

## 대기 부유분진 중 다환방향족탄화수소(PAHs)의 농도 수준 및 특성

옥 곤 · 문효방 · 지성희 · 한영호  
부경대학교 지구환경과학부

### Concentration Levels and Characteristics of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons(PAHs) in Atmospheric Suspended Particulate Matters

Gon Ok, Hyo-Bang Moon, Sung-Hee Ji and Young-Ho Han

Faculty of Earth Environmental Sciences, Pukyong National University  
Nam-gu Daeyeon3-dong 599-1, Pusan 608-737, Korea

This study was carried out to observe the concentration levels and characteristics for polycyclic aromatic hydrocarbons(PAHs) in atmospheric suspended particulate matters using TSP and PM<sub>10</sub> high volume sampler. Sampling site was Pukyong National University(PKNU) located at Daeyeon-dong of Pusan, Haeundae and Industrial area to assemble chemical factories during the period of February to November, 1998. As a result, mean concentration of TSP had 81.95~133.92  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  and 42.29~81.42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  for PM<sub>10</sub>. Mean concentration of total 16 PAHs was 2.24  $\text{ng}/\text{m}^3$  and 1.43  $\text{ng}/\text{m}^3$  in PKNU site, 1.18  $\text{ng}/\text{m}^3$  and 0.54  $\text{ng}/\text{m}^3$  in Haeundae site, and 4.06  $\text{ng}/\text{m}^3$  and 2.89  $\text{ng}/\text{m}^3$  in Industrial area site for TSP and PM<sub>10</sub> respectively. It means that PAHs concentration was caused by sources. Especially the case of benzo(a)pyrene concentration for each site certainly represented local concentration patterns contributed by sources. The profile of PAHs in TSP and PM<sub>10</sub> was appeared in concentration order of BbF, Chr and BkF for PKNU site, BghiP, InP, BbF for Industrial area site. Correlation coefficient for each PAH was generally high in compounds having same ring group and correlation coefficients in PM<sub>10</sub> was higher than in TSP.

**Key Words** : PAHs, suspended particulate matters, TSP, PM<sub>10</sub>, Benzo(a)pyrene, correlation coefficient

### 1. 서 론

산업과 교통수단의 발달에 의한 경제활동의 활성화는 많은 오염문제를 야기하게 되었으며, 특히 대도시를 중심으로 한 차량과 경제활동에 필요한 에너지 소비의 증대로 대기오염의 심각성은 더욱 커지고 있다. 최근 환경 중에 존재하는 다이옥신을 비롯한 내분비교란물질 즉 환경 호르몬성 관련물질의 오염형태는 극미량화와 강독성화의 양상으로 변천되어 가고 있는 추세에 있어 이들 물질에 대한 농도 수준, 발생 빈도, 환경적 경로 등에 대한 관심이 증대되어 가고 있다. 이러한 대기 오염물질

중 특히 발암성, 변이원성으로 잘 알려진 Benzo(a)pyrene 을 비롯한 다환방향족탄화수소(Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, 이하 PAHs)는 화석연료 등의 불완전연소 과정에 의해 생성되며 그 발생원은 우리의 생활 환경 중에 널리 분포되어 있다.<sup>1,2</sup> 특히 배출원에서 발생한 PAHs 중 분자량이 큰 성분들은 대기 중에 휘발하지 않고, 지표로 침착하거나 대기 중 부유분진과 흡착하여 인체로 유입할 가능성이 큰 것으로 보고되고 있다.<sup>3</sup> 또한 이러한 화합물은 대기 중에서는 가스상 혹은 입자상의 형태로 극미량으로 존재하고 있으며 환경중에서 광범위하게 분포하여 지속적인 인체 축적성의 특성을 가지고 있

으며 소멸이나 배설과정이 미미함으로 인해 인체 위해도의 측면에서 이들에 대한 대기 중 농도에 대한 연구가 지속되고 있다.<sup>4,6</sup> 그러나 환경시료는 복잡·다양한 화학종을 포함하고 있음으로 인하여 목적 성분을 분리하기 위해 필요한 전처리 방법의 신뢰도가 요구되고 있으며 또한 이들 물질의 농도 수준에 대한 자료 또한 미비한 실정일 뿐만 아니라, 지금까지의 환경 중에서의 Benzo(a)pyrene을 비롯한 PAHs에 대한 연구가 주로 시료채취 방법, 정제 과정을 비롯한 HPLC등에 의한 분석 기술 등에 의한 연구 보고<sup>7-9</sup>가 이루어져 왔다. 그러나 본 연구에서는 대기 부유분진 중 PAHs에 대한 전처리 기술과 HRGC/HRMS를 이용한 분석 방법 및 이들 물질의 농도 수준과 환경 대기 중 특성 파악과 화합물들 간의 상관성 비교·검토를 비롯한 환경호르몬성 Benzo(a)pyrene 종의 대기 중 기초 자료 확보면에서 실시된 연구 결과를 보고하고자 한다.

