O <sub>3</sub>	Ultra Violate Photometric Method	
	CO	Non-Dispersive Infrared Method	
	PM-10	β-Ray Absorption Method	
동문동	SO <sub>2</sub>	Pulse U.V. Fluorescence Method	1998.1 ~ 2006.12
	NO <sub>2</sub>	Chemiluminescent Method	
	O <sub>3</sub>	Ultra Violate Photometric Method	
	CO	Non Dispersive Infrared Method	
	PM-10	β-Ray Absorption Method	2001.1 ~ 2006.12



[그림 1] 서산시 자동차 등록대수와 인구증가 추이

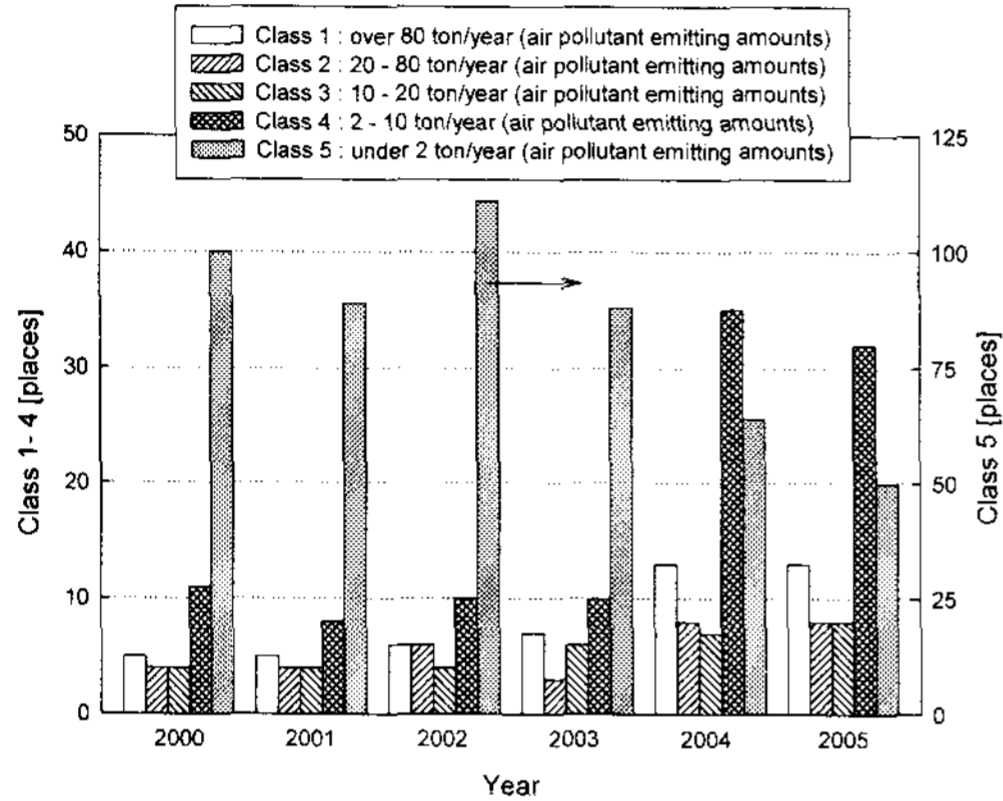
[표 2] 국내 대기환경기준

오염물질	1978	1983	1991	1995	2001	2007
SO <sub>2</sub> (ppm)	0.05/yr 0.15/day	0.05/yr 0.15/day	0.05/yr 0.15/day	0.03/yr 0.14/day 0.25/hr	0.02/yr 0.05/day 0.15/hr	0.02/yr 0.05/day 0.15/hr
CO (ppm)	-	8/mon 20/8hr	8/mon 20/8hr	9/8hr 25/hr	9/8hr 25/hr	9/8hr 25/hr
NO <sub>2</sub> (ppm)	-	0.05/yr 0.15/hr	0.05/yr 0.15/day	0.05/yr 0.08/day 0.15/hr	0.05/yr 0.08/day 0.15/hr	0.03/yr 0.06/day 0.10/hr
PM-10 (µg/m <sup>3</sup> )	-	-	-	80/yr 150/day	70/yr 150/day	50/yr 100/day
O <sub>3</sub> (ppm)	-	0.02/yr 0.1/hr	0.02/yr 0.1/hr	0.06/8hr 0.1/hr	0.06/8hr 0.1/hr	0.06/8hr 0.1/hr
Pb (µg/m <sup>3</sup> )	-	-	1.5/3mon	1.5/3mon	0.5/yr	0.5/yr
Benzene (µg/m <sup>3</sup> )	-	-	-	-	-	5/yr

### 2.3 지역적 특성

서산시는 15개 읍면동으로 구성되어 있고 인구는 151,283명(2005년 기준)이며 동문동 6,110세대 16,719명(11.05%), 독곶리가 속해있는 대산읍에 6,171세대 17,510명(11.57%)이 거주하고 있다[5]. 산업특성으로 동문동은 주거지역으로서 대형 점오염원은 없으나 도심지역이므로 선오염원이 주를 이루며, 독곶리는 대산석유화학단지 입지하여 1종사업장(연간 오염물질발생량이 80 ton/yr 이

상인 사업장) 중심의 대형 점오염원이 주를 이루고 있다. 그림 2는 서산시에 위치한 대기오염배출업소의 현황을 나타낸 것으로서, 대부분의 1~2종 대형사업장은 대산석 유화학단지에 위치하고 있다. 2000년 이후 5종 사업장의 수는 감소하는 반면 1종 사업장의 수는 계속 증가하여 2005년에는 13개 1종사업장이 위치하고 있다[5].



[그림 2] 서산시의 대기오염배출업소 현황

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 연평균 농도 변화

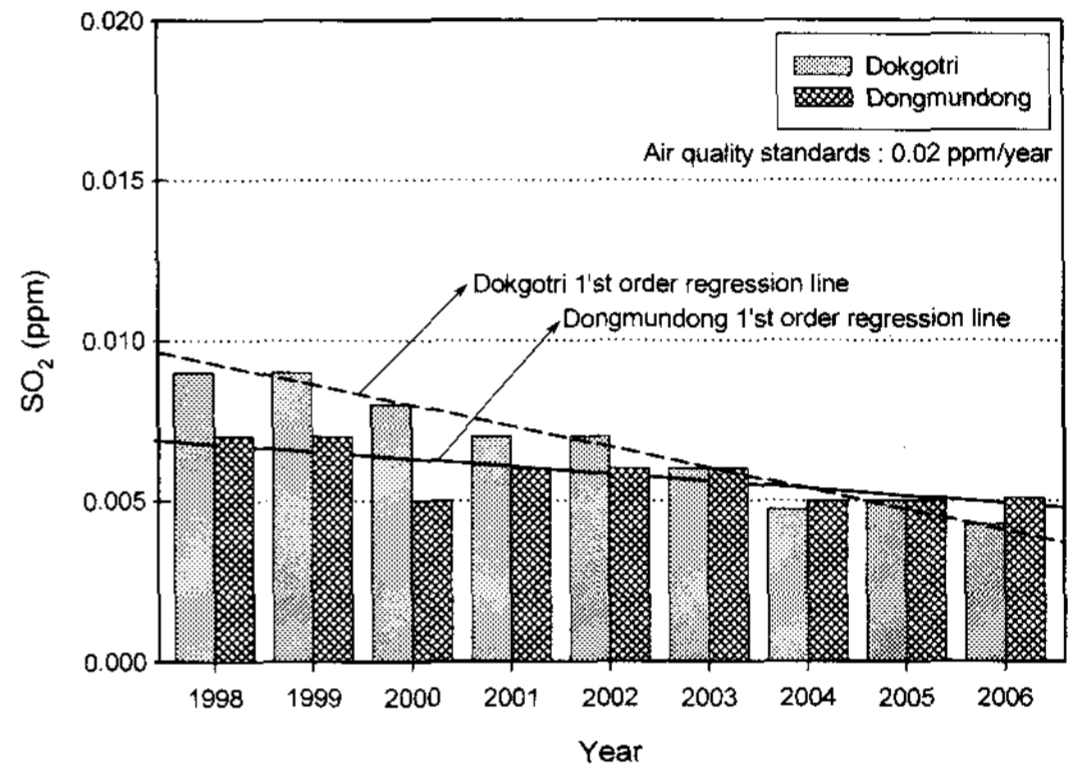
##### 3.1.1 이산화황(SO<sub>2</sub>)

