

## 2009년 7월 22일 부분일식 발생 시 부산지역 기온과 오존농도의 변화 특성

전병일\* · 오인보<sup>1)</sup>

신라대학교 공과대학 환경공학과, <sup>1)</sup>울산대학교 환경보건센터  
(2011년 5월 25일 접수; 2011년 7월 4일 수정; 2011년 7월 25일 채택)

### Characteristics on Variation of Temperature and Ozone Concentration during the Partial Solar Eclipse Event of 22 July 2009 at Busan

Byung-Il Jeon\*, In-Bo Oh<sup>1)</sup>

Department of Environmental Engineering, Silla University, Busan 617-736, Korea

<sup>1)</sup>Environmental Health Center, Ulsan University, Ulsan 682-714, Korea

(Manuscript received 25 May, 2011; revised 4 July, 2011; accepted 25 July, 2011)

#### Abstract

This paper examines the effects of the partial solar eclipse of 22 July 2009 across the Korean peninsular on surface temperature and ozone concentrations in over the Busan metropolitan region (BMR). The observed data in the BMR demonstrated that the solar eclipse phenomenon clearly affects the surface ozone concentration as well as the air temperature. The decrease in temperature ranging from 1.2 to 5.4°C was observed at 11 meteorological sites during the eclipse as a consequence of the solar radiation decrease. A large temperature drop exceeding 4°C was observed at most area (8 sites) of the BMR. Significant ozone drop (18~29 ppb) was also observed during the eclipse mainly due to the decreased efficiency of the photochemical ozone formation. The ozone concentration started to decrease at approximately 1 to 2 hours after the event and reached its minimum value for a half hour to 2 hours after maximum eclipse. The rate of ozone fall ranged between 0.18 and 0.49 ppb/min. The comparison between ozone measurements and the expected values derived from the fitted curve analysis showed that the maximum drop in ozone concentrations occurred at noon or 1 PM and was pronounced at industrial areas.

**Key Words :** Solar eclipse, Temperature, Ozone, Fitted curve

#### 1. 서론

일식 발생 시 태양 대기의 활동은 지구 상층 대기에 변화를 주어 우리 생활에 직접적으로 영향을 미치므

로, 선진국에서는 오래전부터 이러한 연구를 중요하게 다루고 있다(한국천문연구원, 2009). 일식현상은 기상학자와 대기환경학자에게 태양복사변화와 광화학과정의 어떻게 반응하는지를 연구하는 데 유익한 기회를 제공한다(Tzanis 등, 2006). 또한 일식은 오존 생성 및 제거 메커니즘을 이해하는데 독특한 가능성을 제공한다(Chudzynski 등, 2001).

과거 지역적으로 대규모의 개기일식이 발생하였을

\*Corresponding author : Byung-Il Jeon, Department of Environmental Engineering, Silla University, Busan 617-736, Korea  
Phone: +82-51-999-5056  
E-mail: bijeon@silla.ac.kr

때 기상요소와 대기질 측정 및 분석이 이루어졌다. Bojkov(1968)은 1966년 5월 20일의 최대일식 시 불가리아 소피아의 총오존은 25~30 matm-cm 정도 증가하였다고 보고하였다. Dani와 Devara(2002)는 1995년 10월 24일 일식 시 인도북부에서 다채널 태양광도계를 사용하여 태양복사량 측정, 에어로졸 광학적 두께, 에어로졸 크기 분포, 총오존량 측정, 지표면에서 기온, 바람, 상대습도 측정을 측정하였다. 1999년 8월 11일의 개기일식 시에는 전 세계에서 경쟁적으로 기상요소와 대기질의 측정이 이루어졌다. 독일의 경우, Foken 등(1999)이 남서부 지역을 대상으로 복사, 대기, 토양인자, 난류에너지, 운동량플럭스를 측정하여 분석하였으며, Winkler 등(2001)은 고도가 다른 두 지역에서 기온과 바람 그리고 총오존을 측정하여 비교하였다. 그리고 Vogel 등(2001)은 일식에 의한 기온과 바람에 대해 수치모의를 하였고, Ahrens 등(2001)은 남서부의 기상인자와 대기질자료를 이용하여 분석하였다. 영국의 경우, Hanna(2000)는 기온하강율을 조사하였고 Aplin과 Harrison(2003)은 통합적인 미기상 관측을 행하였다. 그 외 미국과 캐나다(Anderson, 1999), 폴란드(Chudzynski 등, 2001), 그리스(Tzaniis 등, 2005)에서의 연구가 있었다.

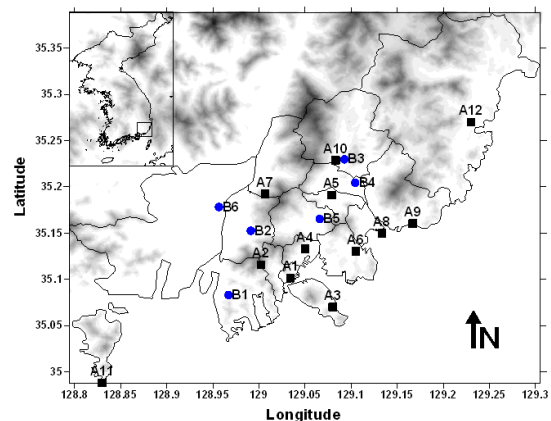
2006년 3월 26에 브라질의 동부해안으로부터 대서양을 지나 아프리카의 가나, 나이지리아, 니제르, 리비아, 이집트, 그리고 지중해, 중앙아시아를 지나 북몽골에 걸쳐 대규모의 개기일식이 발생하였다. Gerasopoulos 등(2008)은 그리스에서 종관 및 경계층기상, 대기화학, 대기질, 태양복사, 이온권, 중력파에 의해 유발된 일식의 형성 및 전파, 농작물, 해양생물에 등을 조사하였으며, Founda 등(2007) 그리스의 남부, 중부, 북부 지방에서 지표층의 기상요소(지구복사, 기온, 습도, 풍속)를 측정하고 WRF 모델을 이용하여 기상요소의 변화를 수치모의하였다. 그리고 Kazadzis 등(2007) 그리스의 Kastelorizo에서 지표면일사량, 직달일사량, 총오존 등 복사량에 측정하고 보고하였으며, Tzaniis 등(2008)은 그리스 아테네에서 여러 가지 기상요소(기온, 상대습도, 풍향, 풍속)와 지표오존의 변화에 대해 조사하였고 1999년 8월 11일 아테네에서 발생한 일식과 비교하였다. 마지막으로 Zaniis 등(2007)은 지표오존과 광화학옥시단트에 대한 일식의 화학적 효과

를 조사한 바 있다.