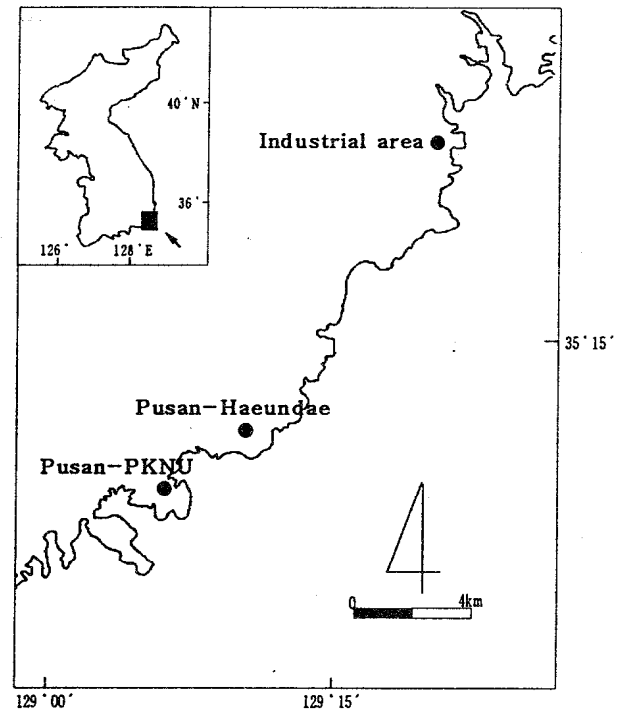
## 2. 실험방법

### 2.1. 측정지점 및 기간

본 연구는 대기 부유분진 중 PAHs의 농도 수준과 특성을 파악하고 이들 물질의 대기중에서의 환경적 양상과 물질들 상호간의 상관성을 파악하기 위한 기초 연구로서 실시되었다. 본 연구의 조사 기간은 1998년 2월에서 11월까지 8개월간이며, 조사지역은 부산 지역 중 고정 배출원의 영향과 도심 대기의 대표적 오염형태인 자동차에 의한 즉 이동 배출원에 의한 영향이 고려되는<sup>10</sup> 부경대학교(PKNU) 관측 노장 옥상과, 주거지역과 이동 배출원의 영향이 있는 해운대 신시가지 지역(Haeundae)과, 비교 지역으로서 고정 배출원의 영향이 있는 화학 공장이 밀집된 공단 중심부 지역(Industrial area)을 선정하였다. 본 연구의 측정 지점과 기간은 Table 1에 나타내었고, 측정 위치는 Fig. 1에 나타내었다.

**Table 1.** Sampling sites and periods measured in this study.

Sampling sites	Sampling periods	Sources
PKNU	17 ~ 21 February	Stationary · Mobile
	8 ~ 14 May	
	10 ~ 13 September	
	20 ~ 24 October	
Haeundae	23 ~ 27 April	Residential · Mobile
	22 ~ 29 June	
	7 ~ 11 October	
Industrial area	15 ~ 18 June	Industrial
	14 ~ 19 September	



**Fig. 1.** Map showing sampling locations in this study.

### 2.2. 시료채취 방법

대기 중 부유 분진을 채취하기 위하여 Glass Fiber Filters(이하 GFFs, 8×10 inch, Gelman Sciences)가 장착된 TSP(Kimoto 120F, Kimoto Electric Co., Ltd.), PM<sub>10</sub>(Model 600, Thermo Environmental Instruments Inc.) High Volume Sampler를 실시간으로 24 시간 연속 측정하였으며, 측정 유량은 1200~1500 m<sup>3</sup> 이었다. GFFs는 시료 채취 전 방해

물질 성분을 제거하기 위하여 Acetone과 Methanol로 초음파 추출기를 이용하여 세정한 후 실온에서 건조하여 사용하였다. 채취된 GFFs는 회수하여 밀봉 후 데시케이터에서 보관 후 무게를 측정하였으며, 부유분진의 농도는 여과지의 전후 무게 차로 산정하였다.

2.3. 추출

채취된 GFFs는 가로, 세로 각각 0.5 cm의 크기로 잘게 잘라 Toluene:Acetone(9:1) 150 ml로 4 시간 동안 환류 추출(Reflux extraction)하였다. 추출물은 필터링을 거쳐서 Rotary evaporator(EYELA社)로 약 10 ml로 농축한 후 n-Nonane 500 µl를 주입한 후 n-Hexane으로 용매전환 하여 사용하였다.

2.4. 분석방법 및 조건

용매전환 된 시료는 10 ml 표선한 후 600°C에서 2 시간 활성화된 실리카겔(중성, 70~230mesh, Art No. 7734, Merck社) 정제 칼럼에 10% CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>/n-Hexane 50 ml로 통과시킨 후 회전 증발기로 농축한 후 질소(N<sub>2</sub>)가스로 purge하여 최종 100 µl~1 ml 표선하여 HRGC/HRMS-SIM(Selected Ion Monitoring, 이하 SIM)으로 분석하였다. 정제 칼럼의 효율을 검정하기 위해 16종 PAH 표준물을 3 회 칼럼에 주입하여 통과시킨 회수율의 평균값의 범위를 검토하였으며, 그 결과 회수율은 81.7~100.9% 정도로 양호하게 나타났다. PAHs의 분석 조건은 Table 2에 나타내었다.