그림 3과 같이 서산지역의 연도별 SO<sub>2</sub> 평균오염도는 1998년부터 2003년까지 감소하다가 최근 3년간(2004~2006)은 거의 변화가 없었으며, 2006년도 독곶리와 동문동의 경우 0.004 ppm과 0.005 ppm으로 전국 평균오염도 0.006 ppm보다 약간 낮은 수준을 보였다. 9년 동안 독곶리의 경우 0.004~0.009 ppm, 동문동의 경우 0.005~0.007 ppm으로 나타났고, 이는 국내 SO<sub>2</sub> 대기환경기준인 0.02 ppm/yr에 미치지 않고 있다. 최근 승합차와 화물차의 등록대수와 무연탄을 제외한 대부분의 연료에 대한 사용량이 증가 추세에 있음에도 불구하고 1998년 이후 최근까지 SO<sub>2</sub>농도가 지속적으로 감소하는 이유는 고체 연료사용 금지(1985년), 청정연료사용 의무화(1988년), 저황유와 LNG 등 청정연료의 공급확대, 배출규제강화 등의 지속적인 연료규제제도 등 아황산가스 저감을 위한 정책의 추진결과로 판단된다[6~10].

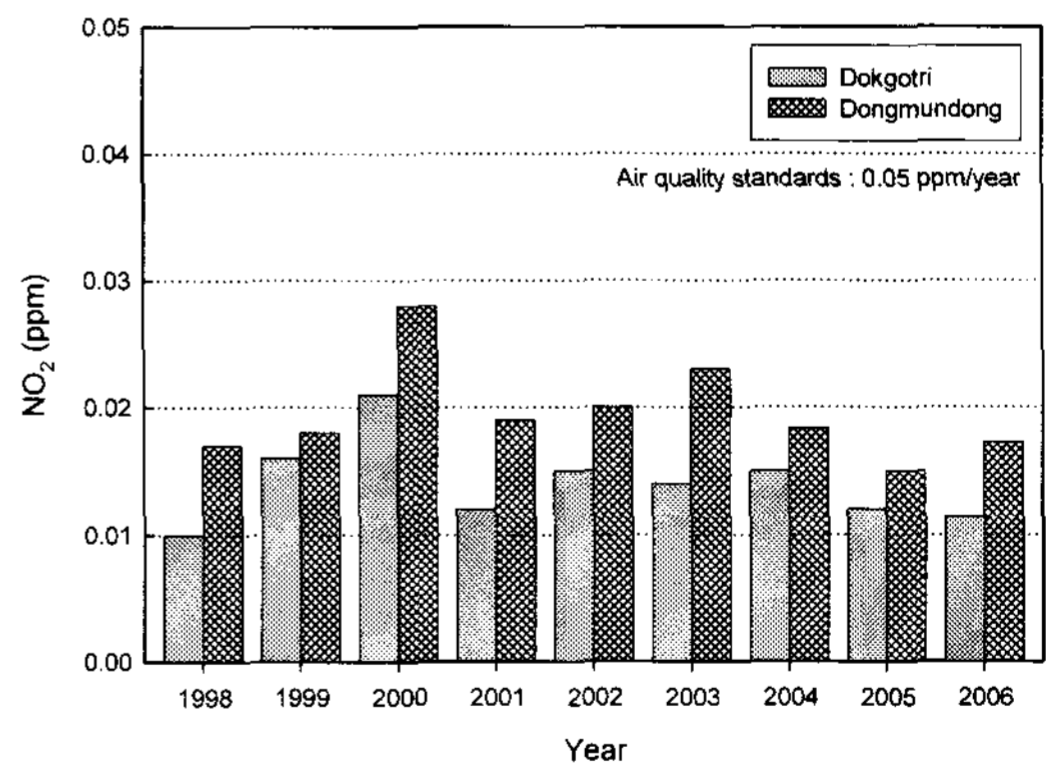
##### 3.1.2 이산화질소(NO<sub>2</sub>)

국내 NO<sub>2</sub> 농도변화는 1998년 이후 2001년까지 매년 악화되었고, 2002년 이후 일정한 수준을 유지하고 있으며[3], 2005년 전국 평균오염도는 0.022 ppm으로 2004년

도 0.024 ppm보다 개선되었다. NO<sub>2</sub>의 연간 오염도변화는 매년 농도값의 증·감소를 반복하는 안정상태를 보이고 있다. 이러한 경향은 연도별 NO<sub>x</sub> 배출량 변화에서도 유사하다[6-7]. 그림 4와 같이, 독곶리보다 도심지역인 동문동의 이산화질소의 농도가 높게 나타나고 있으며, 두 지역 모두 1998년부터 2000년까지 농도가 증가하고, 이후 안정화 단계의 경향을 보이고 있다. 독곶리의 경우 9년 동안 연평균 이산화질소 농도는 0.012~0.021 ppm, 동문동 0.015~0.028 ppm으로 나타나 국내 7대 주요도시의 연평균 농도보다 상대적으로 낮고, 또한 국내 NO<sub>2</sub> 대기환경기준인 0.05 ppm/yr에 못 미치고 있다.



[그림 3] 동문동 및 독곶리 연평균 SO<sub>2</sub> 농도변화

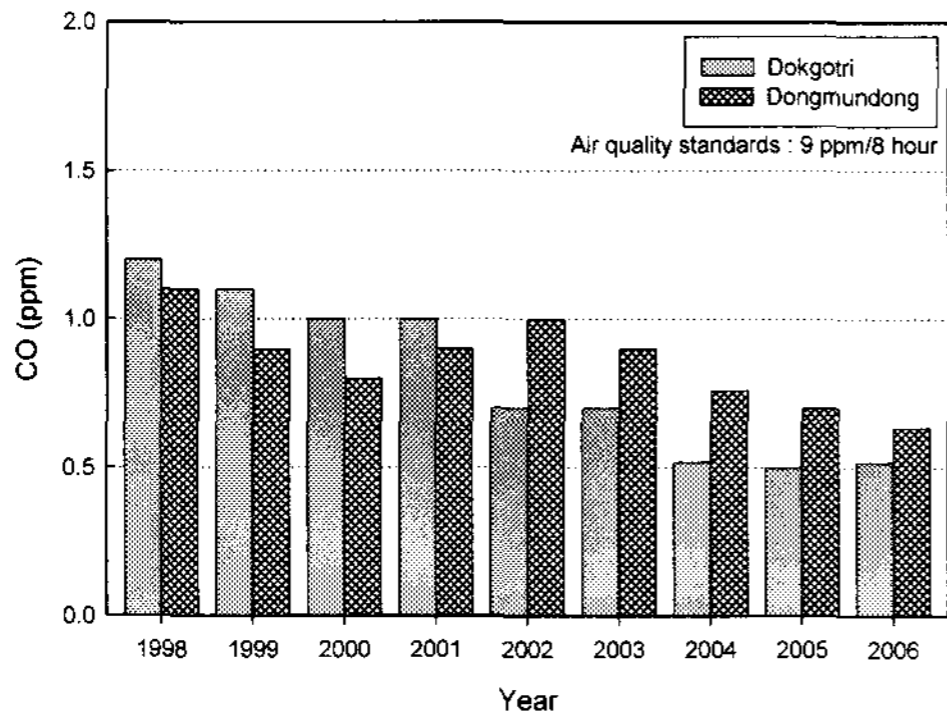


[그림 4] 동문동 및 독곶리 연평균 NO<sub>2</sub> 농도변화

##### 3.1.3 일산화탄소(CO)

국내 64개 도시의 CO의 연평균 농도는 매년 감소추세를 보이며, 2005년에는 0.6 ppm으로 2004년의 0.7 ppm에 비해 낮아졌다[3]. 이러한 경향은 국립환경과학원의 대기 오염물질 배출량자료와 유사하다[6-7]. 그림 5와 같이, 서산의 경우, CO는 점진적 감소 경향이며, 2001년도까지는 산업지역인 독곶리의 CO농도가 높았으나 2002년부터는

동문동 지역의 농도가 더 높게 나타나며, 이는 자동차의 영향으로 사료된다. 또한 2000년 이후 대체로 1.0 ppm을 넘지 않는 낮은 수준에서 비슷한 농도분포를 보이며, 9년 동안의 서산지역 연평균농도변화는 독곶리 지역 0.5~1.2 ppm, 동문동 0.6~1.1 ppm을 보여 CO의 8시간 기준 환경기준인 9 ppm에 못 미치는 낮은 농도값을 보인다.