국내에서의 일식과 대기환경에 관한 연구로서 Kwak 등(2011)이 서울지역을 대상으로 O<sub>3</sub>과 NO<sub>2</sub> 농도 변화 특성과 전병일(2010)이 부분일식 발생 시의 서울, 부산, 제주를 대상으로 기상요소의 변화 특성에 대한 연구가 있으며, 최복원(1987)이 부산에서 1987년 9월 23일 부분일식 시 천문학적인 관측이 시도된 바 있다. 본 연구에서는 2009년 7월 22일 우리나라에서 발생한 부분 일식 시 부산지역의 기상요소와 대기질(O<sub>3</sub>과 NO<sub>2</sub>)의 변화 특성을 구체적으로 고찰함으로써 부분일식이 기상요소와 대기오염농도에 어떤 영향을 미치는지를 연구하였다.

## 2. 자료 및 방법

본 연구에서 사용한 자료는 부산지역에서 관측한 기상자료와 대기오염자료이다. 기상자료는 부분일식 시기온의 변화를 알아보기 위해 부산지방기상청(BRMA: Busan Regional Meteorological Administration)에서 운영하는 12개 자동기상측정망(AWS: Automatic Weather Station)에서 측정된 자료(1분 평균)를 사용하였다. 대기오염자료는 부산광역시 보건환경연구원에서 운영



**Fig. 1.** Location of automatic weather station sites (■ A) and air pollution monitoring sites (● B) in Busan (A1: Busan, A2: Busan radar observation, A3: Yeongdo, A4: Busanjin, A5: Dongnae, A6: Daeyeon, A7: Bukgu, A8: Suyeong, A9: Haeundae, A10: Geumjeong, A11: Gadeokdo, A12: Gijang, B1: Jangrimdong, B2: Gamjeondong, B3: Bugokdong, B4: Myeongjangdong, B5: Jeonpodong, and B6: Daejeodong).

하는 6개 대기질자동측정망에서 측정된 오존과 이산화질소농도(5분 평균)이다. Fig. 1은 12개 AWS(●)와 6개 대기오염자동측정망(▲)의 위치를 보여주는 것으로 대기오염자동측정망의 경우 공업지역(장림동, 감전동)과 주거지역(부곡동, 명장동)이 각각 2개 지점이고 상업지역(전포동)과 녹지지역(대저동)이 각각 1개 지점이다.

3. 2009년 7월 22일 부분 일식의 개요

2009년 7월 22일의 일식은 지구, 달, 태양이 일직선으로 있을 때 달이 태양을 가리어 생기는 천문현상으로 진행경로는 Fig. 2와 같이 인도에서 시작해 네팔, 방글라데시, 부탄, 미얀마, 중국, 일본으로 진행하였다. 21세기에 일어나는 일식 가운데 지속시간이 가장 긴 일식이었으며 인도, 방글라데시, 중국을 지나는 좁은 경로를 따라 6분 39초간 개기일식이 이루어졌다. 이에 따라 중국 상하이, 안후이 성 등에서는 개기일식 관측이 가능했지만, 우리나라는 개기일식 경로에 포함되지 않아 태양면의 약 80%가 가려지는 부분일식을 관측할 수 있었다(한국천문연구원, 2009). 부산은 0936 LST에 일식이 시작되었고 최대일식은 1052 LST 이었으며 1213 LST에 일식이 종료되었다. 태양이 달에 의해 최대로 가려지는 부산의 최대식분은 85.3% 이었고 서울은 78.5%, 제주는 92.4%이었다.

Fig. 3은 부분일식이 발생한 2009년 7월 22일 0900

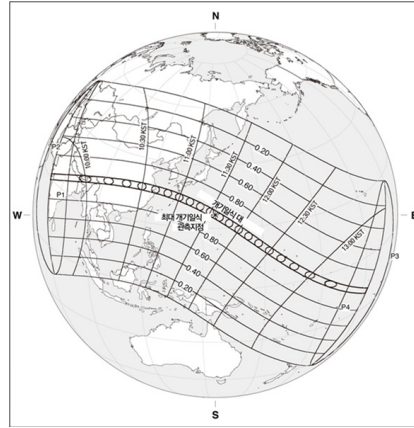


Fig. 2. The circumstances of solar eclipse of 22 July 2009 for Korea. The near-horizontal lines mark the degree of obscuration of the Sun at maximum eclipse. The near-vertical curved lines mark the times of greatest eclipse(progressively later eastwards) at thirty-minute intervals.