Table 2. Analytical Condition of HRGC/HRMS for PAHs.

Items	Condition
GC/MS	HP6890GC/JMS700MS
Column	HP-5 (30m×0.32mm×0.25µm)
Oven	80°C(1min) → 5°C/min → 280°C(20min)
Carrier Gas	Helium, 1.5ml/min
Injection Mode	Splitless
Ionization Mode	EI+
Ionization Energy	70eV
Injector	280°C
Ion Source	280°C
Resolution	10,000

3. 결과 및 고찰

3.1. 분진 농도

98년 2월부터 11월까지 TSP와 PM<sub>10</sub>을 이용하여 관측한 부유 분진농도를 Table 3에 나타내었다. Table 3에서 나타난 것처럼 고정 발생원의 영향이 예상되는 Industrial area와 PKNU 관측지점 그리고 Haeundae 관측지점의 순으로 농도가 높게 나타나 대기 중 부유분진은 발생원에 기여하는 농도 양상을 가짐을 알 수 있다. Fig. 2에서 보면 Industrial area를 제외한 다른 관측지점에 대해서는 대부분 24 시간 대기환경 기준치인 TSP에 대해 150 µg/m<sup>3</sup>, PM<sub>10</sub>에 대해 80 µg/m<sup>3</sup>에 미치지 못하는 것으로 나타나 부유분진에 의한 도시 대기의 오염도는 다소 낮은 것으로 나타났다. 또한 TSP와 PM<sub>10</sub>의 대기 중 존재비는 Fig. 3에서 나타난 이들의 상관관계에서 알 수 있듯이 일정한 수준으로 증감의 양상을 나타내고 있는 것으로부터 이들이 동일한 배출원의 기여에 의한 것임을 알 수 있다.

Table 3. TSP and PM<sub>10</sub> concentration for each site.

Site	Item	Concentration(µg/m <sup>3</sup> )			
		Range	Median	Mean	S.D.
PKNU	TSP	56.09 ~ 205	93.8	102.17	45.7
	PM <sub>10</sub>	27.04 ~ 98.7	45.67	54.44	26.14
Haeundae	TSP	49.72 ~ 129.39	81.285	81.95	22.96
	PM <sub>10</sub>	26.2 ~ 74.7	46.1	49.29	16.73
Industrial area	TSP	62.17 ~ 298.36	106.6	133.92	72.65
	PM <sub>10</sub>	41.74 ~ 176.21	56.6	81.42	47.33

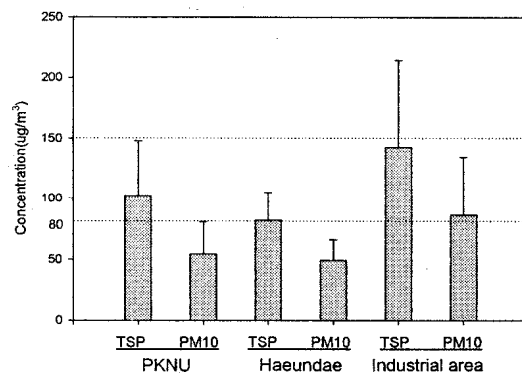


Fig. 2. TSP, PM<sub>10</sub> concentration and standard deviation for each site.

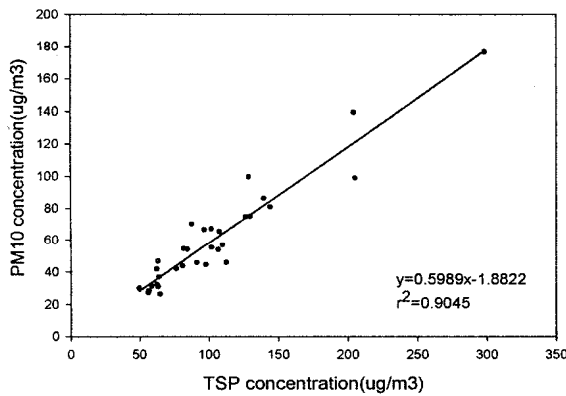


Fig. 3. Correlation for TSP and PM<sub>10</sub> concentration.

### 3.2. 각 지점별 PAHs 농도

각 지점에서 관측된 TSP와 PM<sub>10</sub>에서의 PAHs의 평균 농도를 Table 4에 나타내었다. Table 4에서 알 수 있듯이 PAHs 농도도 부유분진 농도와 마찬가지로 Industrial area, 부경대 관측지점(PKNU) 그리고 해운대 신시가지 관측지점(Haeundae)의 순으로 높은 농도를 나타내었으며 연소과정에 의해 인위적으로 발생하는 PAHs의 환경 중 지역 특성의 양상을 보여주고 있다. 특히 TSP 중 PAHs 농도보다는 PM<sub>10</sub> 중 이들 농도가 지역에 따라 더욱 확연한 차이를 보여주는 결과를 나타내고 있었다. 이러한 결과를 근거하여 고찰해보면 배출원으로부터 발생하는 PAHs는 미세입자에 더욱 높은 흡착성을 나타내는 것으로 판단되며, 이는 부유분진 중 인체로의 유입 기여도가 높은 미세입자와 더불어 PAHs에 대한 체내 폭로수준이 높아질 가능성이 큰 것으로 판단된다. 또한 Fig. 4에서 나타난 것처럼 이러한 지역별 농도 수준 차이는 발생원에 의한 것으로 사료되며 특히 도시 대기에서의 발생원보다는 화학 공장이 밀집해 있는 공단 지역에서의 배출원으로부터 PAHs 농도의 기여가 더욱 큰 것을 알 수 있다. 최근 내분비성 교란물질 즉 환경호르몬성 물질로 간주되어 있는 Benzo(a)pyrene에 대해 비교·검토하면, Fig. 5에서 알 수 있듯이 관측지점에 따른 PAHs 총농도 수준차이 보다는

