

## 1999년 1월의 황사 발생시 부산지역의 부유분진 특성

전 병 일·박 재 림·박 중 길\*  
신라대학교 바이오환경공학부·인제대학교 환경시스템학부  
(2002년 8월 9일 접수; 2002년 10월 5일 채택)

### Characteristics of suspended particulate for Yellow sand of January, 1999 in Busan

Byung-Il Jeon, Jae-Rim Bahk and Jong-Kil Park\*  
Department of Environmental Engineering, Silla University, Busan 617-736, Korea  
\*School of Environmental Science and Engineering, Inje University, Gimhae 621-749, Korea  
(Manuscript received 9 August, 2002; accepted 5 October, 2002)

This study was performed to research the characteristics of suspended particulate for Yellow Sand of January, 1999 in Busan. Yellow Sand frequency during 13 years(1988~2000) in Busan showed maximum in April(57%), next to March(21%), May(16%). According to result of 850hPa weather map and backward isentropic trajectory, this event originated from the Gobi Desert and the Loess Plateau of China. And three mode was found in time series of TSP and PM10 concentration, primary peak showed the maximum hourly concentration at all station. Gamjeondong as industrial site showed the highest TSP concentration and also had the longest high concentration( $\geq 700\mu\text{g}/\text{m}^3$ ). In PM10, concentration of primary peak showed maximum value at Yeonsandong, maximum concentration of secondary and third peak was Deokcheondong. Lasted time from primary peak to secondary peak was about 30 hours, between secondary peak and third peak was 18 hours in Busan, The traveling time between occurrence of Yellow Sand the finding of it was 8-9 hours in Busan and 4-5 hours in central area.

Key words : Suspended particulate, Yellow sand, TSP and PM10 concentration, Backward isentropic trajectory

#### 1. 서 론

황사(yellow sand, Asian dust)는 주로 중국 북부의 황토지대에서 바람에 의하여 하늘 높이 불어 올라간 무수의 미세한 모래 먼지가 대기 중에 퍼져서 하늘을 덮었다가 서서히 강하하는 현상 또는 강하하는 모래 먼지를 말한다.<sup>1)</sup> 티베트고원 위쪽 고비사막에서 중국 화북지방에 걸치는 넓은 지역은 현열 흐름(flux)이 높아, 가열에 의한 열적 저기압이 발생하기 쉽고 상층에는 이런 키 큰 저기압의 상승으로 인한 기압골이 생성되기도 한다. 기압골의 좌측 부분은 cold advection vorticity(CAV)가 강하게 나타나 지표부근까지 하강기류가 생기게 된다. 또한 이

러한 기압골의 하층에는 하강기류의 수렴으로 인한 키가 작은 고기압의 생성이 용이하게 되며, 그 전면으로 전선을 동반한 저기압이 생성된다. 즉 열적 저기압으로 인한 중국내륙의 먼지와 모래가 포함된 공기괴가 상승기류를 타고 서서히 한반도로 접근해 오는데, 하층 저기압의 한랭전선이 한반도로 통과하면서 뒤 따라오는 고기압세력의 강한 북서풍과 하강기류에 의해 상층에 있던 공기괴가 우리나라에 유입되면서 황사가 발생한다.<sup>2~4)</sup>

우리나라에서 황사가 발생하기 위해서는 첫째, 발원지에서 먼지배출량이 많아야 하며, 둘째, 발원지로부터 황사가 이동해 올 수 있도록 강한 편서풍이 불어야 하며, 셋째, 상공에 부유중인 황사가 우리나라 지표면에 낙하하기 위해서 적절한 기상조건이 구비되어야 한다.<sup>5)</sup> 황사는 대기혼탁도 증대, 태양에너지의 감쇠, 강수빙정핵의 역할과 정밀기계의 손

Corresponding Author : Byung-Il Jeon, Department of Environmental Engineering, Silla University, Busan 617-736, Korea  
Phone : +82-51-309-5056  
E-mail : bijeon@silla.ac.kr

상, 호흡기질환, 안질환 등의 영향을 미칠 수 있다.<sup>6)</sup> 그러나 최근 황사에 의한 먼지가 태양복사에너지를 차단하여 지구온난화의 진행을 방해할 수도 있다.<sup>7)</sup>