[그림 5] 동문동 및 독곶리 연평균 CO 농도변화

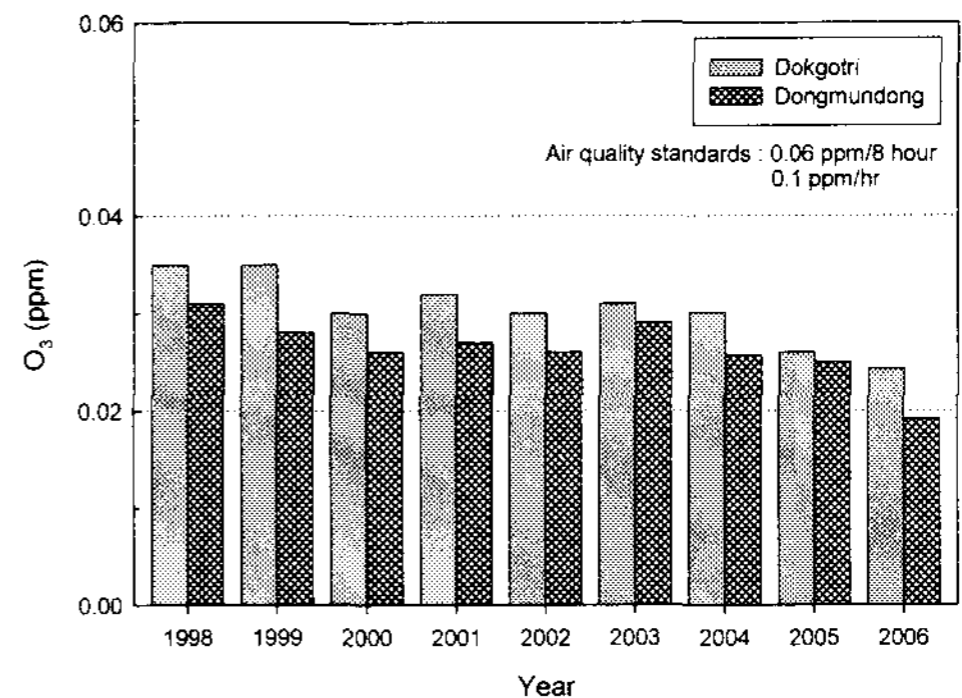
### 3.1.4 Ozone(O<sub>3</sub>)

국내 64개 도시의 O<sub>3</sub> 연평균 오염도는 1998년 이후 일정한 수준을 유지하고 있으며, 2005년 0.022 ppm으로 2004년의 0.022 ppm과 동일하였다. O<sub>3</sub>의 변동 추세는 1997년까지 크게 증가하고, 1998년 이후 증가세가 둔화된 자동차 등록대수의 변화 경향과 유사하였다[3]. 이러한 경향의 유사성은 자동차에서 주로 배출되는 광화학스모그 전구물질인 NO<sub>x</sub>와 VOC에 기인한 것으로 판단된다. 그림 6과 같이 서산시의 경우 O<sub>3</sub>은 연간변화에서 뚜렷한 증감 추세를 보이지 않아 전반적으로 안정화 단계에 있다고 판단되며, 동문동 지역은 2006년 0.019 ppm으로 가장 낮은 값을 보였다. O<sub>3</sub> 농도는 오염물질 배출량 이외에 기온, 강수량, 오염물질 확산정도, 대기안정도 등 기상 요인에 의해 크게 영향을 받으므로[11], 좀 더 정확한 분석을 위해서는 이들과 오존농도와의 관계에 대한 연구가 병행되어야 할 것으로 판단된다. 9년 동안의 서산지역 연평균 농도는 독곶리 지역 0.024~0.035 ppm, 동문동 지역 0.019~0.031 ppm을 보여 오존의 8시간 기준 환경기준인 0.06 ppm에 못 미치는 낮은 농도값을 보이고 있다.

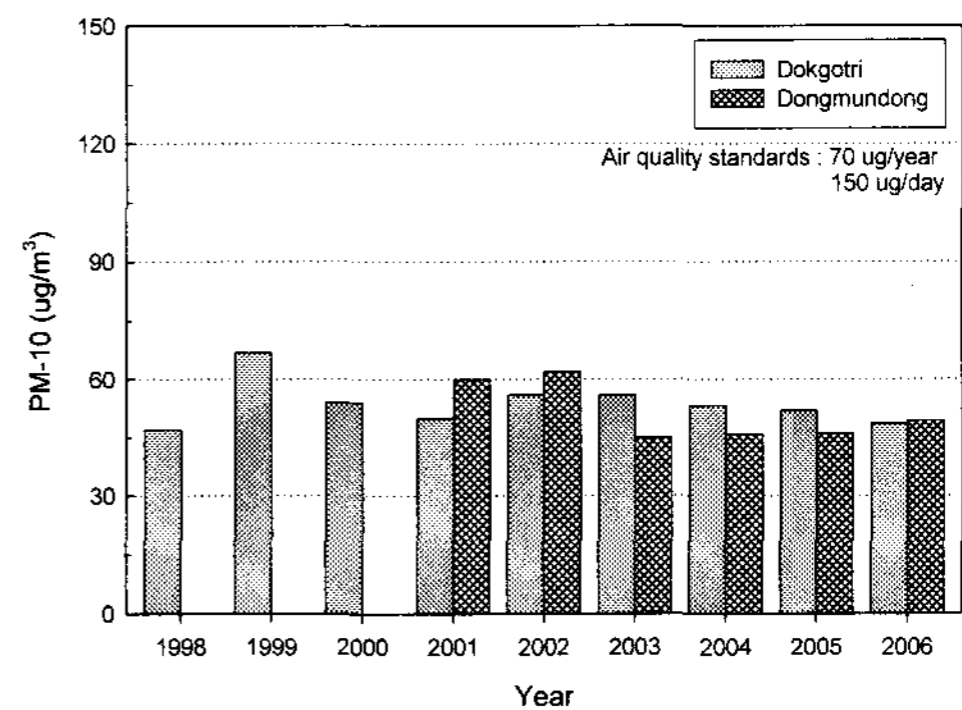
### 3.1.5 Particulate Matter(PM-10)

우리나라 전체의 PM-10 오염도는 1995년 측정을 시작한 후로 조금씩 감소하다가 1999년을 기점으로 다시 증가 하였으며, 최근에는 일정한 수준을 유지하는 추세이다[3,12]. PM-10은 연도별로 측정소수가 차이가 있으며,

측정기간이 길지 않으므로 전체적인 농도의 변화경향을 알기 위해서는 지속적인 자료의 축적이 필요하다. 2005년의 경우 64개 시군의 평균오염도는 57  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 2004년의 58  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 과 비교하여 다소 감소하였다. 그림 7은 서산시의 PM-10의 연도별 농도변화를 나타낸 것으로, 경우 독곶리는 1998년부터 PM-10을 측정하였고 동문동의 경우 2001년부터 PM-10을 측정하였다. 독곶리의 경우 최근 9년간 농도 변화는 47~67  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 동문동 45~62  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 두 지역 모두 2002년 이후 감소 안정화 경향을 보이고 있으며 PM-10의 연간 환경기준인 70  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 못 미치는 결과를 보였다.