Benzo(a)pyrene 단일종의 관측지점별 농도 수준에 따른 발생원 기여는 더욱 높아지는 양상을 보여주고 있다. 또한 Fig. 6에서 나타난 것처럼 대기 중 PAHs는 TSP와 PM<sub>10</sub> 내에서 일정비로 존재하고 있으며 또한 이들의 상관성을 통해서 알 수 있듯이 이들 물질이 동일 배출원에 의한 것임을 알 수 있다. 위에서도 언급한 것처럼 대기 중 부유분진이 인체에 더욱 큰 영향을 미치는 것은 조대입자보다는 미세입자에 의한 영향이 더욱 큰 것으로 이전의 연구에서 보고하고 있다.<sup>11,12</sup> 본 연구에서 관측된 PAHs의 농도를 부피에 대한 농도와 분진 중량에 대한 농도로 나누어 Fig. 7과 8에서 나타내었으며, 그림에서 알 수 있듯이 부피에 대한 농도는 진 관측지점에서 TSP 중 PAHs 농도가 PM<sub>10</sub>보다 높게 나타났으나, 분진 중량에 대한 농도는 주택 지역으로서 이동 발생원의 영향이 다소 큰 해운대 신시가지 지점(Haeundae)에서는 TSP 중 PAHs 농도가 PM<sub>10</sub>에서의 중량 농도보다 높게 나타났으며, 고정 배출원과 이동 배출원의 영향이 예상되는 부경대 관측지점(PKNU)과 공단 지역에 위치한 Industrial area에서는 TSP 중 농도와 PM<sub>10</sub> 중 농도가 비슷하거나 PM<sub>10</sub>이 다소 높게 나타났다.

따라서, PAHs 물질들의 환경 중 거동은 미세분진과 더욱 높은 흡착성을 가지고 있어, 이들 물질이 환경 중으로 배출되어 미세분진량 농도 수준의 증가는 미세분진 내 PAHs의 함유량 증가를 초래함으로써 호흡기 등을 통한 인체 유입으로 인한 인체 위해도 증가를 초래할 가능성이 높아질 것으로 판단된다.

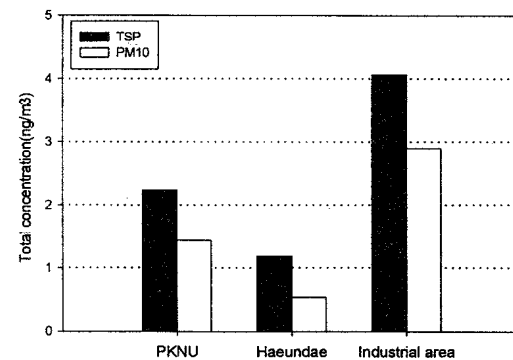



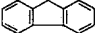












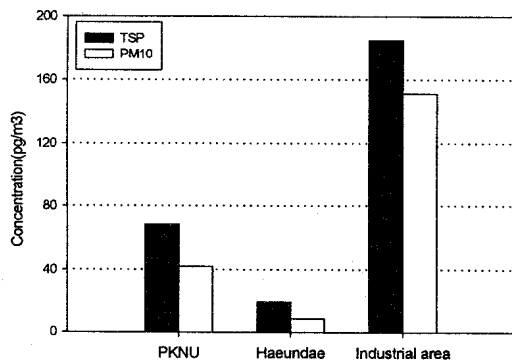


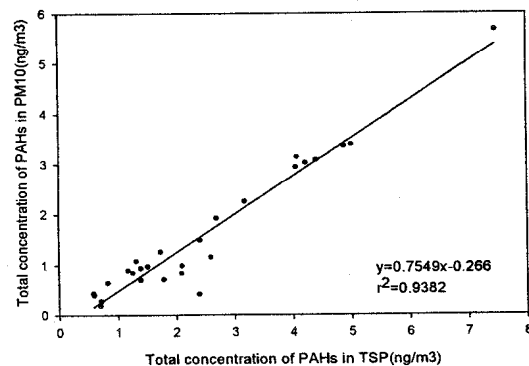
Fig. 4. Comparison of total PAHs concentration for each site.

**Table 4.** 16 PAH standards, abbreviation, structure and mean concentration of PAHs in TSP and PM<sub>10</sub> for each site(pg/m<sup>3</sup>).