LST의 지상일기도와 0933 LST의 위성에서 찍은 구름사진을 나타낸 것이다. 우리나라 주변의 기압배치는 1004 hPa의 고기압이 서해에 있고 우리나라와 일본의 남쪽에는 장마전선이 위치하고 있다. 이러한 기압배치 하에서 우리나라는 서해상에 있는 고기압의 영향으로 대체로 맑은 날씨를 나타내고 있다. 구름사진에서도 보다시피 장마전선의 영향으로 남쪽해상에 구름대가 형성되어 있고 우리나라 내륙에는 뚜렷한

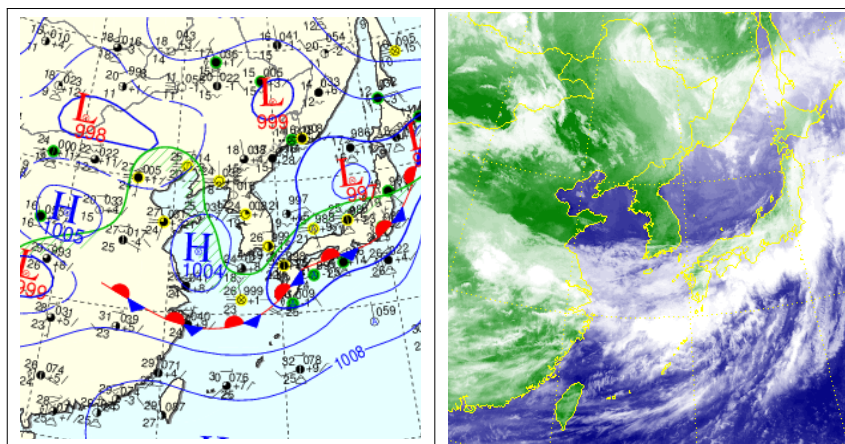


Fig. 3. Surface weather chart for 0900 LST 22 July 2009(left) and MTSAT infrared satellite image(right) of northeast Asia for 0933 LST 22 July 2009(right).

구름대는 보이지 않는다. 부산은 고적운과 권운이 5/10정도로 일식과 기상요소 그리고 대기질을 연구하는데 무리가 없는 날씨가였다(부산지방기상청, 2009).

4. 결과 및 고찰

4.1. 기온의 변화

Fig. 4는 부산지방기상청에서 측정한 일사량과 기온을 나타낸 것이다. 일사량은 1분 간격으로 측정한 수평면일사량을 5분간 합산하여 나타내었고 기온은 1분 평균을 나타낸 것이다. 부산지방의 일사량은 일식 개시 9분 후인 0955 LST에 피크가 나타난 이후 하강하기 시작하여 최대일식 발생시각 3분 후 1055 LST 부터 10분간 최저의 일사량을 나타내었다. 이는 최대 일식시각인 1052 LST과 매우 일치하고 있어 일식현상이 지표에 유입되는 태양복사량에 큰 영향을 미치고 있는 것을 알 수 있다. 이후 일사량은 지속적으로 증가하였으며 일식이 종료된 1213 LST 이후에는 정상적인 일사량을 나타내었다. 기온은 일식이 시작되

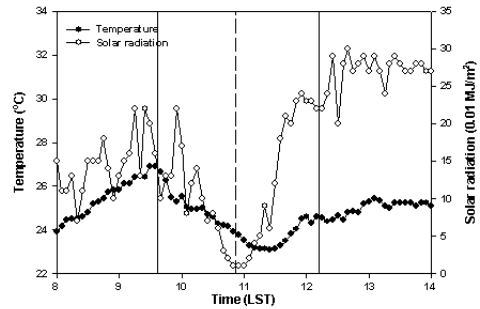


Fig. 4. Temporal variations of solar radiation(5-minute, 0.01 MJ/m<sup>2</sup>) and temperature at Busan during the eclipse day. Vertical lines denote the onset, maximum and end of eclipse at Busan.

기 4분 전인 0932 LST에 27.0°C의 피크를 보였고 최대일식이 32분 지난 후인 1124 LST에 23.0°C의 최저 기온을 나타내어 4.0°C의 기온하강을 나타내었다. 최저 일사량은 1055 LST, 최저기온은 1123 LST로 28분의 시간적 차이를 나타내었다.

Fig. 5는 부분일식이 발생한 2009년 7월 22일 0800

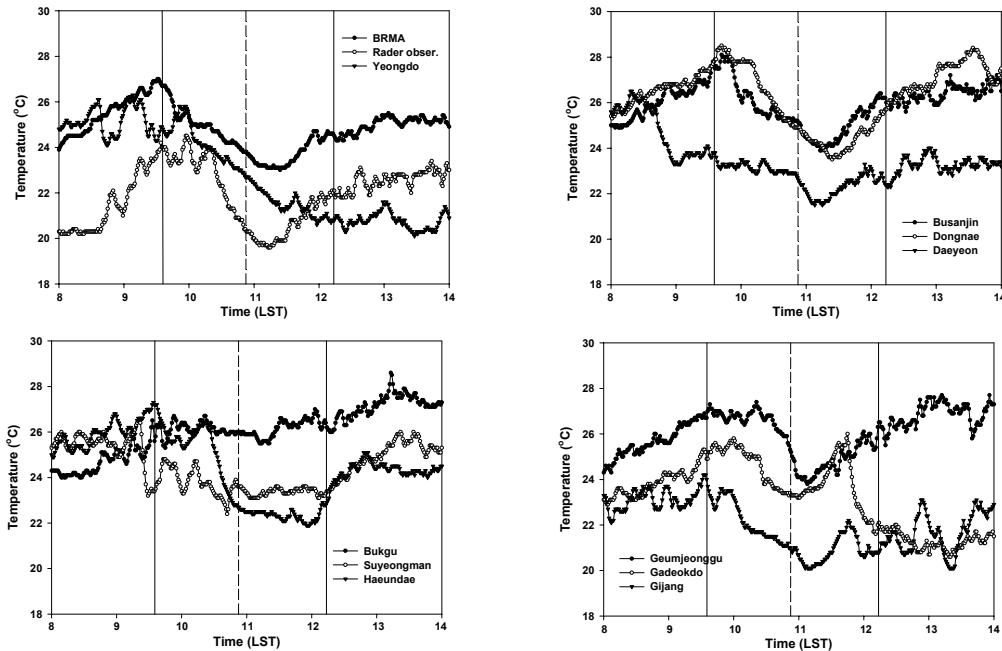


Fig. 5. Temporal variations of surface temperature at 12 AWS sits in Busan during the eclipse day. Vertical lines denote the onset, maximum and end of eclipse at Busan.