[그림 6] 동문동 및 독곶리 연평균 O<sub>3</sub> 농도변화



[그림 7] 동문동 및 독곶리 연평균 PM-10 농도변화

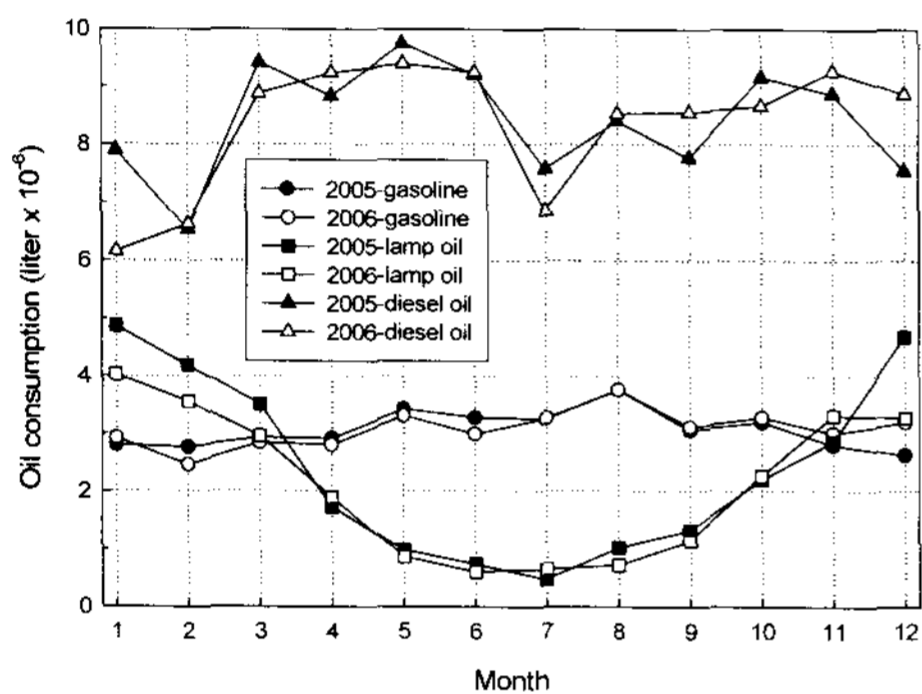
### 3.1.6 각 오염물질 변화양상

서산시 두 지역에 대한 오염물질 농도를 분석한 결과 대부분의 오염물질 농도가 안정화되어있거나 약간 감소하는 추세를 보이고 있다. 이는 SO<sub>2</sub>의 경우 고체연료사용금지, 청정연료 사용 의무화 및 배출규제강화 등의 지속적인 연료규제제도에 기인하는 것으로 판단되며, NO<sub>2</sub>, CO, O<sub>3</sub>의 경우에는 연료사용량과 밀접한 관련이 있으므로 그림 8과 같이 서산시의 연료사용량(휘발유, 경유, 등

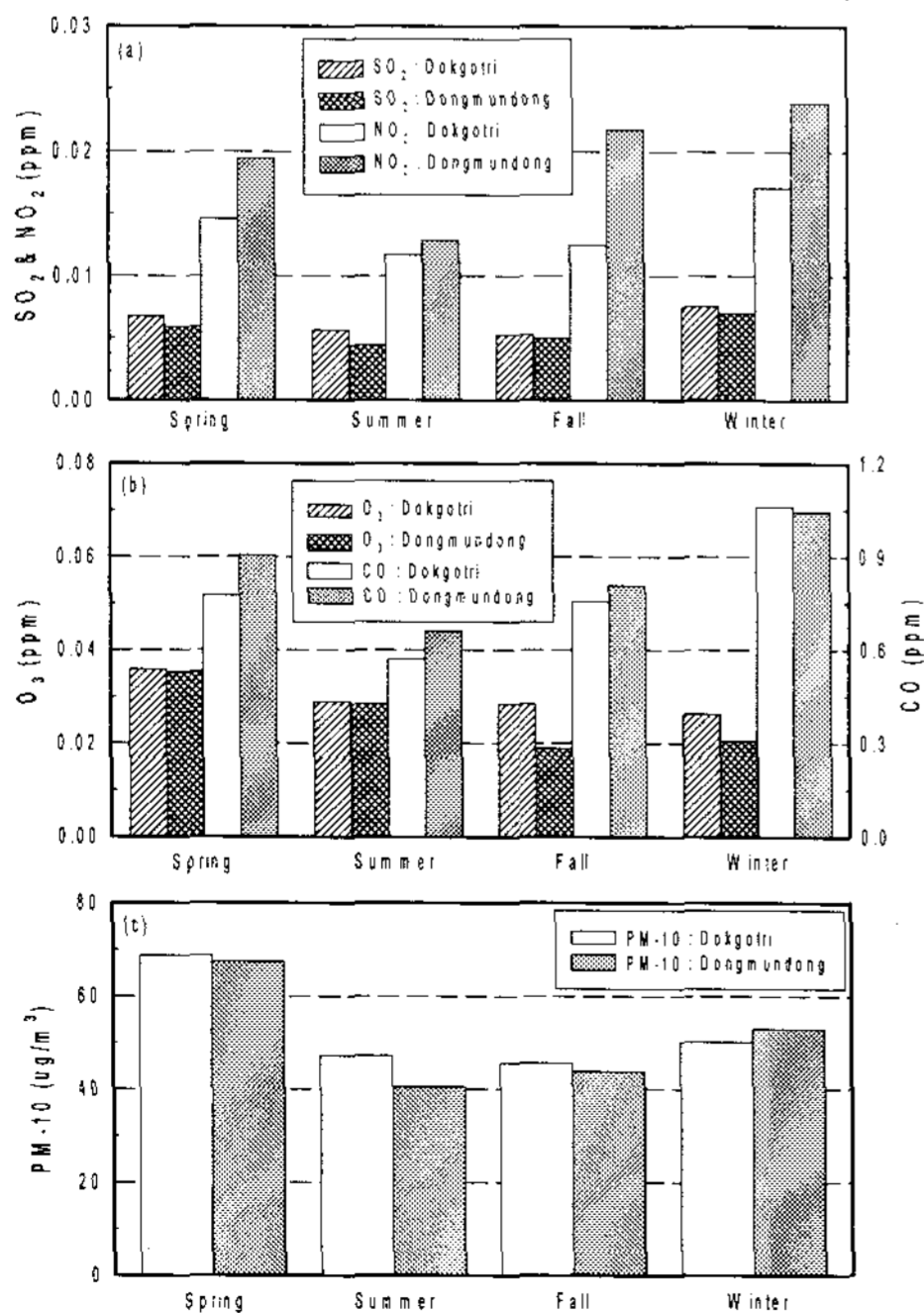
유)에 대해 2005년도와 2006년도를 비교해 본 결과, 연료 사용량이 큰 차이를 보이지 않고 있지는 않지만 오염물질의 배출량이 휘발유에 비해 상대적으로 많은 경유와 등유의 연간 사용량은 2005년도에 비해 2006년도에 약간 감소하는 추세를 보여 전반적으로 오염물질의 농도 변화 경향과 유사한 결과를 보였다. 그러나 PM-10의 경우 외부의 영향(중국의 황사 등)이 많이 작용하기 때문에 장기적인 관점에서 접근할 필요가 있을 것으로 판단된다.

### 3.2 계절별 농도 변화

그림 9는 서산시 동문동과 독곶리의 계절별 농도 변화를 나타낸 것이다. SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO는 겨울철에 높은 농도를 나타낸 것이다.