Chemical	Abbreviation	Structure	PKNU		Haeundae		Industrial area	
			TSP	PM <sub>10</sub>	TSP	PM <sub>10</sub>	TSP	PM <sub>10</sub>
Napthalene	NaP		47.47	28.84	32.46	19.17	12.9	9.26
Acenaphthylene	AcPy		4.74	2.14	2.2	1.12	6.17	4.08
Acenaphthene	AcP		0.92	0.13	0.67	0.36	0.22	0.11
Fluorene	Flu		11.0	3.45	3.95	2.39	21.03	19.32
Phenanthrene	PhA		123.37	65.53	55.07	35.9	138.31	106.83
Anthracene	AnT		11.85	5.68	2.63	1.18	16.4	11.57
Fluoranthene	FluA		215.98	116.56	92.1	42.8	175.8	148.26
Pyrene	Pyr		207.62	121.81	82.89	41.76	133.44	114.42
Benzo(a)anthracene	BaA		126.41	74.95	28.11	15.45	76.78	66.76
Chrysene	Chr		281.21	171.58	122.36	51.06	443.46	345.05
Benzo(b)fluoranthene	BbF		391.37	293.73	188.14	94.97	738.25	473.42
Benzo(k)fluoranthene	BkF		279.21	201.67	123.36	75.72	472.58	325.5
Benzo(a)pyrene	BaP		68.39	42.05	19.44	8.53	185.13	151.46
Indeno(1,2,3-cd)pyrene	InP		221.03	143.7	172.15	6.78	773.89	510
Dibenzo(a,h)anthracene	DbA		37.31	27.04	26.42	12.34	91.15	77.04
Benzo(g,h,i)perylene	BghiP		212.55	129.5	228.43	63.44	778.42	523.76
Total PAHs			2240.35	1428.36	1180.36	535.52	4063.93	2896.84



**Fig. 5.** Comparison of Benzo(a)pyrene concentration for each site.



**Fig. 6.** Correlation for total concentration of PAHs in TSP and PM<sub>10</sub>.

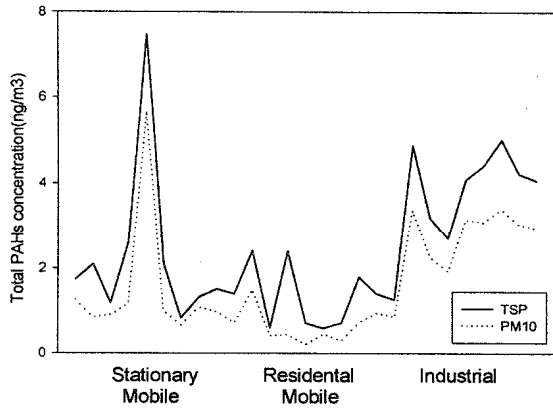


Fig. 7. Total PAHs concentration of TSP and PM<sub>10</sub> for volume.

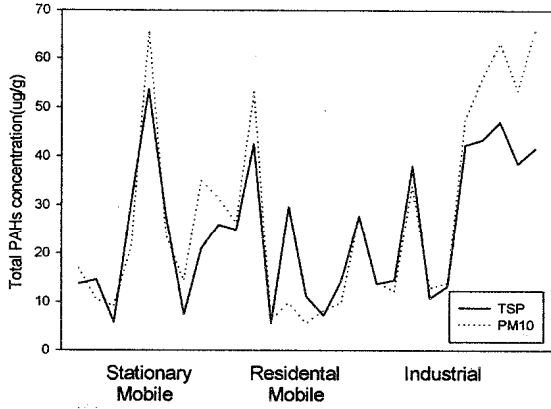


Fig. 8. Total PAHs concentration of TSP and PM<sub>10</sub> for weight.

3.3. PAHs Profile 비교

각 지점에서 관측된 PAHs profile을 비교한 결과를 Fig. 9에 나타내었다. 전체적으로 저비점 PAHs 보다는 중·고비점의 농도가 높게 나타났으며, 이는 이들 저비점 PAHs가 대기중에서 입자상 보다는 가스상으로 존재하는 비가 높기 때문인 것으로 사료된다. 부경대 관측지점(PKNU)에서의 16종 profile을 보면, BbF, BkF, Chr 등 중·고비점의 농도가 높게 나타났으며 이는 일반적인 도심 대기에서의 PAHs 농도 profile 양상과 유사한 결과를 보였다.<sup>13</sup>

따라서 부경대 관측지점(PKNU)은 도심 대기에서의 주 발생원인 차량에 의한 영향과 고비점 성분의 농도 profile도 일정 농도 수준으로 나타나 인근 고정 발생원에 의한 PAHs 화합물 종의 기여도 다소 큰 것으로 사료된다. 또한 TSP 중 PAHs 농도와 PM<sub>10</sub>의 농도 패턴이 비슷하게 나타나 동일 배출원에 의해 조대 입자와 미세 입자의 동시 기여의 영향을 받고 있는 것으로 나타났다. 해운대 관측지점(Haeundae)은 TSP 중 PAHs profile과 PM<sub>10</sub> 중의 Profile이 양상을 달리하고 있는 것을 알 수 있으며, 이는 TSP 중 즉 조대 입자 중 PAHs profile은 관측한 지점 부근의 공사장과 넓은 공터의 토양, 그리고 지속적인 해운대 신시가지