대체로 황사는 봄철에 위와 같은 발생조건이 형성되기 때문에 우리나라의 경우 4월에 가장 높은 발생빈도를 나타낸다.<sup>8)</sup> 그러나 최근에 1월을 포함한 겨울철에도 종종 황사가 발생하여 우리나라에 피해를 주기도 한다.<sup>9,10)</sup> 1999년의 경우, 황사가 1월에 조기 발생한 원인으로 겨울 내내 중국 화북 이북 지역이 예년에 비해 3°C 이상 높은 고온을 유지하였고, 강수량이 적었던 것이 주원인으로 분석되었다.<sup>9)</sup> 이러한 1월의 황사발생 현상은 과거에도 국부적으로 일부지역에 한해서 5차례(1976년 1회, 1979년 2회, 1988년 1회, 1994년 1회)정도 관측된 바가 있었으나, 전국적인 현상은 아니었다. 특히 부산지역에서는 1월에 황사현상이 발생하기는 기상청 황사관측 이래 최초로, 1월 25일 오전 11시 40분경 서울을 비롯한 중부지방과 서해안 일대에서 황사가 관측된데 이어 오후 5시 10분경 부산, 마산, 포항, 통영 등 영남지역과 제주도를 포함한 전국으로 확산되었다.

따라서 본 연구에서는 부산지역에서 발생한 황사에 대한 일반적인 발생상황을 알아본 뒤, 관측사상 처음으로 1월에 발생한 1999년 1월 25일~28일의 황사 발생시 부산지역의 부유분진농도 특성을 고찰함으로써 황사가 부유분진농도에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

## 2. 자료 및 방법

1999년 1월 25일부터 28일 까지 환경부 산하 대기 오염자동측정소에서 측정한 TSP(Total Suspended Particulate)와 PM(Particulate Matter)10 농도자료를 사용하였으며, 이 기간의 기상상태를 알아보기 부산지방기상청의 일기상통계표(1999)와 일본기상청 발행 일기도(1999)를 이용하였으며, 황사의 발원지를 추적하기 위해 미국해양기상청(NOAA :National Oceanic Atmospheric Administration)에서 제공하는 backward isentropic trajectory를 사용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1. 부산지역의 황사발생 현황

Table 1은 부산지역에서 1988년부터 2000년까지 발생한 황사발생일의 월별, 연도별 분포를 나타낸 것이다. 1989년과 1992년에는 황사가 발생하지 않았으며, 1993년에 10일로 가장 많이 발생하였고, 2000년 9일로 두 번째였으며, 1988년, 1990년, 1998년이 7일로 그 다음이었다. 뚜렷하지는 않지만, 최근 발생빈도가 증가하는 경향이 있으며, 자료에는 없지만 발생빈도뿐만 아니라 황사발생시 나타나는 먼지의 강도 즉 부유분진농도가 급격히 상승하는 추세에 있다. 월별로 볼 때, 4월이 33일로 전체의 57%를 차지하여 가장 발생빈도가 높았으며, 3월이 12일(21%), 5월이 9일(16%) 순이었다. 본 연구의 초점인 1월의 발생일수는 1999년의 4일로서 관측사상 보기 드문 현상이었다. 그리고 6월부터 12월 까지 황사의 발생이 전혀 없었다.

### 3.2. 황사시의 지상기상상태

Fig. 1은 1999년 1월 25일부터 28일까지 황사가 발생하였던 시기의 지상일기도를 나타낸 것이다. 1월 25일 연해주지방에 중심(994hPa)을 둔 저기압의 한랭전선이 우리나라 중부지방을 통과하면서 강한 서풍(최대풍속:8.8m/s)이 불었으며, 1월 26일에는 이동성고기압이 우리나라 전역을 덮으면서 쾌청한(운량:0) 날씨를 나타내었고 북북서풍이 지속적으로 나타났다. 1월 27일에는 이동성고기압이 서쪽으로 빠져나가 일본에 위치해 있으며, 시베리아지역에서 강한 고기압이 서서히 발달하는 양상을 나타내고, 그에 따라 부산지방의 최대풍속이 10.3m/s를 기록하였다. 1월 28일에는 시베리아고기압이 우리나라로 확장하면서 부산지방의 최저기온이 1.1°C에 달하는 매우 추운 날씨를 나타내었다. 그럼에는 없지만 황사가 발생하기 전날인 1월 24일의 경우, 만주지방에 저기압중심이 있고 그에 따른 기압골이 서해상에 걸쳐 있으며, 부산지역은 고기압의 후면과 저기압의 전면에 위치함에 따라, 이날 1.6mm의 적은 강수량