[그림 8] 서산시의 휘발유, 경유 및 등유의 사용량



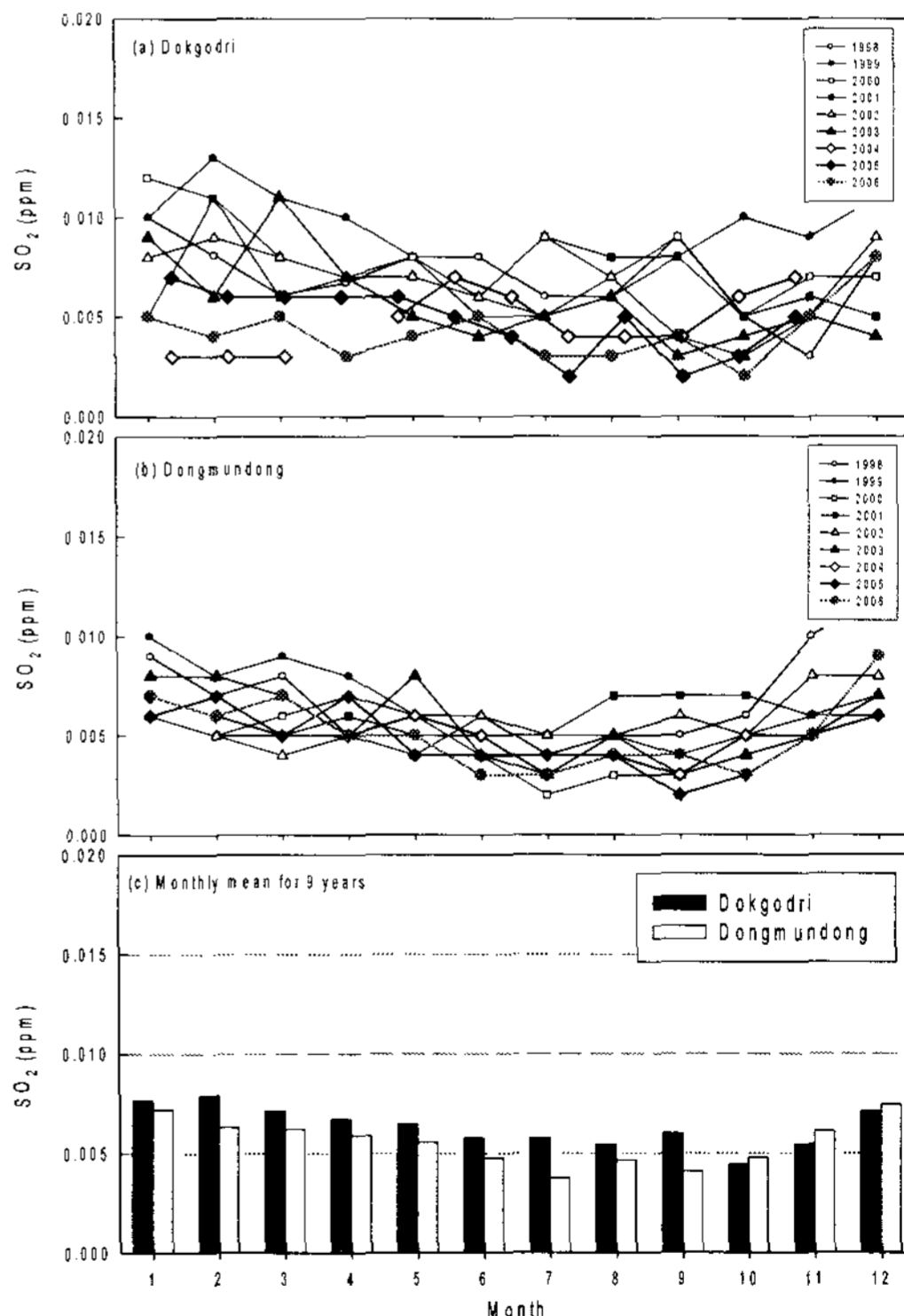
[그림 9] 동문동 및 독곶리 계절별 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO 및 PM-10 농도

를 보였으며 봄철에는 O<sub>3</sub>과 PM-10의 농도가 고농도를 보였다. SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO의 경우 여름철과 초가을까지 농도가 비교적 낮고 겨울철에 다시 증가하는 전형적인 1차오염물질의 특성을 보여주며 PM-10과 O<sub>3</sub>은 봄철 황사 및 일사량의 영향으로 봄철에 다른 계절에 비해 고농도를 보인다.

### 3.3 월별 농도 변화

#### 3.3.1 이산화황(SO<sub>2</sub>)

그림 10은 독곶리와 동문동의 9년 동안의 월별 SO<sub>2</sub>의 농도변화를 나타낸 것으로서, 9년 평균월별농도는 장마철인 여름철과 초가을까지 농도가 비교적 낮고 겨울철에 증가하는 전형적인 1차 오염물질의 변화경향을 보이고 있다[5]. 동문동은 연도별 농도변화폭이 비교적 작지만 독곶리의 경우에 연도별 월별농도 변화폭이 큰 특징을 보인다. 9년 동안 월별평균농도 변화는 독곶리 0.0044~0.0079 ppm, 동문동 0.0038~0.0074 ppm으로 산업지역인 독곶리의 농도가 높게 나타났다.



[그림 10] 동문동 및 독곶리 월평균 SO<sub>2</sub> 농도변화

#### 3.3.2 Nitrogen dioxide(NO<sub>2</sub>)

그림 11은 1998년부터 2006년까지 독곶리와 동문동의 NO<sub>2</sub> 월평균농도 변화를 나타내고 있다. NO<sub>2</sub> 월평균농도 변화는 SO<sub>2</sub> 월별 변화경향과 유사하며, 자동차 등록대수

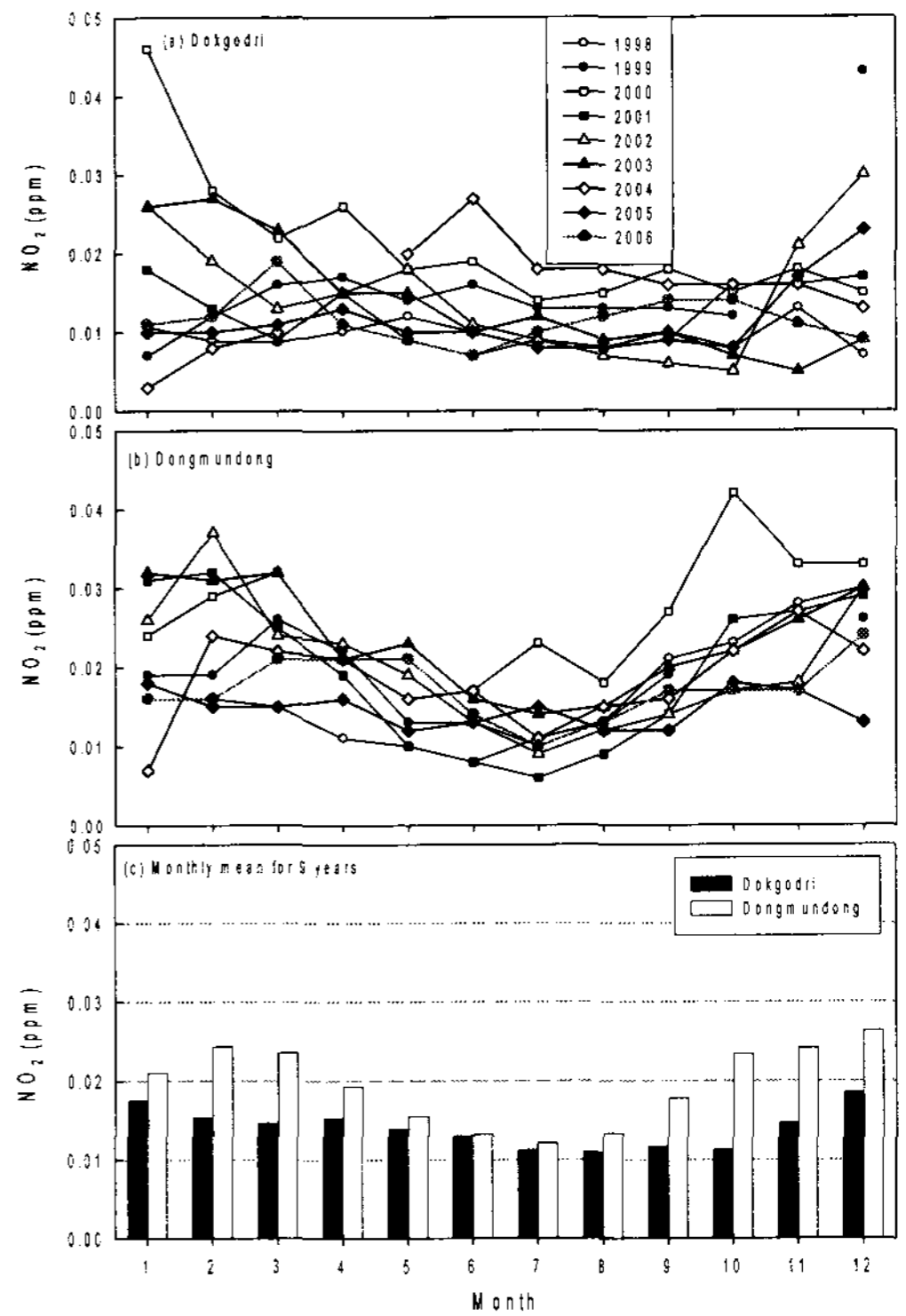
및 통행량이 많은 동문동의 농도가 독곶리에 비해 높게 나타났다. 그림 9(a)는 독곶리의 최근 9년간의 NO<sub>2</sub> 월평균농도 변화를 나타낸 것이고 그림 9(b)는 동문동 최근 9년간 NO<sub>2</sub> 월평균농도 변화를 나타낸 것이며, 그림 9(c)는 최근 9년간 NO<sub>2</sub> 월평균농도 변화를 총괄적으로 나타낸 것이다. 그림과 같이, 독곶리의 최근 9년간 총 NO<sub>2</sub> 월평균농도 변화는 0.010~0.025 ppm이고 동문동은 0.012~0.030 ppm이었다.

