

# 蔚山市 土砂中の 多環芳香族 炭化水素의 含量에 關한 研究

## Studies on Polynuclear Aromatic Hydrocarbons in Soils of Ulsan City

孫 東 憲 · 金 正 行

中央大學校 藥學大學  
(원고접수: 1990. 3. 23)

Dong Hun Sohn, Jung Hang Kim  
College of Pharmacy, Chung Ang University  
(Received 23 March 1990)

### Abstract

The contents of benzo(a)pyrene (Bap.), Pyrene(Py) and Perylene(Pery) were determined by one-dimensional dual band thinlayer chromatography and spectrofluorophotometer in soil samples from road at 36 places of Ulsan and 6 places of Seoul from April to May, 1984. The contents were as follows:

1. Ulsan city :

Bap. 0.05-3.66  $\mu\text{g/g}$ ; mean 1.07  $\mu\text{g/g}$   
Py. 0.60-11.01  $\mu\text{g/g}$ ; mean 4.34  $\mu\text{g/g}$   
Pery. 0.94-5.48  $\mu\text{g/g}$ ; mean 1.83  $\mu\text{g/g}$

1) Industrial area:

Bap. 0.03-3.66  $\mu\text{g/g}$ ; mean 5.28  $\mu\text{g/g}$   
Py. 2.34-9.07  $\mu\text{g/g}$ ; mean 5.28  $\mu\text{g/g}$   
Pery. 1.01-3.69  $\mu\text{g/g}$ ; mean 2.09  $\mu\text{g/g}$

2) Commercial area:

Bap. 0.15-2.27  $\mu\text{g/g}$ ; mean 0.29  $\mu\text{g/g}$   
Py. 0.06-11.0  $\mu\text{g/g}$ ; mean 4.04  $\mu\text{g/g}$   
Pery. 1.03-5.48  $\mu\text{g/g}$ ; mean 1.84  $\mu\text{g/g}$

3) Residential area:

Bap. 0.05-0.05  $\mu\text{g/g}$ ; mean 0.29  $\mu\text{g/g}$   
Py. 1.34-5.53  $\mu\text{g/g}$ ; mean 2.74  $\mu\text{g/g}$

Pery. 0.94-2.15  $\mu\text{g/g}$ ; mean 1.18  $\mu\text{g/g}$

2. Commercial area in Seoul:

Bap. 0.35-1.01  $\mu\text{g/g}$ ; mean 0.74  $\mu\text{g/g}$   
Py. 9.73-24.44  $\mu\text{g/g}$ ; mean 18.64  $\mu\text{g/g}$   
Peay. 1.47-2.24  $\mu\text{g/g}$ ; mean 1.87  $\mu\text{g/g}$

3. The areas that had high contents of Benzo(a)pyrene had also high contents of Pyrene and Perylene.

4. The industrial area had the highest contents of polynuclear aromatic hydrocarbons, followed by commercial area and residential area.

5. The contents of Bap. and Pery. in the commercial area were similar in Seoul and Ulsan, while the content of Py. in Seoul was 4 times higher than in Ulsan.

## 1. 序 論

人間의 生活環境中에 存在하는 有害物質로서 變異原性<sup>1)</sup> 및 發癌物質<sup>2)</sup> 은 여러가지가 있겠지만 그 중에서도 發癌性이 強한 多環芳香族炭化水素[以下 PAH라 略한다]는 大氣, 食品等 天然物質中에 널리 存在하고 있다.

이들 發生源을 보면 PAH는 變態에 의해

서도 發生되며 石油, 石炭等の 化石燃料, 木材, 動植物等 炭化水素를 含有하고 있는 物質의 不完全燃燒나 乾留에 의해 發生된다. 또한 各種 生産活動, 輸送, 火力發電, 暖房, 廢棄物燒却等の 人間活動에 따라 發生된다.

大氣中の 發癌性 PAH는 4~6 環系 PAH를 主體로 하고 있으며, 常溫常壓下에서 固體로 存在하고 蒸氣壓도 一般的으로 매우 낮다. 그 때문에 大氣中 PAH는 보통 浮遊粉塵 粒子中

에 存在한다<sup>3)</sup>. 이들은 氣候條件(비, 바람, 눈 등)에 依하여 언젠가는 地表에 落下하여 地表의 土砂나 植物等を 汚染시킨다.<sup>4)</sup> 이렇게 汚染된 工業地域 및 住居地域의 土砂에 含有되어 있는 PAH의 分析은 Shabad<sup>7)</sup>, Blumer<sup>8,9)</sup> 등에 依하여 이미 報告된 바 있지만 이들의 分析操作이 複雜할 뿐만 아니라 長時間을 要하는 難點이 있다.