LST부터 1400 LST 까지 부산지역에 설치된 12개 지점의 AWS에서 측정한 기온의 일변화를 나타낸 것이다. 대부분의 지역에서 일식시작 후 기온이 하강하여 최대일식이 부근에서 최저기온을 나타내었다. 따라서 Fig. 4에서와 같이 일식에 의해 일사량이 감소하면서 지표기온이 하강하는 모습을 나타내었다.

Table 1은 일식발생에 의한 기온하강, 일식시작 후 최고기온이 나타날 때까지의 시간지연, 최대일식 후 최저기온이 나타날 때까지 걸린 시간, 기온의 평균하강율을 각각 나타낸 것이다. 기온하강은 일식 시작 전·후의 최고기온에서 최대일식이 나타난 후의 최저기온을 뺀 값이며, 기온의 평균하강율은 최고기온이 나타난 시각부터 최저기온이 나타난 시각사이의 변화이다.

기온하강이 가장 큰 지역은 해운대로 5.4°C이었으며, 다음으로 5.0°C인 동래이었다. 4°C이상의 기온하강을 나타낸 지역은 부산레이더관측소(4.9°C), 영도(4.6°C), 부산진(4.2°C), 수영만(4.1°C), 기장(4.1°C), 부산지방기상청(4.0°C)으로 부산지역 12개 지점 중에서 8개 지점이었으며, 가장 작은 기온하강을 나타낸 곳은 북구(1.2°C)이었다. 일식으로 인한 부산지역의 기온하강은 해안과 내륙의 지역적 특성에 관계없는 양상을 나타내었다. 2006년 3월 29일 그리스의 부분일식 시 아테네 도시지역의 기온하강율이 1.6°C~3.

9°C로 태양의 식분보다는 국지적인 운량이나 풍속에 의한 것으로 바람보다는 구름에 의한 영향이 더 크다고 하였다(Founda 등, 2007). 또한 Ahrens 등(2001)은 지역별 기온하강의 차이는 구름과 관련된 에너지 수지와 국지적인 인자에 의해 결정된다고 하였다.

일식이 시작되면 일사량의 감소로 기온이 하강하지만, 기온의 하강은 일식 개시와 다소 차이가 난다. 부산진과 동래는 일식 개시 6분 후에 기온이 하강하기 시작하였으며, 영도와 구덕산 레이더관측소는 21분과 22분 후에, 북구와 금정구는 무려 45분 후에 기온이 하강하였다. 반면에 일식 개시 전에 기온이 하강하는 지점도 있었다. 해운대는 2분 전에, 부산지방기상청과 기장은 4분 전에, 수영만은 15분 전부터 기온하강기 시작하였다. 그리스의 아테네에서는 기온은 일식 개시 수분 후에 하강하기 시작하였고 실질적으로 지표면의 열적관성과 관련이 있으며 구름과 바람의 효과가 있음에도 불구하고 대체로 15분에서 47분 후에 기온이 하강하였다(Founda 등, 2007).

또한 최대일식이 발생하는 시각과 최저기온의 발생 시각에도 밀접한 관련이 있다. 수영만을 제외한 모든 지점에서 최저기온은 최대일식 후에 발생하였다. 가덕도는 7분 후에 발생했으며, 그 외 대부분의 지점은 20분 후에 최저기온이 발생하였다. 해운대는 무려

**Table 1.** Surface temperature drop, time lag from 1st contact and mid-eclipse, and mean rate of temperature drop at Busan during the eclipse

Site	Temperature drop(°C)	Time lag from 1st contact (min)	Time lag from mid-eclipse (min)	Mean rate of temperature drop (°C/min)
BRMA	4.0	-4	32	0.036
Rader obser.	4.9	22	21	0.065
Yeongdo	4.6	21	33	0.052
Busanjin	4.2	6	21	0.046
Dongnae	5.0	6	32	0.049
Daeyeon	2.6	-7	23	0.025
Bukgu	1.2	45	20	0.024
Suyeongman	4.1	-15	-10	0.051
Haeundae	5.4	-2	63	0.038
Geumjeonggu	3.6	45	16	0.077
Gadeokdo	2.6	24	7	0.044
Gijang	4.1	-4	16	0.043

63분 후에 최저기온이 나타났는데, 이는 이 지역의 구름과 국지적인 기상에 의해 영향을 받은 것으로 보인다. 하지만 수영만은 최대일식보다 10분전에 최저기온이 나타났다. 따라서 기온에 미치는 일식의 영향이 20분 이상 지속되는 것으로 나타났으며, 지역에 따라 그 차이가 보인다. 아테네에서는 최대일식 후 최저기온 발생 사이의 시간지연이 2분에서 15분정도 관측되었고(Founda 등, 2007), 전형적인 값은 20분정도라고 하였다(Anderson, 1999).

일식 개시 전·후의 기온에서 최대일식 시의 기온을 빼서 계산한 시간에 따른 기온하강율을 보면, 금정구가 0.077 °C/min으로 가장 컸으며 레이더관측소가 0.065 °C/min으로 다음이었다. 가장 낮은 하강율을 나타낸 지역은 북구로 0.024 °C/min이었다. 해운대의 기온하강은 5.4°C로 가장 높았으나 기온하강율은 0.038 °C/min로 낮은 경향을 보였는데, 이는 최고기온 발생 시각과 최저기온 발생시각 차이가 2시간 21분으로 매우 길었기 때문이다. 대체로 고도가 높은 지역이 기온하강율이 큰 데 부산 지역도 금정구를 제외하고는 부산레이더관측소(해발고도 571 m)가 두 번째로 높았는데, 이는 일몰 후 높은 고도일수록 기온하강이 더 큰 것과 같은 이치이라고 할 수 있다(Founda 등, 2007).