### 3.3.3 Carbon monoxide (CO)

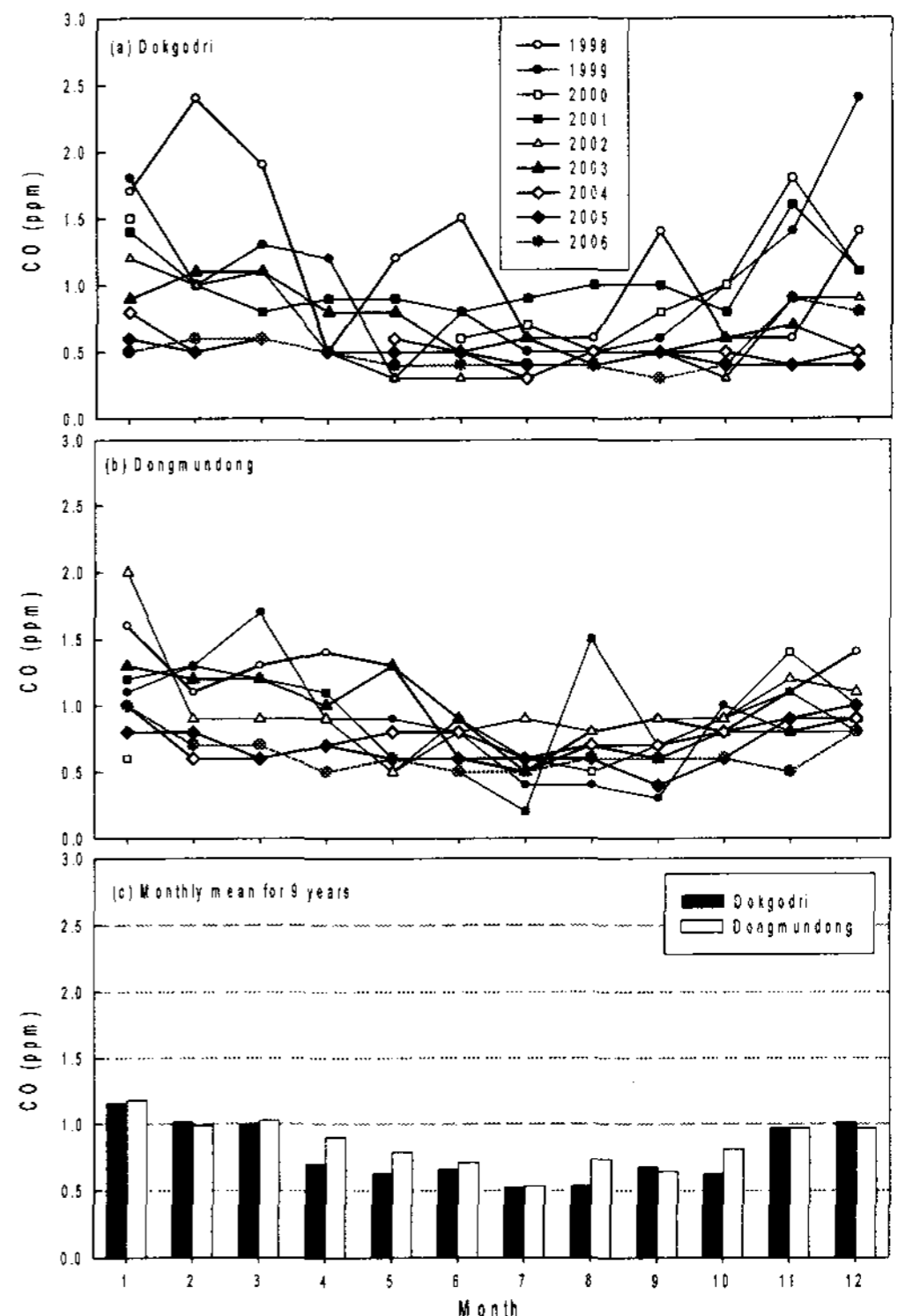
그림 12는 1998년부터 2006년까지 독곶리와 동문동의 CO 월평균농도 변화를 나타낸다. CO의 월평균농도 변화는 SO<sub>2</sub> 월별 변화경향과 거의 유사한 1차 오염물질의 패턴을 보인다. 이는 국내 주요도시의 월평균농도 수준인 0.3~1.2 ppm, 연평균 0.5~0.8 ppm 과 비슷한 결과를 보였다. 그림 10(a)는 독곶리의 최근 9년간 CO 월평균농도 변화를 나타내고 그림 10(b)는 동문동의 최근 9년간 CO 월평균농도 변화를 나타낸 것이며, 그림 10(c)는 최근 9년간의 CO 월평균농도 변화를 총괄적으로 나타낸 것이다. 그림에서 독곶리의 최근 9년간 총 CO 월평균농도 변화는 0.58~1.36 ppm이었고 동문동은 0.52~1.25 ppm이다.