Table 1. Number of yellow sand days in Busan for 13 years(1988~2000)

Year Mon.	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	Total
1												4		4
2														0
3			1					2		1	3		5	12
4	7		6			8	1	3			4		4	33
5				5		2			2					9
Total	7		7	5		10	1	5	2	1	7	4	9	58

1999년 1월의 황사 발생시 부산지역의 부유분진 특성

을 나타내었다. 1월 23일에도 우리나라 남쪽을 통과하는 또 다른 저기압의 영향으로 27.7mm의 많은 강우량을 기록하기도 하였다. 따라서 황사기간 중의 지상일기도를 보면, 한랭전선의 후면에서 강한 서풍 계열에 의해 황사물질이 우리나라로 이송할 수 있

는 최적의 기압패턴이라고 할 수 있다.

3.3. 황사시의 종관기상상태

Fig. 2는 우리나라에 황사가 발생한 1999년 1월 25일의 850hPa 일기도를 나타낸 것이다. 850hPa 일기도를 보면 중국과 우리나라부근에서 등고선이 북서에서 남동으로 가파르게 형성되어 있다. 이는 중국에서 우리나라로 강한 대륙성 공기가 유입하고 있다는 것을 의미한다. 또한 만주로부터 동해상으로 형성된 강한 기압골은 지상의 한랭전선을 동반하게 되며, 이 한랭전선 후면의 큰 기압경도에 의한 강한 바람이 중국의 황사를 한반도로 유입하게 만들었다고 할 수 있다. 또한 황사발원지의 1.5km상공(850 hPa 등압면)에서는 등압선과 등온선이 서로 교차하여 경압불안정을 야기하고 있다. 이것은 황사발원지에서 황사가 공중으로 부유할 수 있는 좋은 조건을 제공하고 있는 것으로 볼 수 있다.<sup>9,10)</sup>

한편 미국해양기상청의 기후예보센터가 분석한 동아시아의 기온 아노말리와 강수량을 보면, 1999년 1월 24일부터 30일까지의 황사발원지 부근(몽골과 중국의 접경지역)에서 지표기온이 평균보다 5°C 이상 높은 것으로 보아 고온 조건을 유지하였음을 알 수 있다. 이와 같은 고온현상은 중국의 동부와 한반

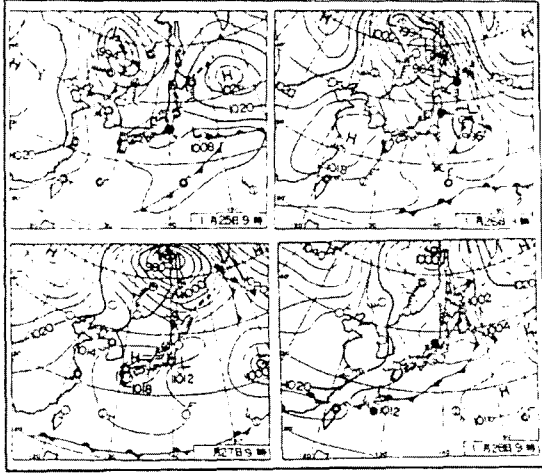


Fig. 1. Surface weather maps at 00UTC January 24 ~28, 1999.