#### 4.2. O<sub>3</sub>과 NO<sub>2</sub> 농도 특성

Fig. 6은 부분일식이 발생한 2009년 7월 22일 부산 지역의 대기오염측정망에서 측정한 O<sub>3</sub>과 NO<sub>2</sub> 농도의 일변화를 나타낸 것이다. 부산지역 도로변 측정망을 제외한 17개 지점 중에서 공업지역인 감전동과 장림동, 주거지역인 명장동과 부곡동, 상업지역인 전포동

그리고 녹지지역인 대저동 등 6개 지점의 농도자료를 사용하였으며 5분 평균자료이다. 대부분의 지점에서 최대일식 발생 후에 NO<sub>2</sub>는 증가하고 O<sub>3</sub>은 감소하는 경향을 보이고 있다. 즉 일식 때 NO<sub>2</sub>의 광분해반응과 O<sub>3</sub>의 생성반응이 느려지는 관계가 잘 나타나고 있다. 그리고 최대일식 후에 O<sub>3</sub>은 최저농도를 나타내고 있다. 이는 일식에 의해 태양복사량이 하강하여 광화학반응이 작아져 나타나는 현상이다(Tzani 등, 2008; Zani 등, 2007). 그리고 O<sub>3</sub>과 NO<sub>2</sub>는 대부분의 지역에서 반비례관계를 나타내었다. 주간의 부곡동과 명장동 NO<sub>2</sub>는 공업지역의 장림동과 감전동과는 달리 10 ppb 정도로 매우 낮은 값을 나타내고 있다.

Table 2는 일식 발생 시 부산지역 6개 지점의 O<sub>3</sub>농도하강, 일식시작 후 O<sub>3</sub>농도의 감소가 나타날 때까지의 시간지연, 최대일식 후 최저 O<sub>3</sub>농도가 나타날 때까지 걸린 시간, O<sub>3</sub>의 평균하강율을 나타낸 것이다. O<sub>3</sub>농도하강은 일식 시작 전·후의 최고농도에서 최대일식이 나타난 후의 최저농도를 뺀 값이며, 농도의 평균하강율은 최고농도가 나타난 시각부터 최저농도가 나타난 시각사이의 변화이다.

부산지역의 O<sub>3</sub>농도하강은 상업지역인 전포동이 29 ppb로서 가장 컸으며, 주거지역인 부곡동이 27 ppb, 공업지역인 감전동이 25 ppb의 하강을 나타내었다. 공업지역인 장림동, 주거지역인 명장동 그리고 녹지지역인 대저동이 모두 18 ppb의 하강을 보였다. O<sub>3</sub>농도의 감소는 일식이 시작된 후 짧게는 59분(명장동), 길게는 2시간 9분(대저동) 후에 시작되었다. 대체로 1~2시간 사이에 오존농도의 감소가 시작되었다. 최저 O<sub>3</sub>농도는 최대일식 발생 후 짧게는 33분(전포동), 길

**Table 2.** Surface ozone concentration drop, time lag from 1st contact and mid-eclipse, and mean rate of concentration drop at Busan during the eclipse

Site	Concentration drop(ppb)	Time lag from 1st contact (min)	Time lag from mid-eclipse (min)	Mean rate of concentration drop (ppb/min)
Jangrimdong	18	1h 14m	53m	0.33
Gamjeondong	25	1h 24m	1h 8m	0.42
Bugokdong	27	1h 9m	48m	0.49
Meongjangdong	18	59m	48m	0.28
Jeonpodong	29	1h 9m	33m	0.29
Daejeodong	18	2h 9m	1h 53m	0.18

계는 1시간 53분(대저동) 후에 나타났다. 대저동을 제외하면 최저농도는 최대일식 1시간 전·후에서 발생하는 것으로 나타났다. O<sub>3</sub>농도하강율은 부곡동이 0.49 ppb/min으로 가장 높았으며 감전동이 0.42 ppb/min으로 그 다음이었으며, 대저동이 0.18 ppb/min로 가장 작았다. 대저동의 경우는 다른 지점과는 달리 일식이 진행하고 있는 시간대에도 오존농도가 증가하는 경향을 보였다. 그리고 일식의 종료(1205 LST) 후인 1235 LST에 오존농도가 급격히 하강하여 1245 LST에 최저농도를 나타내는 경향을 보였다.

Tzaniis 등(2008)은 그리스 아테네의 지표오존농도가 일식 후 거의 2시간 동안 광화학생성 효율성의 감

소에 의해 지속적으로 감소하였으며 최대변화율은 모든 관측 지점에서 최대일식 1시간 후에 관찰되었고 지표오존변화율이 큰 지역은 아테네의 중심부에 위치하였다고 하였다. Zaniis 등(2001)은 도시지역의 지표오존은 일식으로 약 10~15 ppb의 감소를 가져오나 농촌지역은 어떤 명백한 일식효과를 나타내지 않았다고 하였고, Mavrakis 등(2004) 일식 기간 중 지표오존농도는 국지적인 방출을, 지형, 해안선으로부터의 거리에 의해 영향을 받는다고 하였다.