개발에 의한 공사 차량 등으로부터 기인한 것으로 사료되지만, PM<sub>10</sub> 즉 미세 입자의 경우 PAHs Profile은 일반적인 도심 대기와 유사한 양상을 가지는 것으로 나타나, 차량 등의 영향이 상당히 큰 것으로 판단된다. 또한 Napthalene의 농도가 다른 관측 지점 보다 높게 나타나 일반 가정에서 널리 사용되고 있는 물질로서 주택지역의 특성을 나타내고 있다. 그리고 Industrial area에서의 PAHs Profile을 살펴 보면 다른 도심 대기와는 다르게 고비점 성분인 BghiP, DbA, BbF 등의 농도가 중·저비점 성분의 농도보다 확연하게 높게 나타나 고온의 연료 연소과정에 기인한 배출원으로부터의 PAHs Profile을 보여주고 있으며 관측 지점 중 가장 높은 농도를 나타내었다.

3.4. PAHs 물질들간의 상관관계

TSP 중 PAHs 물질들간의 상관계수를 Table 5에 나타내었는데, TSP 농도와 Nap를 제외한 각각의 물질에 대한 상관계수가 0.06~0.36을 나타내어 낮은 상관성을 나타내었다. 그러나 이들 각 물질들간의 상관성을 보면 같은 벤젠환을 가지는 ring group들 내의 물질들간의 상관성이 높은 결과를 보이고 있는데, five-ring 화합물의 BbF와 BkF

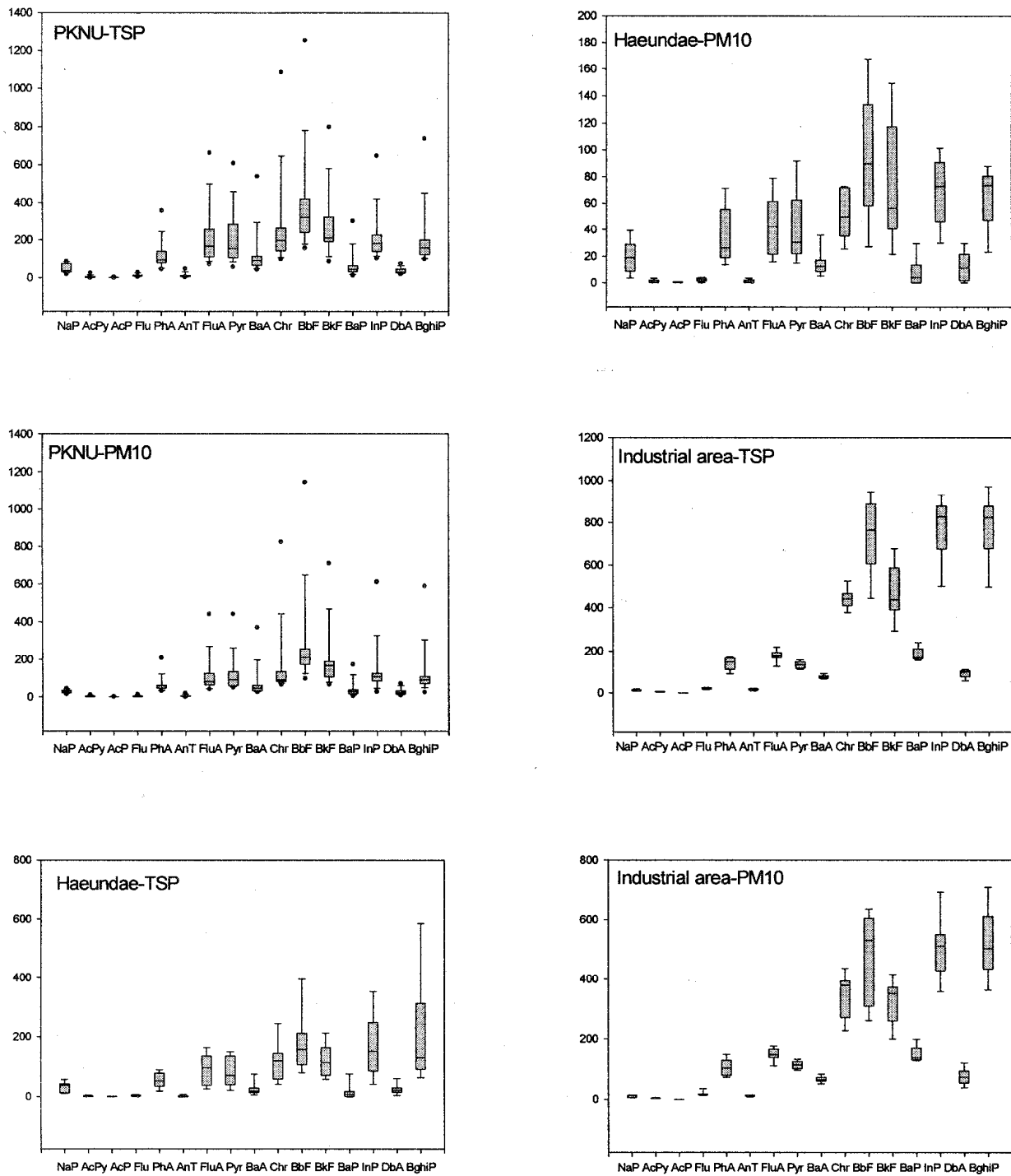


Fig. 9. The boxplots profile of PAHs for each site( $\text{pg}/\text{m}^3$ ).