### 3.3.4 Ozone(O<sub>3</sub>)

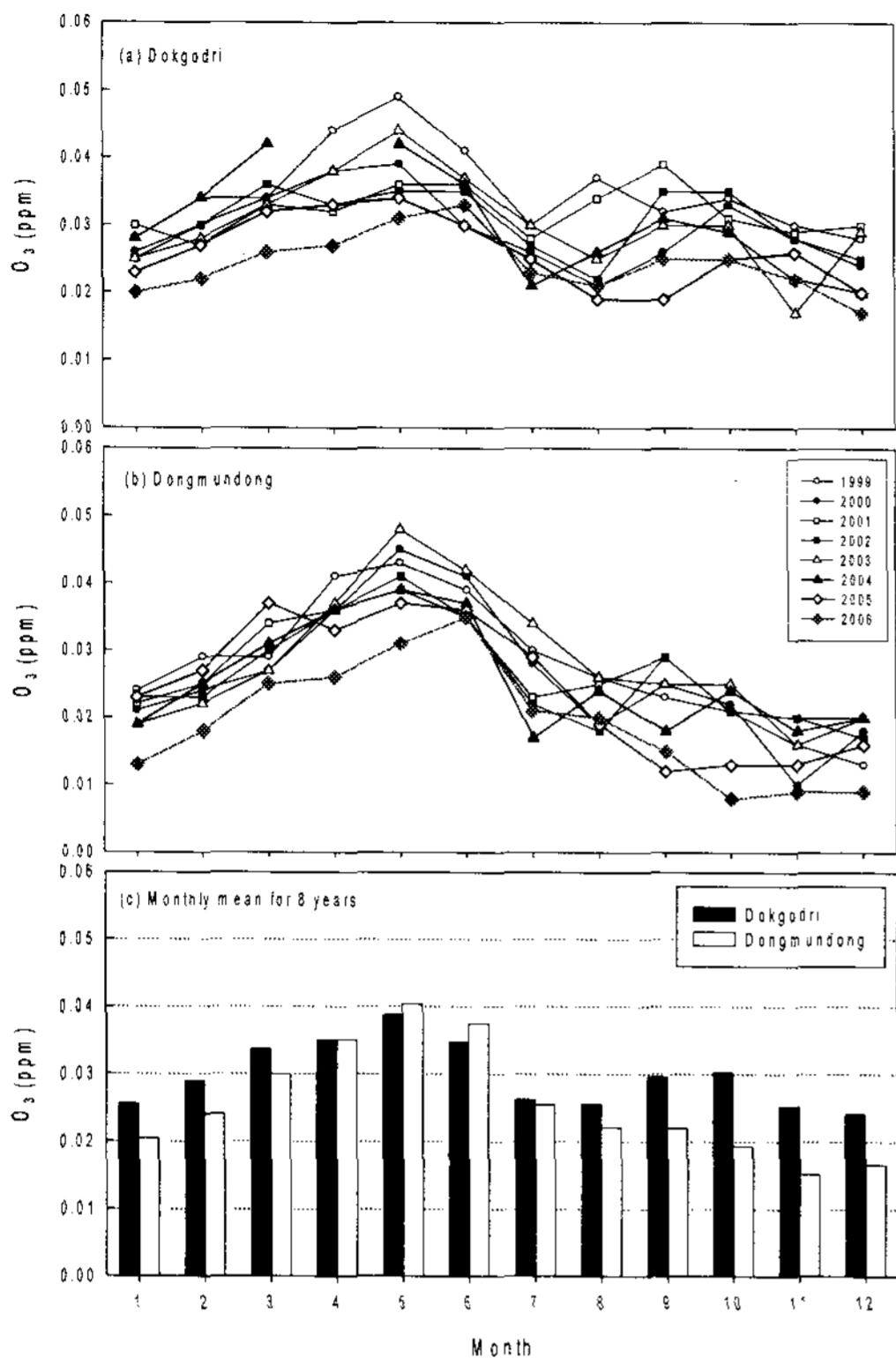
그림 13은 최근 8년 동안 서산의 두 지역에 대한 연도별 O<sub>3</sub>의 월평균농도 변화와 8년 평균 월평균농도를 나타낸 그림이다. O<sub>3</sub>의 월평균농도는 5월~6월에 최고치를 보였으며, 장마철에 감소하는 경향이다. 이러한 경향은 지역적으로 서울을 제외한 대부분의 도시지역에서 나타나는 현상으로 서울을 비롯한 주요도시의 2005년 연평균 O<sub>3</sub> 농도는 0.017~0.023 ppm으로 전체 평균 0.021 ppm으로 나타난 반면, 배경농도지역의 O<sub>3</sub> 농도는 도시농도의 약 2배인 평균 0.040 ppm을 상회하였다. 그림 13(c)과 같이, 독곶리의 8년 평균 월별농도 분포는 0.026~0.039 ppm이고, 동문동의 경우 0.015~0.040 ppm으로 나타나고 있으며 전형적인 이산형의 농도변화 곡선을 보인다. 이러한 경향은 해안지역과 같은 국가배경농도지역은 지면의 안정으로 혼탁도(turbidity)가 낮아 도시지역에 비해 일사량이 많고, 혼합층이 낮아 지면에서 발생한 오염물질이 상층까지 확산되지 않을 가능성이 많다[4,11,13]. 또한 도시지역에 비해 O<sub>3</sub>을 소멸시킬 수 있는 NO 농도가 상대적으로 적고, O<sub>3</sub> 생성의 원료가 되는 NO<sub>2</sub> 역시 적어 O<sub>3</sub>의 소멸현상이 억제된다. 따라서 O<sub>3</sub>이 청정지역으로 이동되면 O<sub>3</sub> 소멸현상이 줄어 고농도 O<sub>3</sub>이 발생할 수 있다.



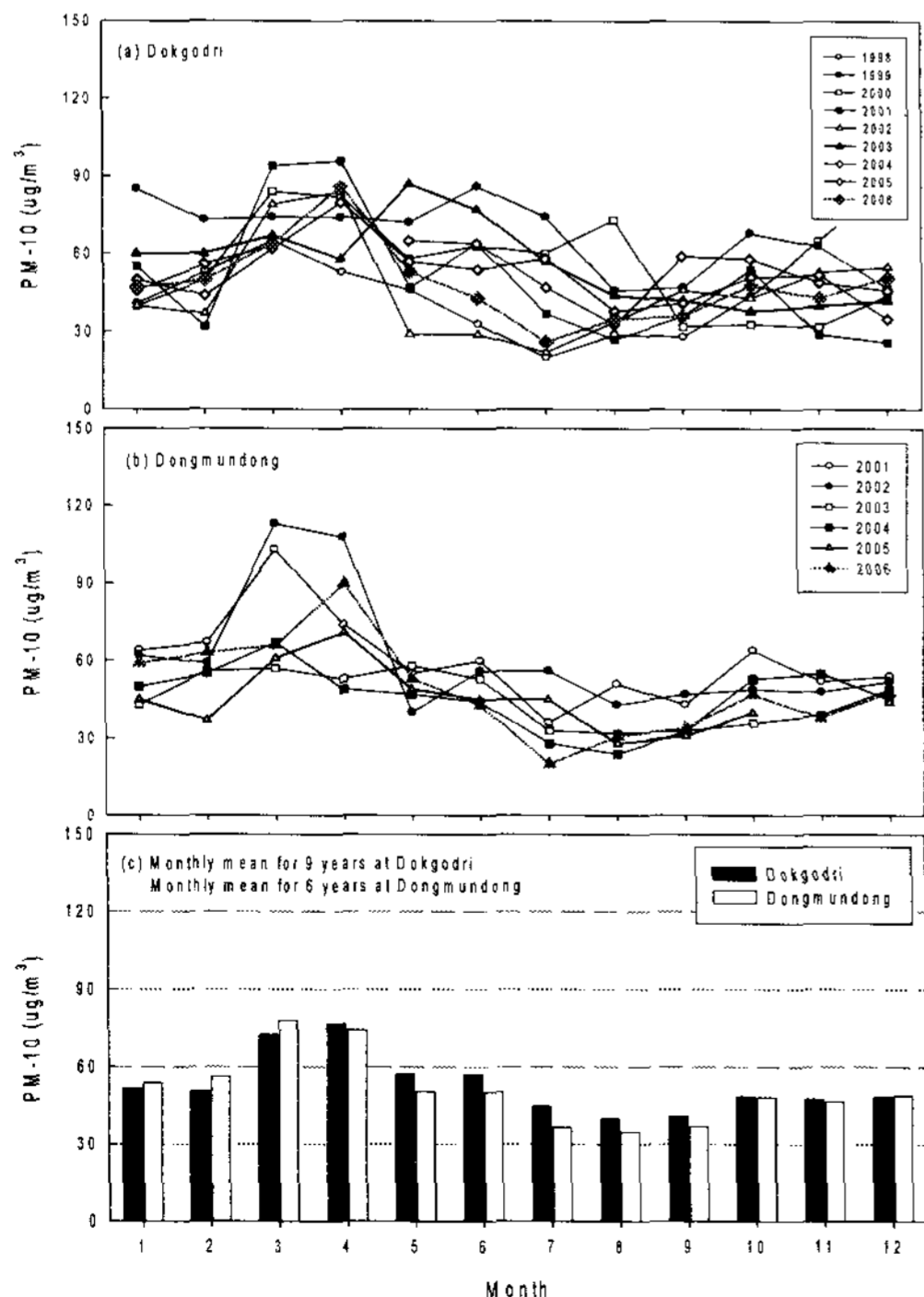
[그림 11] 동문동 및 독곶리 월평균 NO<sub>2</sub> 농도변화



[그림 12] 동문동 및 독곶리 월평균 CO 농도변화



[그림 13] 동문동 및 독곶리 월평균 O<sub>3</sub> 농도변화



[그림 14] 동문동 및 독곶리 월평균 PM-10 농도변화

즉, 도시지역의 O<sub>3</sub> 농도는 광화학반응에 의해 생성되고 NOx 농도도 높아 생성·소멸이 활발히 일어나 일변화 폭이 큰 경향을 보이는 반면, 청정지역은 O<sub>3</sub>의 생성에 필요한 기상조건은 도시지역에 비해 탁월하지만 O<sub>3</sub>의 소멸에 필요한 NOx는 적어 생성과 소멸이 활발하지 못하여 일 중 변화가 크지 않은 특징을 가지며, 이로 인해 O<sub>3</sub> 농도가 도시지역에 비해 높은 것으로 파악된다[11,13].