Fig. 7은 부분일식이 발생한 2009년 7월 22일 부산지역 6개 지점의 오존농도와 일식이 없었을 경우를 가정하여 구한 오존농도의 시계열을 나타낸 것이다. 일

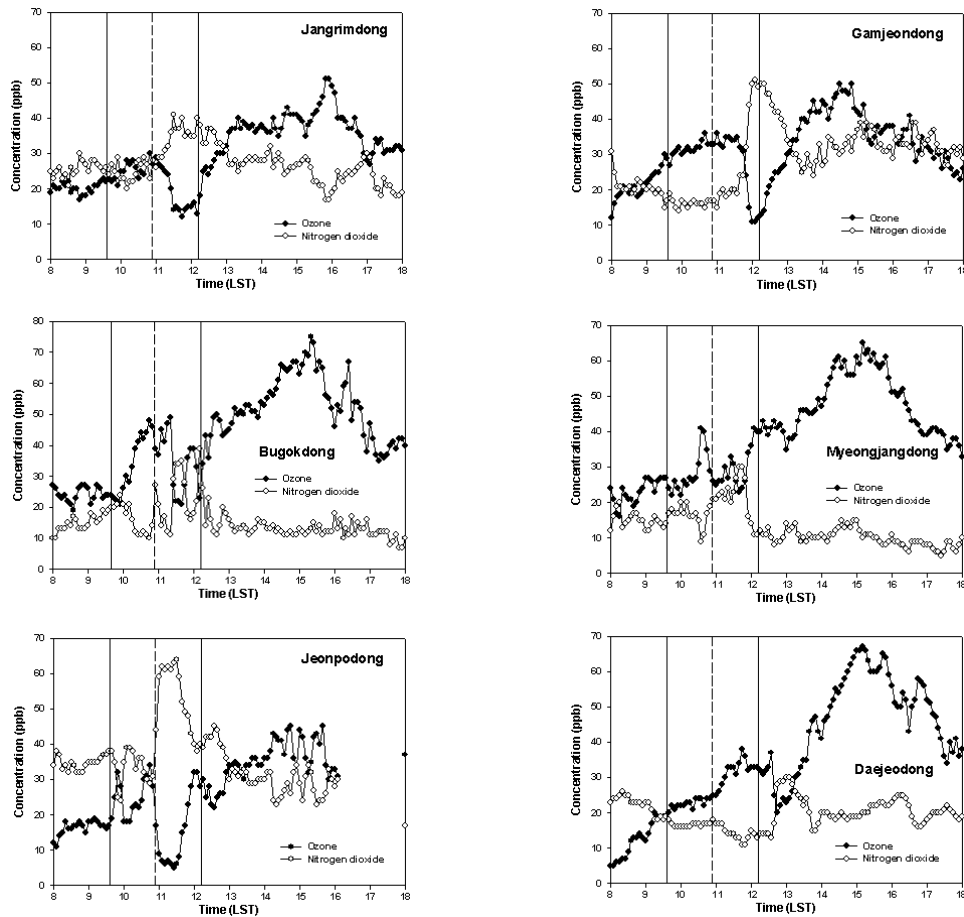


Fig. 6. Temporal variations of O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> concentration at 6 sites in Busan during the eclipse day. Vertical lines denote the onset, maximum and end of eclipse at Busan.

식이 일어나지 않았을 때의 오존농도 추정값은 일식이 일어난 시간대를 제외한 10분 측정자료에 6차 다항 회귀(6th polynomial fit(best fit))을 적용하여 계산하였다(Tzaniis 등, 2008). 회귀모델이 자료의 평균화로 생길 수 있는 오차를 줄이고 실제 오후에 측정된 일최고 오존농도의 수준과 유사하게 계산하기 위해 회귀모델 생성에 있어 오후의 일부 시간대(일최고 농도

주변) 농도가 조정된 자료가 입력되었다. 이는 일식이 없을 때를 가정하여 계산된 농도가 일식 당일 측정된 오존농도 수준보다 적어도 유사하거나 높을 가능성이 크기 때문이다.

Table 3은 추정 농도에서 관측 농도를 빼서 구한 감소된 농도의 비율을 10시부터 16시까지 1시간 간격으로 나타낸 것이다. 장림동, 감전동 그리고 부곡동의 경