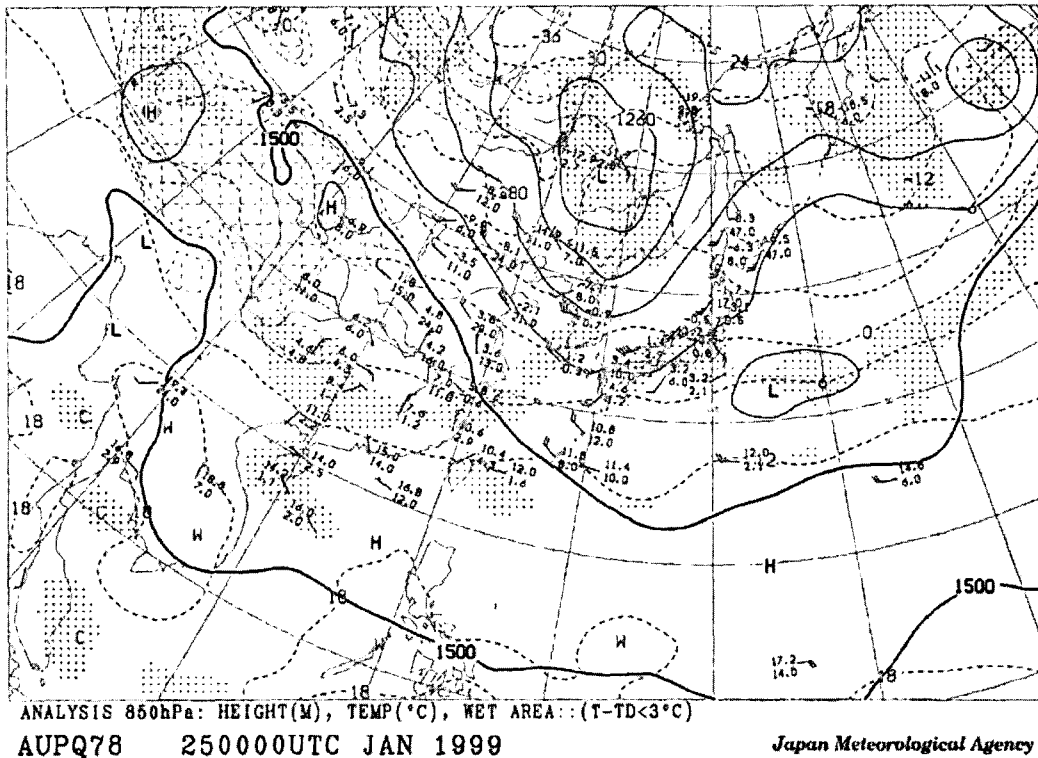


Fig. 2. 850hPa weather map at 00UTC January 25, 1999.

도의 대부분에서 나타났으며, 또한 강수량은 황사발원지에서 1mm미만으로 건조하였으므로 겨울철이지만 황사가 배출될 수 있는 조건으로 사료된다.<sup>9)</sup>

3.4. 후방 등온위면 유적선 분석

Fig. 3은 1월 25일부터 28일까지 부산을 비롯한 전국을 뒤덮은 황사의 발원지를 추적하기 위해서 부산을 착지점으로 하는 후진 등온위면 유적선을 미국의 NOAA에서 제공하는 HYSPLIT\_4(Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory)를 사용하여 계산한 것이다. 이 모델은 복잡한 확산과 침적의 수치모의에 대해 궤적을 계산하는데 전진, 후방궤방 분석이 가능하며, 등온위면, 등압면 등 여러 등고도면에서 분석을 수행할 수 있다. 모델의 입력자료는 GDAS(Global Data Assimilation System)의 위·경도 1°간격의 자료를 북반구에 대해 129×129 격자간격으로 변환한 FNL 자료가 사용되었다.

한반도의 북서쪽에서 기류가 유입되고 있음을 모든 고도(1000m, 1500m, 3000m)에서 알 수 있으며, 특히 1월 23일의 공기괴는 중국 황하 상류지역의 텐켈 사막과 몽골 고원지대를 통과하면서 많은 먼지를 한반도로 유입시켰다고 볼 수 있다. 따라서 유적선 분석으로부터 1월 25일~28일의 황사는 황사발원지로부터 기류의 유입이 있었다는 것을 명확히

알 수 있다.

3.5. 부산지역의 부유분진농도 특성

1999년 1월 황사시 부산지역의 환경부 산하 대기오염자동측정소는 9개 지점(광복동, 범천동, 연산동, 대연동, 감전동, 덕천동, 재송동, 신평동, 동삼동)이었으며, 이중 동삼동은 실측 자료의 수가 전체 자료 집단의 3분의 2이상이나 70% 이상이 되지 않아<sup>11,12)</sup> 본 연구에서는 제외하였다. 또한 이 당시 TSP는 광복동, 대연동, 감전동, 신평동에서 측정되었고, 10 $\mu$ m 이하의 미세분진인 PM10은 범천동, 연산동, 덕천동, 재송동에서 측정되었다. TSP의 환경기준은 24시간 평균 300 $\mu$ g/m<sup>3</sup>이고, PM10은 24시간 평균 150 $\mu$ g/m<sup>3</sup>이다. 그러나 최근 우리나라 전 대기오염자동측정소에는 호흡기에 직접 영향을 미치는 PM10의 중요성이 강조됨에 따라 TSP는 측정하지 않고 PM10만을 측정하고 있다.