이 0.97의 상관계수를, four-ring 화합물의 FluA와 Pyr이 0.95를, Chr와 BbF이 0.92의 상관계수를 나타내어 이들 물질이 동일 배출원의 영향에 의해 높은 상관관계를 가지는 것임을 알 수 있다.

Table 6에서는 PM<sub>10</sub> 중 PAHs 물질들 간의 상관계수를 나타낸 것으로, PM<sub>10</sub> 농도와 각 물질들 간의 상관계수는 0.14~0.41의 값으로, TSP에서 보

다는 높은 상관성을 나타내어, PAHs가 조대 입자 보다는 미세입자로서의 형태와 더욱 높은 흡착 가능성을 나타내고 있다. 또한 PM<sub>10</sub> 중 PAHs 물질들 간의 상관계수는, six-ring 화합물의 InP와 BghiP가 0.99의 상관계수를, InP와 BaP는 0.97 그리고 five-ring 화합물의 BbF과 BkF은 0.97의 상관계수를 나타내었으며, 전반적으로 TSP 중 PAHs 물질

**Table 5.** Correlation coefficients(r) for each PAH compound in TSP.

	TSP	NaP	Flu	PhA	AnT	FluA	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	InP	DbA	BghiP
NaP	-0.30	1.00													
Flu	0.21	-0.11	1.00												
PhA	0.11	0.31	0.78	1.00											
AnT	0.20	0.17	0.84	0.90	1.00										
FluA	0.15	0.42	0.65	0.90	0.85	1.00									
Pyr	0.06	0.59	0.52	0.87	0.77	0.95	1.00								
BaA	0.14	0.50	0.52	0.86	0.84	0.90	0.90	1.00							
Chr	0.36	0.13	0.80	0.90	0.90	0.83	0.74	0.82	1.00						
BbF	0.24	-0.04	0.86	0.84	0.85	0.69	0.59	0.63	0.92	1.00					
BkF	0.23	0.07	0.84	0.83	0.84	0.69	0.63	0.63	0.89	0.97	1.00				
BaP	0.32	-0.12	0.88	0.79	0.85	0.62	0.51	0.62	0.87	0.89	0.85	1.00			
InP	0.26	-0.33	0.84	0.61	0.66	0.37	0.24	0.28	0.73	0.89	0.85	0.87	1.00		
DbA	0.14	-0.19	0.79	0.60	0.63	0.32	0.25	0.29	0.64	0.83	0.82	0.83	0.93	1.00	
BghiP	0.22	-0.33	0.78	0.56	0.62	0.36	0.22	0.28	0.73	0.88	0.81	0.82	0.97	0.84	1.00

**Table 6.** Correlation coefficients(r) for each PAH compound in PM<sub>10</sub>.

	PM <sub>10</sub>	NaP	Flu	PhA	AnT	FluA	Pyr	BaA	Chr	BbF	BkF	BaP	InP	DbA	BghiP
NaP	-0.15	1.00													
Flu	0.21	-0.36	1.00												
PhA	0.26	0.03	0.67	1.00											
AnT	0.22	-0.10	0.69	0.88	1.00										
FluA	0.30	0.15	0.47	0.87	0.81	1.00									
Pyr	0.24	0.38	0.32	0.83	0.74	0.94	1.00								
BaA	0.25	0.29	0.25	0.75	0.70	0.90	0.95	1.00							
Chr	0.41	-0.07	0.59	0.92	0.89	0.92	0.84	0.84	1.00						
BbF	0.24	0.01	0.65	0.93	0.90	0.89	0.86	0.82	0.94	1.00					
BkF	0.21	0.04	0.61	0.92	0.93	0.86	0.85	0.81	0.92	0.97	1.00				
BaP	0.40	-0.28	0.79	0.77	0.89	0.79	0.57	0.56	0.81	0.78	0.82	1.00			
InP	0.35	-0.36	0.78	0.79	0.88	0.73	0.57	0.55	0.83	0.81	0.83	0.97	1.00		
DbA	0.14	-0.27	0.90	0.76	0.85	0.58	0.47	0.41	0.71	0.80	0.81	0.87	0.87	1.00	
BghiP	0.36	-0.39	0.78	0.77	0.87	0.71	0.54	0.52	0.83	0.80	0.82	0.96	0.99	0.87	1.00

들간의 상관성 보다는 높은 상관성을 가지는 것으로 나타났다. 한편, Napthalene의 상관계수가 음의 상관계수 값을 나타내었다. 이는 Napthalene의 환경적 존재가 관측 당일의 온도, 습도, 기압 등의 기상학적 인자(meteorological factor)에 의한 가스상과 입자상의 존재비가 달라져 상관성이 뚜렷하게 나타나지 않는 것으로 사료되며, 이에 대해 Van Vaeck<sup>14</sup> 등도 이와 관련 동일한 연구 결과를 설명하고 있다.