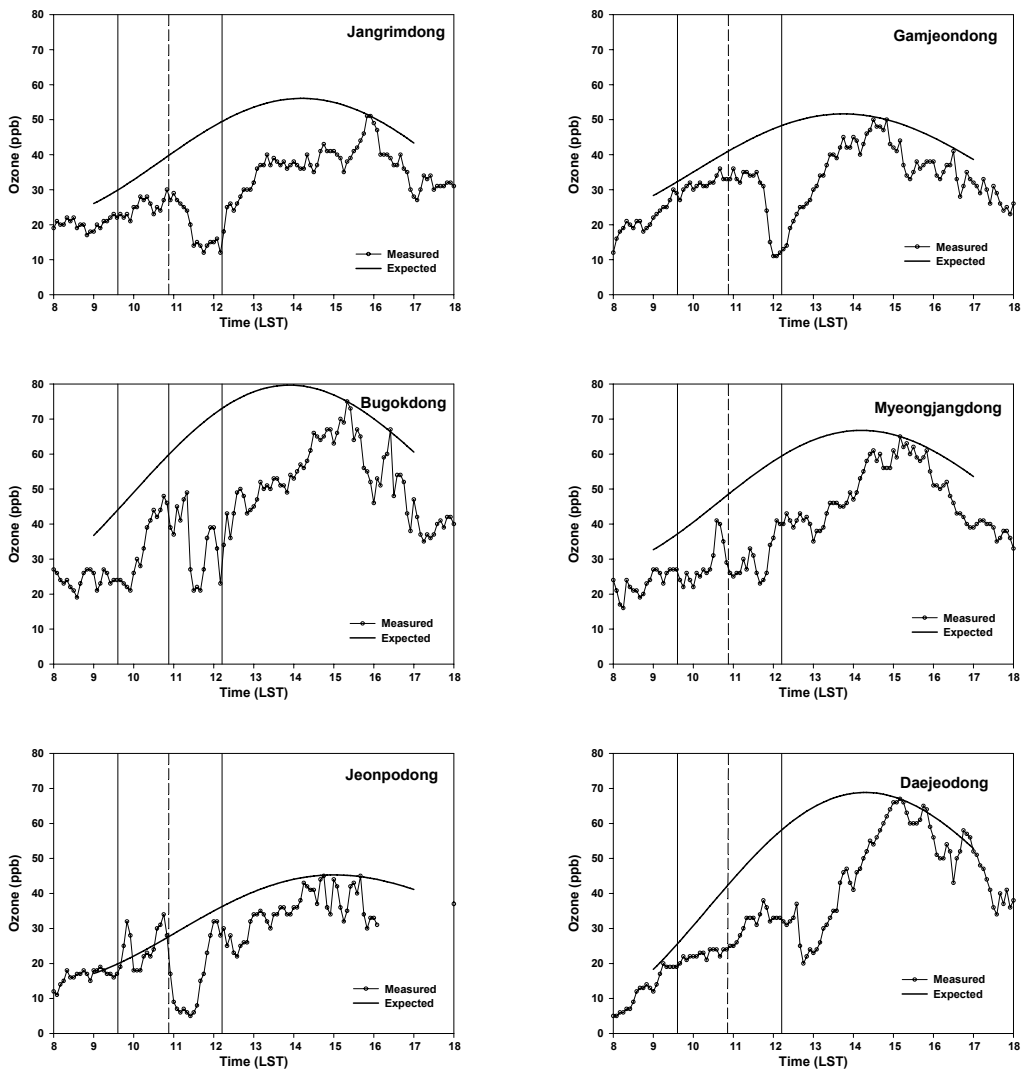


Fig. 7. Surface ozone measurements and the expected surface ozone values as derived from the fitted curve of the measurements before, during and after the eclipse. Vertical lines denote the onset, maximum and end of eclipse at Busan.



**Table 3.** Calculated percentage change of surface ozone(at six stations) for the eclipse event at Busan

Site	Time (LST)						
	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00
Jangrimdong	16.1	23.1	66.7	36.7	28.2	21.0	-3.2
Gamjeondong	10.6	10.7	76.0	39.2	10.1	12.4	12.4
Bugokdong	37.4	31.1	38.9	35.9	26.5	9.1	26.4
Meongjangdong	34.7	41.6	29.6	38.8	21.4	-3.9	5.6
Jeonpodong	18.6	68.4	8.6	16.0	18.3	2.9	25.3
Daejeodong	23.5	40.6	38.9	63.2	38.4	-0.7	6.6

우 일식종료전인 12시의 농도가 각각 30.1 ppb, 34.8 ppb, 24.8 ppb가 감소하여 66.7%, 76.0%, 38.9%의 감소율을 나타내었다. 명장동과 대저동은 13시에 38.8% (22.2 ppb)와 63%(39.5 ppb)를 나타내었으며, 전포동은 11시에 68.5%(19.5 ppb)를 나타내었다. 가장 높은 감소율을 나타낸 시각은 최대일식으로부터 약 1시간 후인 12시경이었으며, 높은 감소율을 나타낸 지역은 공업지역(장림동, 감전동)과 상업지역(전포동) 그리고 녹지지역(대저동)이었다. Kwak 등(2011)은 서울 지역에서 spline 내삽법을 이용하여 예측값과 관측값을 비교한 결과, 정오에 최대의 농도차이를 보였으며, 그 때 일식에 의한 오존 농도는 12시에 최대인 20.6 ppb가 감소되어 45%의 감소율을 나타내었다. 즉 오존농도 감소의 최대는 태양복사량 감소가 최대인 오전 11시경보다 약 1시간 늦은 정오에 나타났다고 하였다. 그리스 아테네에서 Tzanis 등(2008)은 추정값과 관측값의 차이는 최대일식 1시간 후에 최대가 되었고 지표오존 변화가 가장 큰 곳은 아테네 도심부라고 하였다. 따라서 오존농도는 일식종료 후 바로 회복되는 것이 아니라 적어도 2시간 이상 일식의 영향이 지속된다는 것을 알 수 있다.

## 5. 결론

2009년 7월 22일 부분일식 발생 시 부산지역의 자동기상측정망에서 측정한 기온과 대기오염측정소에서 관측한 O<sub>3</sub>과 NO<sub>2</sub> 농도의 변화 특성을 조사한 결과 다음과 결론을 얻었다.

1. 일식에 의한 기온하강은 1.2~5.4℃의 분포로서 해운대가 가장 높았고 북구가 가장 낮았다. 4℃ 이상의 기온하강을 나타낸 지역이 부산지역 12개 지점 중에서 8개 지점이었다. 기온의 감소는 일식 개시 전에 나타나는 지역과 일식 개시 후에 나타나는 지점으로 나뉘어졌으며, 특히 서면은 일식 개시 15분 전에, 북구는 일식 개시 45분 후에 기온의 감소가 시작되었다. 최대일식에서 최저기온이 발생하기 까지 걸린 시간은 지역에 따라 차이가 컸으며 해운대가 가장 긴 63분이었다. 기온의 하강율은 0.024~0.077℃/min의 분포를 나타내었다.
2. 최대일식 발생 후에 NO<sub>2</sub>는 증가하고 O<sub>3</sub>은 감소하는 경향을 나타내었다. 일식에 의한 O<sub>3</sub>농도하강은 18~29 ppb이었으며, 전포동이 가장 높았고 명장동과 대저동이 가장 낮았다. O<sub>3</sub>농도의 감소는 일식이 시작된 후 짧게는 59분(명장동), 길게는 2시간 9분(대저동) 후에 시작되었다. 대체로 한 기간에서 두 시간 사이에 오존농도의 감소가 시작되었다. 최저 O<sub>3</sub>농도는 최대일식 발생 후 짧게는 33분(전포동), 길게는 1시간 53분(대저동) 후에 나타났다. O<sub>3</sub>농도 하강율은 0.18~0.49 ppb/min의 분포를 나타내었다.
3. 6차 다항 회귀로 추정된 결과와 관측치와의 비교 결과, 일식에 의한 농도 감소가 가장 큰 시각은 12시(장림동, 감전동, 부곡동)와 13시(명장동, 대저동)이었고 높은 감소율을 나타낸 지역은 공업

지역(장림동, 감전동)과 상업지역(전포동) 그리고 녹지지역(대저동)이었다.