Fig. 4는 1999년 1월 25~28일의 부산지역의 광복동, 대연동, 감전동, 신평동의 TSP농도를 나타낸 것이다. 황사가 도달하기 전인 25일 17시 이전에는 감전동을 제외(307 $\mu$ g/m<sup>3</sup>)한 세 곳의 TSP농도는 200 $\mu$ g/m<sup>3</sup> 이하를 나타내었으며, 오전의 교통량이 많은 rush-hour와 혼합고의 증가에 따라 10시를 전후하여 peak를 나타내는 전형적인 일변화 양상을 나타내고 있으나, 갑자기 16시를 전후하여 TSP 농도의 급격한 증가를 나타내면서 18시에는 감전동 437 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 대연동 309 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 280 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 광복동 138 $\mu$ g/m<sup>3</sup>을 나타내었다. 그리고 계속해서 황사가 강화되면서 TSP 농도는 증가하여 다음날 1월 26일 새벽에 가장 높은 농도를 나타내었다. 감전동의 경우, 그림에서 보듯이 26일 1시부터 4시까지의 자료가 빠져 있는데, 이는 분진측정기의 측정한계를 벗어나는 농도가 나타남에 따라 정상적인 농도가 기록되지 않았음을 나타내고 있다. 광복동은 26일 새벽 2시에 867 $\mu$ g/m<sup>3</sup>을 나타내었으며, 대연동은 새벽 3시에 841 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 신평동은 새벽 2시에 645 $\mu$ g/m<sup>3</sup>를 각각 나타내었다. 시간이 지남에 따라 황사의 강도는 약해져 오후 2시경에는 100 $\mu$ g/m<sup>3</sup> 정도의 낮은 농도를 나타내었다. 이는 오후의 강한 일사에 의한 대류 혼합과 종관적인 기류의 변화에 의해 일시적으로 농도가 약해진 것으로 보인다. 그러나 황사는 오후와 야간에 걸쳐 강화되면서 200 $\mu$ g/m<sup>3</sup> 이상의 농도를 계속 유지하다가 27일 오전 10시경 감전동에서 532 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 11시 대연동에서 505 $\mu$ g/m<sup>3</sup>이 나타나, 황사의 영향이 아직 남아있음을 알 수 있다. 1월 28일 새벽 4시에 감전동이 385 $\mu$ g/m<sup>3</sup>, 새벽 5시에 신평동이 335 $\mu$ g/m<sup>3</sup>을 나타내면서 TSP의 농도는 점차 약화되었고 황사의 영향은 부산지방을 벗어났다. 감전동의 경우

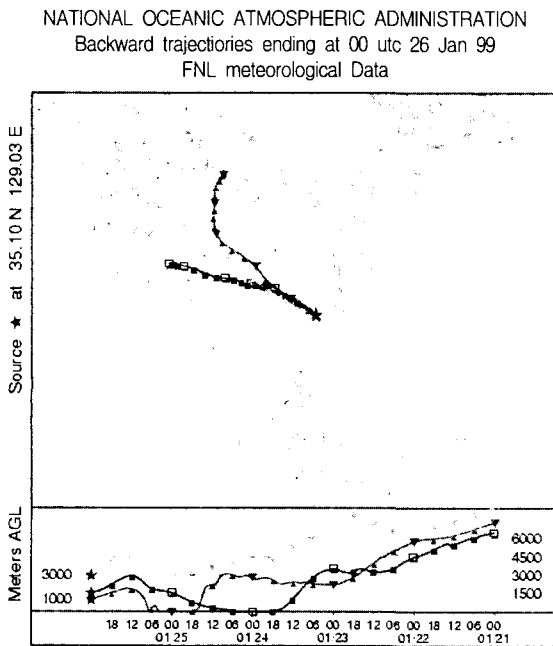


Fig. 3. Backward isentropic trajectory of the arrived at Busan using HYSPLIT-4 at 00UTC January 26, 1999.