#### 4. 결 론

1998년 2월부터 11월까지 3 개 지점에서 TSP와 PM<sub>10</sub> 시료 채취기를 이용하여 대기 중 부유분진과 이들중에 존재하는 PAHs의 농도 수준과 특성을 살펴 본 결과, 전 지점에 있어 TSP의 평균 농도는 81.95~133.92  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이었으며, PM<sub>10</sub>에 대해 42.29~81.42  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 연간 평균치에 하회하는 것으로 나타났다. 또한 총 16 종 PAHs의 평균 농도는 부경대 관측지점(PKNU)에 대해 TSP와 PM<sub>10</sub> 중 각각 2.24  $\text{ng}/\text{m}^3$ 와 1.43  $\text{ng}/\text{m}^3$ 를, 해운대 신시가지 관측지점(Haeundae)에 대해 1.18  $\text{ng}/\text{m}^3$ 과 0.54  $\text{ng}/\text{m}^3$ , 공단 관측지점(Industrial area)에 대해 4.06  $\text{ng}/\text{m}^3$ 과 2.89  $\text{ng}/\text{m}^3$ 의 농도 수준을 나타내었다. 이러한 결과로 볼 때, 부유분진과 PAHs의 농도는 공단관측지점, 부경대 관측지점, 해운대 신시가지 관측지점의 농도 순서로 나타나 발생원에 기인한 농도 분포를 나타내고 있으며, 특히 인체 발암성과 변이원성을 가진 환경호르몬성 물질로 간주되고 있는 Benzo(a)pyrene의 경우 발생원에 기여하는 농도 수준의 증감을 확연하게 나타내었다. 또한 TSP 보다는 PM<sub>10</sub>에서 이러한 결과가 더욱 명확하게 나타나 PAHs가 조대입자 보다는 미세분진에 더욱 높은 흡착특성을 가지고 있음을 보여주고 있다. 각 지점별 TSP와 PM<sub>10</sub> 중 PAHs profile을 살펴보면, 부경대 관측 지점은 BbF, Chr, BkF의 순으로 중·고비점 PAHs가 높게 나타났으며, 해운대 신시가지 관측지점은 TSP와 PM<sub>10</sub>의 농도 기원을 달리하고 있으며, 공단 관측지점은 BghiP, InP, BbF의 순으로 고비점 성분의 농도가 높게 나

타나 지역적 특성에 의한 대기 중 PAHs profile 분포를 나타내었다. 전 지점에서 측정된 PAHs 각 물질들간의 상관관계는 같은 ring group을 가지는 물질들 내에서 전반적으로 높은 양의 상관관계를 나타내었으며, TSP보다는 PM<sub>10</sub>에서 더욱 높은 상관성을 나타내었다.

#### 참고문헌

1. C. J. Halsall, L. A. Barrie, P. Fellin, D. C. G. Muir, B. N. Billeck, L. Lickhart, F. Ya, Rovinsky, E. Ya. Kononov, and B. Pastukhov, *Environ. Sci. Technol.*, **1997**, 31, 3593-3599
2. Diane M. Wagrowski and Ronald A. Hites, *Environ. Sci. Technol.*, **1997**, 31, 279-282
3. Steven D. Colome, Norman Y. Kado, Peter Jaques and Michael Kleinman, *Atmos. Environ.*, **1992**, 26(4), 2173-2178
4. Gary T. Hunt and Bruce E. Maisel, *Air & Waste Manage. Assoc.*, **1992**, 42, 672-6805. Karen B. Riggs, Andy Roth, Thomas J. Kelly, Mary E. Schrock, *Organohalogen Compounds*, **1996**, 28, 128-133
6. 西村 貴司, 多多野秀二, 鎌田 曉義, 服部 辛和, 牧 定雄, *環境化學*, **1998**, 8(4), 759-767. C. Tashiro and R.E. Clement, *Atmos. Envi.*, **1989**, 23(14), 1719-1733
8. Lawrence M. Smith, David L. Stalling, and James L. Johnson, *Anal. Chem.*, **1984**, 56, 1830-1842
9. Randy L. Maddalena, Thomas E. McKone and Norman Y. Kado, *Atmos. Environ.*, **1998**, 32(14), 2497-2503
10. 옥 곤, 문효방, 이동인, 한영호, *한국환경 분석학회지*, **1998**, 1(1), 41-50
11. Chandra Venkataraman, James M. Lyons, and Sheldon K. Friedlander, *Environ. Sci. Technol.*, **1994**, 28, 555-562
12. Chandra Venkataraman and Sheldon K. Friedlander, *Environ. Sci. Technol.*, **1994**, 28,

563-572

13. Crispin J. Halsall, Peter J. Coleman, Brian J. Davis, Victoria Burnett, Keith S. Waterhouse, *Environ. Sci. Technol.*, **1994**, 28, 2380-2386
14. Van Vaeck, L., K. Van Cauwenberghe, and J. Janssens, *Atmos. Environ.*, **1984**, 18, 417-430