4. 향후 우리나라에서 일식 현상이 발생하였을 때 기상요소의 관측과 일식으로 예상되는 대기환경적인 요소에 대한 체계적인 관측과 측정이 이루어져 천문학과 대기환경학의 발전에 기여하였으면 한다.

### 참 고 문 헌

- 부산지방기상청, 2009, 일기상통계표, [www.kma.go.kr](http://www.kma.go.kr).
- 전병일, 2010, 2009년 7월 22일 부분일식 시 기상요소의 변화 특성, 한국환경과학회 2010년 정기학술대회 논문집, 19, 56-58.
- 최복원, 1987, 부분일식 관측 연구, 부산교육대학교 과학교육연구, 12, 11-27.
- 한국천문연구원, 2009, 달, 태양을 삼키다, 보도자료, [www.kasi.re.kr](http://www.kasi.re.kr).
- Ahrens, D., Iziomon, G. M., Jaeger, L., Matzarakis, A., Mayer, H., 2001, Impacts of the solar eclipse of 11 August 1999 on routinely recorded meteorological and air quality data in south-west Germany, *Meteorol. Z.*, 10(3), 215-223.
- Anderson, J., 1999, Meteorological changes during a solar eclipse. *Weather*, 54, 207-215.
- Aplin, K. L., Harrison, R. G., 2003, Meteorological effects of the eclipse of 11 August 1999 in cloudy and clear conditions, *Proc. R. Soc. Lond. A*, 459, 353-371.
- Bojkov, R. D., 1968, The ozone variations during the solar eclipse of 20 May 1966, *Tellus XX*, 3, 417-421.
- Chudzynski, S., Czyzewski, A., Ernst, K., Pietruczuk, A., Skubiszak, W., Stacewicz, T., Stelmaszczyk, K., Szymanski, A., Sowka, I., Zwodziak, A., Zwodziak, J., 2001, Observation of ozone concentration during the solar eclipse, *Atmospheric Research*, 57, 43-49.
- Dani, K. K., Devara, P. C. S., 2002, Aerosol optical depth and ozone variations during the total solar eclipse of 24 October 1995, *Atmospheric Research*, 65, 1-15.
- Foken, T., Wichura, B., Klemm, O., Gerchau, J., Winterhalter, M., Weidinger, T., 2001, Micrometeorological measurements during the total solar eclipse of August 11, 1999, *Meteorol. Z.*, 10(3), 171-178.
- Founda, D., Melas, D., Lykoudis, S., Lissaridis, I., Gerasopoulos, E., Kouvarakis, G., Petrakis, M., Zerefos, C., 2007, The effect of the total solar eclipse of 29 March 2006 on meteorological variables in Greece, *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 5543-5553.
- Gerasopoulos, E., Zerefos, C. S., Tsagouri, I., Founda, D., Amiridis, V., Bais, A. F., Belehaki, A., Christou, N., Economou, G., Kanakidou, M., Karamanos, A., Petrakis, M., Zanis, P., 2008, The total solar eclipse of March 2006: overview, *Atmos. Chem. Phys.*, 8, 5205-5220.
- Hanna, E., 2000, Meteorological effects of the solar eclipse of 11 August 1999, *Weather*, 55, 430-446.
- Kazadzis, S., Bais, A., Kouremeti, N., Blumthaler, M., Webb, A., Kift, R., Schallhart, B., Kazantzidis, A., 2007, Effects of total solar eclipse of 29 March 2006 on surface radiation, *Atmos. Chem. and Phys.*, 7, 5775-5783.
- Kwak, K. H., Ryu, Y. H., Baik, J. J., 2011, Temporal and Spatial Variations of NO<sub>x</sub> and Ozone Concentrations in Seoul during the Solar Eclipse of 22 July 2009, *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50, 500-506.
- Mavrikakis, A., Theoharatos, G., Lykoudis, S., 2004, Ultraviolet radiation and surface ozone variations during the solar eclipse of 11 Aug. 1999, over Attica, Greece, *Proceeding of the XX Quadrennial Ozone Symposium, Vol. II, Session 6*, 1126-1127.
- Tzani, C., 2005, Ground-based observations of ozone at Athens, Greece during the solar eclipse of 1999, *Int. J. Remote Sens.*, 26, 3585-3596.
- Tzani, C., Varotsos, C., Viras, L., 2008, Impacts of the solar eclipse of 29 March 2006 on the surface ozone concentration, the solar ultraviolet radiation and the meteorological parameters at Athens, Greece, *Atmos. Chem. Phys.*, 8, 425-430.
- Vogel, B., Baldauf, M., Fiedler, F., 2001, The influence

- of a solar eclipse on temperature and wind in the Upper-Rhine Valley-A numerical case study, *Meteorol. Z.*, 10(3), 207-214.
- Winkler, P., Kaminski, U., Kohler, U., Riedl, J., Schroers, H., Anwender, D., 2001, Development of meteorological parameters and total ozone during the total solar eclipse of August 11, 1999, *Meteorol. Z.*, 10(3), 193-199.
- Zanis, P., Katragkou, E., Kanakidou, M., Psiloglou, B. E., Karathanasis, S., Vrekoussis, M., Gerasopoulos, E., Lysaridis, I., Markakis, K., Poupkou, A., Amiridis, V., Melas, D., Mihalopoulos, N., Zerefos, C., 2007, Effects on surface atmospheric photooxidants over Greece during the total solar eclipse event of 29 March 2006, *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 6061-6073.
- Zanis, P., Zerefos, C. S., Gilge, S., Melas, D., Balis, D., Ziomas, I., Gerasopoulos, E., Tzoumaka, P., Kaminski, U., Fricke, W., 2001, Comparison of measured and modeled surface ozone concentrations at two different sites in Europe during the solar eclipse on August 11, 1999, *Atmos. Environ.*, 35, 4663-4673.