다른 세 측정소보다 상대적으로 높은 농도를 나타낸 것으로 나타났는데, 본래 이 지역이 공단지역으로 분진을 가지고 있는 상태에서 황사의 영향으로 농도가 증가되었다고 볼 수 있으며,  $500\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상의 농도가 다른 지역과는 다르게 26일 오전 11시까지 4시간 정도 더 지속되어 나타난 것이 특징이라고 할 수 있다. 27일에도 일중 peak가 다른 지역보다 1시간 먼저 발생하였고 고농도의 값도 2시간 더 지속되어 나타났다. 이것으로 보아 공단지역의 자체의 먼지와 황사의 먼지가 합쳐져, 농도의 상승과 지속 시간에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Fig. 5는 1999년 1월 25~28일의 부산지역의 범천동, 연산동, 덕천동, 재송동의  $\text{TM}_{10}$  농도를 나타낸 것이다.  $\text{PM}_{10}$ 은  $10\mu\text{m}$ 이하의 미세먼지로서 사람의 호흡기에 직접 영향을 미친다는 점에서 매우 중요하다고 할 수 있다. 2002년 3월 21~23일과 4월 8일의 사상 유래 없는 황사가 발생해 건국 이래 초등학교가 휴교하는 등 사회, 경제적인 피해가 커지면서 황사예보제의 도입을 적극적으로 검토하여 기상청에서 황사특보 기준을 만들어 황사가 발생할 때  $\text{PM}_{10}$ 농도의 1시간 평균이  $300\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상이 2시간 지속될 것으로 예상하면 황사정보,  $500\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상이 2시간 지속될 것으로 예상하면 황사주의보,  $1000\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상이 2시간 지속될 것으로 예상하면 황사경보를 발령하기로 하였다. 따라서 본 연구에서  $\text{PM}_{10}$  농도를 살펴본다는 것은 과거의 황사를 통해 황사의 강도를 고찰해본다는 의미에서 매우 유익하다고 볼 수 있다.

Fig. 5에서 보면 TSP의 변화와 매우 비슷한 양상을 볼 수 있다. TSP에서  $10\mu\text{m}$ 이하의 먼지만을 측정하여  $\text{PM}_{10}$ 농도를 측정하기 때문에 지역마다의 분율이 다르겠지만 변화패턴은 비슷할 것으로 판단된다.

$500\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상이 2시간 지속된 곳은 연산동과 덕천동, 재송동으로 26일 새벽 2시경에 황사주의보에 해당하는 농도를 기록하였다.  $300\mu\text{g}/\text{m}^3$  이상이 2시간 지속된 곳은 범천동, 연산동, 덕천동, 재송동 등 모든 지역에서 25일 저녁 10시부터 26일 오전 8시까지 11시간 동안 계속되었고, 특히 덕천동은 타 지역보다 3시간 더 연장되어 나타났다. 또한 1월 27일 11시와 12시에도  $345\mu\text{g}/\text{m}^3$ 와  $313\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 나타내었으며, 1월 28일 새벽 4시에도  $335\mu\text{g}/\text{m}^3$ 을 나타내는 등 타 지역에 비해 높은 농도를 나타내었다.  $\text{PM}_{10}$ 은 자동차 등에 의해 많은 영향을 받는 것으로써, 덕천동 측정소 인근의 남해고속도로와 이면도로의 교통량 증가에 의한 영향인지는 좀 더 조사가 이루어져야 할 부분이다.

Fig. 4와 5에서 1월 25일부터 28일까지 TSP와  $\text{PM}_{10}$ 의 농도분포를 시간에 따라 보면 크게 3개의 peak를 볼 수 있다. 첫 번째의 peak는 16일 0200~0300LST에 두 번째의 peak는 17일 1000~1100LST에 세 번째의 peak는 28일 0400LST에 나타났다. 첫 번째의 peak에서 두 번째의 peak가 나타나기까지 걸린 시간은 30시간 정도이며, 두 번째의 peak에서 세 번째 peak의 시간은 18시간 정도 이었다. 같은 기간에 우리나라에 영향을 미친 황사라도 지역에 따라 peak의 개수와 그 사이의 시간이 달라질 수 있다. Kim and Park<sup>10)</sup>에 의하면 중부지방의 경우 두개의 peak가 나타났으며, 걸린 시간도 강화의 경우 32시간, 울릉도 34시간으로 나타나 지역마다 다른 값을 나타내었다. 이는 황사를 가진 공기괴가 우리나라를 통과할 때 남북방향의 파동을 형성하면서 동쪽으로 빠져나가기 때문인 것으로 판단된다.