本 實驗에 있어서는 試料採取가 簡便하고 迅速히 行할 수 있는 簡易分析法<sup>10,11)</sup>으로서 one dimensional dual band thin layer chromatography를 利用하여 精油工場과 工業園地가 位置하고 있는 蔚山地域을 擇하여 工業地域, 商業地域, 住居地域으로 區分하여 幹線道路, 細道路의 土砂中에 含有되어 있는 benzo(a)pyrene [BaP.] pyrene [Py], perylene[Pery.]을 分析하였다. 또한 서울의 一部도 分析하여 약간의 識見을 얻었기에 이에 報告하는 바이다.

## 2. 實 驗

### 2.1. 實驗材料

#### (1) 試藥

- 標準物質 : Benzo(a) pyrene(Bap) : 和光純藥(特級)  
Perylene(Pery.) : Aldrich chemical Co., Inc.  
Pyrene(Py.) : 和光純藥(特級)
- 抽出溶媒 : Ethanol : Merck(特級)  
Benzene : Burdick & Jackson Lab. Inc.(HPL C 用)
- 吸着劑 : 박층크로마토그래프용 25% Acetylated cellulose/Kieselguhr plate, dual band type; 和光純藥(thin-layer chromatograph 用)

#### (2) 械器 및 裝置

- Spectrofluorophotometer RF 510; Shimadzu Corporation, Japan.
- Brasonic 221 ; Smith Kline Co. U. S. A. (초음파출력 225W, 발진주파수 60 KHz)
- Mineralight lamp UVSL-25; Ultraviolet products, Inc., (253.7mm) U.S.A.

### 2.2. 實驗方法

#### (1) 試料의 採取

蔚山市內 36個所 및 서울市內 6個所의 住居地, 工業地域의 道路邊에서 1984年 4月부터 5月中에 一週間 비가 오지않은 狀態에서 採取하였다.

#### (2) PAH의 抽出

採取한 試料를 체(sieve)로 쳐서 큰 모래와 碎石을 除去한 다음 正確히 秤量하여 1g을 採取하여 500ml erlenmeyer flask에 넣고 여기에 ethanol 2ml를 加하여 濕潤시킨 후 benzene 8ml를 加하였다. 충분히 混合시킨 다음 超音波 發生裝置內에서 約 30分間 抽出後 上澄液을 遠心分離管(15ml)에 넣고 3000rpm, 30분간 원심 분리후 T.L.C.用的 檢液으로 하였다.

#### (3) 分離操作

試料液中の PAH는 one dimensional dual band thin layer chromatography를 利用하여 分離하였다.<sup>11)</sup> 즉, Kieselguhr G(4×20cm:A 層) 및 acetylated cellulose(16×20cm:B層)로 되어 있는 T.L.C. plate를 使用前에 90℃에서 1時間 동안 加熱 活性化시킨後, 室溫에 放置하여 冷却시켰다. T.L.C. plate A層에 試料의 一定量(100μl)을 각각 點適하여 ether 展開槽에서 A層과 B層의 境界線까지 展開시킨後 꺼내었다. 이것을 3回 反復한 다음 展開槽에서 꺼내서 風乾하여 ether을 모두 날려 보내고 다른 展開槽에서 ethanol-ether-water(4:4:1, v/v)의 展開液으로 B層上의 10cm정도까지 展開시켰다.

展開終了後에 B層上 分離된 Bap. Pery. Py.은 UV light를 照射하여 標準物質과 比較하고 同一한 位置에 있는 物質을 scraping하여, 摘出した 것을 遠心分離管(15ml)에 넣고, DMSO 3ml을 加하여 진탕기로 1分間 진탕한後 超音波 發生裝置에서 30分間 處理後 遠心分離(3000rpm, 20分間)한 上澄液을 檢液으로 하였다. 이것을 spectrofluorophotometer로서 각 PAH의 含量을 測定하였다.

#### (4) PAH의 同定 및 定量

PAH의 同定은 Bap. Pery. Py의 檢液과 標準液을 각각 T.L.C.상에 展開시켜 Rf 位置의

同一性を 確認한後 다시 이것을 抽出하여 spectrofluorophotometer를 使用하여 각각의 excitation spectrum, emission spectrum과 장을 比較하여 確認한다. BaP, Pery, Py의 定量은 各各의 標準原液을 濃度別로 調製한 후 spectrofluorophotometer 를 利用하여 Benzo(a) pyrene은 excitation spectrum 370nm, emission spectrum 406.5nm에서, 測定하고, Perylene은 Ex.spectrum 413nm, Em. spectrum 444.5nm, Pyrene은 Ex.spectrum 339nm, Em. spectrum 374nm에서 螢光 強度를 測定하여 檢量線을 作成하고 檢液中의 BaP, Pery, Py의 濃度는 檢量線에 依해 求하였다.