### 3.3.5 Particulate(PM-10)

그림 14는 최근 9년간 서산의 두 지역에 대한 연도별 PM-10의 월평균농도와 9년 평균 월평균농도를 나타낸 그림이다. 그림에서 PM-10의 월평균 농도는 3, 4월과 같은 봄철(8, 9월)에 가장 낮은 농도분포를 보이고 있다. 우리나라의 경우 황사기간은 그 발생원이 외부에 있다는 점에서 주요도시의 PM-10을 포함한 여러 오염물질의 대기오염도 종합평가에 결정적 영향을 미칠 수 있다. 최근의 국내 황사는 2002년에 주목할 만큼 황사발생일수가 많았고 강도 또한 강하여 PM-10 농도가 크게 증가하였는데 이는 그림 12(b)에도 같은 경향을 보여준다. 특히 PM-10 시간평균농도가 3,000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이 넘게 측정된 기록적인 사례를 보였을 뿐 아니라 10년 이상 보고된 적이 없었던 가을황사가 발현하기도 하였다. 서산시 독곶리의 경우 9년 평균 월평균 농도는 40-77  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었고, 동문동은 35-78  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  두 지역의 농도는 비슷한 결과를 나타냈다.

### 3.4 환경기준 초과회수

서산시의 환경기준이 설정된 6개 항목 중 Pb를 제외한 5종 대기오염물질의 환경기준 초과회수는 표 3과 같이 SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO의 경우, 서산시 두 측정소에서 모두 환경기준을 달성하고 있으나, O<sub>3</sub>의 경우 1시간 기준과 8시간 기준을 초과하는 경우가 많았고 PM-10은 24시간 기준을 초과하는 경우가 있어 오염물질 중 O<sub>3</sub>과 함께 환경기준 달성율이 낮은 것으로 조사되었다. 2006년 12월 현재 O<sub>3</sub>의 1시간 기준치인 0.1 ppm을 초과한 횟수는 동문동 68회, 독곶리 93회였고 8시간 기준치인 0.06 ppm을 초과한 횟수는 동문동 210회, 독곶리 213회였다. 또한 PM-10의 경우 24시간기준인 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과한 횟수가 동문동 25회, 독곶리 54회로 나타났다. 기준초과 일수는 현재까지 타지역에 비해 아주 낮은 것이며 서산지역이 다른 지역에 비해 오염정도가 심하지 않음을 보여준다. 최근 3년간의 서산시 두 지역에 대한 오염물질별 환경기준 달성 현황은 O<sub>3</sub>과 PM-10 모두(2005년 O<sub>3</sub> 1시간 기준 제외) 2004년에 비해 2005년도 환경기준 달성율이 증가하였고, 2005년에 비해 2006년도의 환경기준 달성율이 증가하여 대기환경질이 매년 개선되고 있음을 보여주고 있다.

[표 3] 서산시 동문동과 독곶리에서 O<sub>3</sub>과 PM-10의 환경기준 초과 횟수

오염물질 및 기준	지역 년도	동문동										독곶리									
		'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	계	'98	'99	'00	'01	'02	'03	'04	'05	'06	계
O <sub>3</sub>	0.1 ppm/1h	31	1	3	2	5	14	5	7	-	68	25	19	4	11	12	8	11	3	-	93
	0.06 ppm/8h	39	23	14	11	24	52	29	15	3	210	37	48	9	32	22	33	22	7	3	213
PM-10	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{day}$	-	-	-	8	10	-	2	2	3	25	4	14	6	12	6	2	2	5	3	54

#### 4. 결론

본 연구는 서산시 동문동과 독곶리에 위치한 대기오염 자동측정망 자료를 이용하여 서산지역 최근 대기오염 정도와 오염도의 경년변화 추이를 분석하고자 하였으며, 연구결과는 다음과 같다.

- 1) 본 연구기간 동안 연도별 오염물질의 평균농도 변화는 SO<sub>2</sub>의 경우 1998년부터 2003년까지 감소하였고, 최근 3년간(2004~2006)은 0.004~0.005 ppm으로 거의 변화가 없으며, NO<sub>2</sub>의 경우 2001년 이후 0.02 ppm이하로 안정화 단계를 보이며, 최근 3년간(2004~2006)은 0.012~0.018 ppm으로 거의 변화가 없었다. CO의 경우 점진적 감소 경향을 보이고 있으며 2000년 이후 1.0 ppm을 넘지 않는 낮은 수준의 농도분포를 보이고 있다. 또한 O<sub>3</sub>은 연간변화에서 뚜렷한 증감 추세를 보이지는 않는 전반적 안정화 단계에 있고, PM-10은 2002년 이후 약 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 안정화 단계를 보이고 있다.
- 2) NO<sub>2</sub>, CO 및 SO<sub>2</sub> 월평균농도 변화는 여름철에 감소하다 겨울철에 증가하는 경향을 보였으며 O<sub>3</sub>과 PM-10은 봄철에 가장 높은 농도를 보이며, 강수가 집중되는 여름철에 가장 낮은 농도분포를 보였다.
- 3) 2006년 12월까지 O<sub>3</sub> 1시간 기준치인 0.1 ppm을 초과한 횟수는 동문동이 68회, 독곶리 93회였고 8시간 기준치인 0.06 ppm을 초과한 횟수는 동문동 210회, 독곶리 213회였다. 또한 PM-10의 경우 24시간 기준인 150  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 초과한 횟수가 동문동 25회, 독곶리 54회로 나타났다.

#### 참고문헌

- [1] 한화진, 조역수, "지역대기질 보전대책 수립 및 시행에 관한 연구", 한국환경기술개발원, 1996.
- [2] 전병일, "부산 동삼동 지역의 대기오염농도 특성", 한국환경과학회지, 8권 3호, pp. 281-286, 1999.
- [3] 환경부, 대기환경연보, 1999-2006.
- [4] 환경부, 대기환경월보, 1999.1-2006. 12.
- [5] 서산시, 서산통계연보, 2006.

- [6] <http://www.epa.gov/>
- [7] <http://www.nier.go.kr/>
- [8] 국립환경연구원(2004, 2005), 대기오염물질배출량.
- [9] 손병현, 김종호, "서산태안 지역의 대기질 현황과 경향", 한서대학교 환경연구소논문집, Vol 3, pp. 7-14, 2000.
- [10] S. Cohanin, "Air quality management district-Air quality trends", U.S. EPA, 1994.
- [11] The National Academy of Sciences, Rethinking the Ozone Problem in Urban and Regional Air Pollution, 1992.
- [12] <http://www.me.go.kr/>
- [13] U.S. EPA., National Air Quality and Emissions Trends Report-2003 special studies edition, 2003.

#### 손 병 현(Byung-Hyun Shon) [정회원]



- 1990년 2월: 부산대학교 환경공학과 (공학사)
- 1994년 2월: 부산대학교 대학원 환경공학과 (공학석사)
- 1997년 2월: 부산대학교 대학원 환경공학과 (공학박사)
- 1997년 3월~현재: 한서대학교 환경공학과 교수

#### <관심분야>

대기오염제어, 폐기물처리, 이산화탄소 흡수

#### 박 동 소(Tong-So Park) [정회원]



- 1998년 8월: 연세대학교 대학원 건축공학과 (공학박사)
- 1999년 3월~현재: 한서대학교 건축공학과 교수

#### <관심분야>

건물에너지시스템, 도시환경