Table 2는 1999년 1월 25~28일의 황사시 첫 번째 peak가 일어났을 때 TSP농도와 상태를 부산지

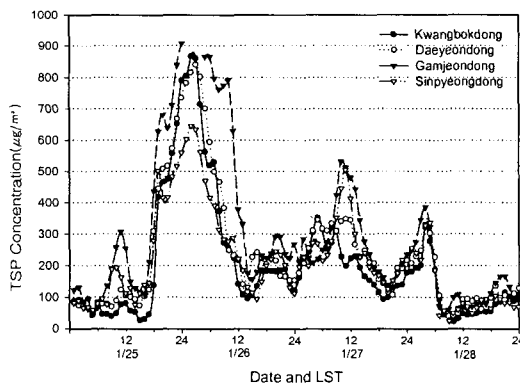


Fig. 4. Variation of TSP concentration in Busan (Kwangbokdong, Daeyeondong, Gamjeondong, Sinpyeongdong) at January 25~28, 1999.

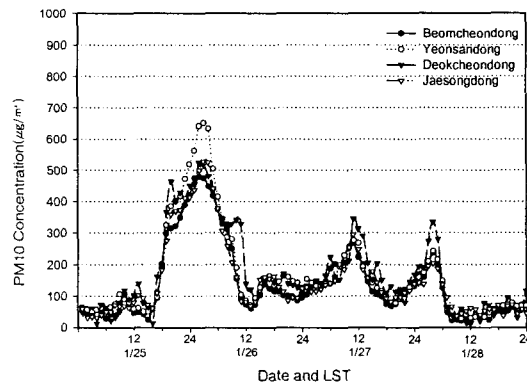


Fig. 5. Variation of  $\text{PM}_{10}$  concentration in Busan (Beomcheondong, Yeonsandong, Deokcheondong, Jaesongdong) at January 25~28, 1999.

역과 중부지방을 비교<sup>10)</sup>하여 나타낸 것이다. 부산지역의 최고농도는 867 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (광복동), 841 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (대연동), 645( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )이며, 감전동은 앞에서 기술하였듯이 최고농도발생시각에 측정자료가 없다. 서울을 비롯한 중부지역은 부산지역과 비슷한 농도를 나타내었다. 연속으로 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상의 농도를 나타낸 시간을 보면 광복동이 16시간, 대연동이 18시간, 신평동이 19시간인데 비해 감전동은 무려 50시간을 나타내었다. 이는 앞에서도 기술하였듯이 황사의 영향과 지역자체에서 배출되는 먼지가 합쳐져 높은 농도를 나타내는 것으로 판단되며, 중부지방은 12시간 이내의 비교적 작은 시간을 기록하였다. 최고농도가 발생한 시각을 보면 광복동과 신평동이 1월 26일 02시, 대연동이 26일 03시로 1시간 늦게 나타났다. 이는 지역적으로 대연동이 앞의 두 지점보다 동쪽에 위치하였기 때문인 보이며, 강화도와 서울은 부산보다 12시간 정도 앞서 발생하였으며, 울릉도는 부산보다 5시간정도 앞서 발생하였다. 또한 황사가 발견되고 부터 최고농도가 나타나기까지 걸리는 시간을 보면 부산지역은 8~9시간이 걸리는 반면, 중부지방은 4~5시간으로 부산보다 짧은 시간에 최고농도를 기록하였다.

Table 2. Concentration and state of primary peak TSP in Pusan during January 25~28, 1999

Element Site	Max. hourly concentration ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Duration(LST) (TSP>150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Max. Con. occurrence time(LST)	Taked time from onset of Yellow Sand to primary peak(hours)
Kwangbokdong	867	1. 25. 1900 ~ 1. 26. 1100 (16hours)	1. 26. 0200	8
Daeyeondong	841	1. 25. 1800 ~ 1. 26. 1200(18hours)	1. 26. 0300	9
Ganjeondong	-	1. 25. 1700 ~ 1. 27. 1900(50hours)	-	-
Sinpyeongdong	645	1. 25. 1800 ~ 1. 26. 1300(19hours)	1. 26. 0200	9
Kangwha*	826	1. 25. 0900 ~ 2100(12hours)	1. 25. 1500	4
Seoul*	908	1. 25. 1100 ~ 2000(9hours)	1. 25. 1500	4
Wonju*	730	1. 25. 1300 ~ 2300(10hours)	1. 25. 1700	4
Ulleng*	888	1. 25. 1600 ~ 1. 26. 0300(11hours)	1. 25. 2100	5

\* From Kim과 Park<sup>10)</sup>

#### 4. 결 론

1999년 1월 25~28일의 황사발생시 부산지역의 부유분진의 특성을 고찰한 바에 의하면 다음과 결

론을 얻었다.