### 3. 結果 및 考察

#### 3.1. 土砂中 PAH의 回收率

土砂試料 1g (A)에 BaP. 標準液 3ml (1 $\mu$ g/ml)을 加하여 試料(B)를 만들고 이것을 上記方法으로 分析하여 A.B.兩試料의 含量差로부터 求한 結果를 표 1에 表示하였다. 또한 Py, Pery. 도 同一한 方法으로 行하였다.

표 1은 BaP, Py, Pery. 의 各各 回收率測定 結果를 表示하였다. 本 實驗은 3回獨立해서 行 하였으며 回收率과 C.V. 값은 BaP. 이 平均 實驗은 3回獨立해서 行하였으며 回收率과 C.V. 값은 BaP.이 平均 92.67%와 2.43%, Pery.이 平均 92.33%와 2.13%, Py.이 平均 95.80%, 와 2.27%이다.

#### 3.2. 土砂中 BaP, Pery, Py의 含量

蔚山地域의 試料採取場所 36地點의 BaP, Py, Pery. 含量을 地域特性別로 求하였으며, 또 住居, 商業, 工業 地域 및 幹線道路, 細道路, Apt. 別로도 측정하였다.

精油所 周邊의 BaP. 含量을 보면 正門쪽이 1.07 $\mu$ g/g으로 제일 낮고 石油단지 正門쪽이 2.25 $\mu$ g/g로 가장 높으며 平均値는 1.81 $\mu$ g/g이다. Py.을 보면 正門쪽이 역시 2.97 $\mu$ g/g로 가장 낮고 正門 3거리쪽이 6.01 $\mu$ g/g로 가장 높으며 平均에 5.04 $\mu$ g/g이다.

Pery.의 含量은 BaP.의 含量보다 약간 높으며 正門쪽이 가장 높게 나타났다.

商業地域의 BaP 含量을 보면 태화교 入口가 0.15 $\mu$ g/g로 가장 낮고 最大値는 공업탑 앞이

**Table 1.** Recovery of polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH) from soil by present method.

Components	Measured value	Amount of soil and PAH			Recovery of PAH			
		Soil(g) (A)	PAH added ( $\mu$ g)(C)	PAH analysed ( $\mu$ g)	B-A ( $\mu$ g)	$\frac{B-A}{C} \times 100$	mean (%)	C.V.(%)
BaP	A	1	0	0.81				
	B-1	1	3	3.52	2.71	90.3		
	B-2	1	3	3.68	2.87	95.7	92.67	2.43
	B-3	1	3	3.57	2.76	92.0		
Py	A	1	0	2.74				
	B-1	1	3	5.62	2.88	96.1		
	B-2	1	3	5.69	2.95	98.3	95.80	2.27
	B-3	1	3	5.53	2.79	93.0		
Pery	A	1	0	1.23				
	B-1	1	3	3.98	2.75	91.7		
	B-2	1	3	4.08	2.85	95.0	92.33	2.13
	B-3	1	3	3.94	2.71	90.3		

S.D.; standard deviation.

C.V.; coefficient of variation.

2.27 $\mu\text{g/g}$ 이며 平均 0.87 $\mu\text{g/g}$ 이다. 試料採取地點에 따라 격차가 심하며 따라서 C.V.값이 크다.

Py.은 태화교 入口가 가장 낮고 공업탑 앞네거리가 11.0 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높으며 平均 4.04 $\mu\text{g/g}$ 이다. Pery.은 1.03 $\mu\text{g/g}$ 으로 市廳앞이 가장 낮고 야음우체국앞 언덕이 가장 높다.

공업탑앞에 含量이 높게 나타나는 것은 交通량이 많기 때문이라고 思料된다.

工業地域의 BaP. 含量을 보면 東洋나이론앞이 0.3 $\mu\text{g/g}$ 로 가장 낮고 朝鮮肥料正門앞이 3.66 $\mu\text{g/g}$ 로 가장 높고 平均 1.48 $\mu\text{g/g}$ 이다. 여기서도 含量의 격차가 크기 때문에 C.V.값이 크다.

Py.에서 보면 삼미특수 鐵鋼앞이 2.82 $\mu\text{g/g}$ 로 가장 낮고 東洋化學正門앞이 9.97 $\mu\text{g/g}$ 로 가장 높다. 또한 平均값은 5.40 $\mu\text{g/g}$ 이고 BaP.보다 2배 이상이 높다.