- 1) 1988년부터 2000년까지(13년간) 부산지역의 황사발생은 4월이 33일(57%)로 가장 많았으며, 다음이 3월에 12일(21%), 5월에 9일(16%) 순이었고 1월의 발생은 1999년이 처음이었다.
- 2) 후방 등온위면 유적선의 분석 결과 1999년 1월의 황사는 중국 황하 텐켈 사막과 고원지대로부터 발원된 황사가 한반도로 유입되었다고 할 수 있다.
- 3) 부산지역 대기오염자동측정소의 TSP와 PM10 농도 분석결과 1월 황사기간 중 3개의 peak가 있었고 첫 번째의 peak일 때 가장 높은 농도를 나타내었다.
- 4) TSP의 경우 공업지역인 감전동이 가장 높은 농도를 나타내었고, 700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상의 고농도를 나타낸 시간도 가장 길었다.
- 5) PM10의 경우 첫 번째의 peak는 연산동이 가장 높았으며, 두 번째, 세 번째의 peak는 덕천동이 가장 높았다.
- 6) 부산지역의 경우 첫 번째 peak에서 두 번째 peak 사이에 걸린 시간은 30시간, 두 번째 peak에서 세 번째 peak사이에 걸린 시간은 18시간 정도였다.
- 7) 연속으로 TSP의 농도가 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이상이 나타난 시간은 광복동이 16시간, 대연동이 18시간, 감전동이 50시간, 신평동이 19시간으로 서울(불광동)의 9시간, 강화도(석모리)의 12시간보다 길었다. 특히 감전동의 경우 지역 자체의 먼지와 합쳐져 연속으로 50시간 고농도를 기록하였다.
- 8) 황사발견부터 최고농도가 나타나기까지 걸리는 시간은 중부지방이 4~5시간, 부산지역이 8~9시간으로 두 배정도 길었다.

#### 참 고 문 헌

- 1) 김광식 외 15명, 1992, 기상학사전, 601pp.
- 2) 정관영, 박순웅, 1998, 황사의 크기 및 침착량에 대한 수치모의, 한국대기보전학회지, 14(3), 191-208.
- 3) 전종갑, 예상욱, 권민호, 정용승, 1999, 황사의 장거리 수송과 관련된 대기순환유형의 분류, 한국기상학회지, 35(4), 575-586.
- 4) 정용승, 김학성, 박기현, 전종갑, 첸 수젠, 2000, 1997~2000년에 관측된 황사의 농도와 부하량 및 시정: 위성과 기상분석, 한국기상학회지, 36(5), 583-600.
- 5) 전종갑, 예상욱, 곽용문, 정용승, 2000, 한반도에

1999년 1월의 황사 발생시 부산지역의 부유분진 특성

- 서 관측된 1998년 4월 황사의 특성 및 장거리 수송 패턴, 한국기상학회지, 36(3), 405-416.
- 6) Monn, Ch., V. Carabias, M. JUnker, R. Waeber, M. Karrer, and H. U. Wanner, 1997, Small-scale spatial variability of particulate matter <math><10\mu\text{m}</math>(PM10) and nitrogen dioxide, Atmos. Environ., 31(15), 2243-2247.
- 7) Tenbrink, H. M., C. Kruisz, G. P. A. Kos, and A. Berner, 1997, Composition/size of the light-scattering aerosol in the Netherlands, Atmos. Environ., 31(23), 3955-3962.
- 8) 윤용황, 1990, 한반도에 수송되는 황사의 특징에 관한 연구, 한국기상학회지, 26(2), 111-120.
- 9) 전영신, 김지영, 부경은, 김남옥, 2000, 겨울철 황사 현상의 특징, 한국대기환경학회지, 16(5), 487-497.
- 10) Kim, Byung-Gon and Soon-Ung Park, 2001, Transport and evolution of a winter-time Yellow sand observed in Korea, Atmos. Environ., 35, 3191-3201.
- 11) 전병일, 김유근, 이화운, 1994, 해풍이 부산지역의 대기오염농도에 미치는 영향, 한국환경과학회지, 3(4), 357-365.
- 12) 전병일, 김유근, 이화운, 1995, 부산지역의 오존농도특성과 기상인자에 관한 연구, 한국환경과학회지, 11(1), 45-56.