Pery.에서 보면 東洋나이론앞이 1.01 $\mu\text{g/g}$ 로 가장 낮고 朝鮮肥料앞이 3.69 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높으며 平均은 1.98 $\mu\text{g/g}$ 이다.

住居地域의 BaP.含量을 보면 신포맨손앞이 0.09 $\mu\text{g/g}$ 로 가장 낮고 화송목욕탕앞이 0.5 $\mu\text{g/g}$ 을 가장 높으며 平均含量은 0.29 $\mu\text{g/g}$ 이다.

서울 中心地域의 BaP. Py.Pery.의 含量을 보면 東大門앞이 BaP.의 含量이 0.35 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 낮고 미도파앞이 1.01 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높다.

Py. 含量을 보면 세종문화회관앞이 27.97 $\mu\text{g/g}$ 으로 가장 높으며 BaP.의 含量에 比하여 29배나 된다.

Pery.의 含量을 보면 最高値가 2.24 $\mu\text{g/g}$ 이고, 最低値가 1.47 $\mu\text{g/g}$ , 平均値가 1.87 $\mu\text{g/g}$ 로 BaP.에 比하여 2배 이상이다.

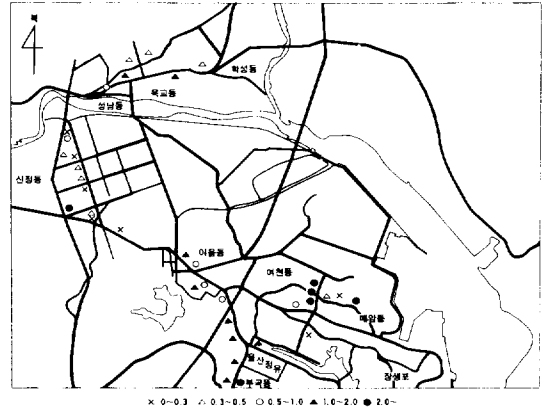


Fig.1. Distribution of PAH contents in soil of Ulsan city.

그림 1에서는 BaP.의 含量을 0~0.2 $\mu\text{g/g}$ , 0.2~0.5 $\mu\text{g/g}$ , 0.5~1.0 $\mu\text{g/g}$ , 1.0~2.0 $\mu\text{g/g}$ ,

Table 2. PAH contents of Ulsan and Seoul.

components	contents areas	N	Min. ( $\mu\text{g/g}$ )	Max. ( $\mu\text{g/g}$ )	Mean ( $\mu\text{g/g}$ )	S.D.	C.V.
BaP.	Industrial	15	0.3	3.66	1.59	1.07	67.55
	Commercial	15	0.15	2.27	0.87	0.71	82.64
	Residential	6	0.05	0.50	0.29	0.16	56.55
	All	36	0.05	3.66	1.07	0.96	90.19
	Seoul	6	0.35	1.01	0.74	0.22	29.73
Py	Industrial	15	2.34	9.97	5.28	2.52	47.90
	Commercial	15	0.6	11.01	4.04	2.78	68.86
	Residential	6	1.34	5.53	2.74	1.36	49.93
	All	36	0.6	11.01	4.34	2.65	61.15
	Seoul	6	9.73	27.93	18.64	6.06	32.52
Pary	Industrial	15	1.01	3.69	2.09	0.75	36.32
	Commercial	15	1.03	5.48	1.84	1.16	63.53
	Residential	6	0.94	2.15	1.18	0.43	37.20
	All	36	0.94	5.48	1.83	0.97	53.44
	Seoul	6	1.47	2.24	1.87	0.27	14.71

S.D.; standard deviation.

C.V.; coefficient of variation.

2.0 $\mu\text{g/g}$  이상과 같이 5段階로 나누고 이것들을地圖上에 plot한 것이다. 이것을 보면 汚染이測定地域全般에 擴散되어 있으며 含量分布가 높게 나타난 地域은 精油所周邊과 工業園地周邊이고 그곳으로부터 거리가 멀어질수록 含量은 적고 交通量이 많은 幹線道路邊도 높은 含量을 나타냈다.

표2는 蔚山 全地域 및 서울 一部地域의 PAH의 含量을 表示하였다. 蔚山地域의 含量分布를 보면 BaP.의 含量에 있어서 工業, 商業, 住居地域이 平均 1.59 $\mu\text{g/g}$ , 0.87 $\mu\text{g/g}$ , 0.29 $\mu\text{g/g}$  으로 나타났으며 全地域 平均은 1.07 $\mu\text{g/g}$  이다.

松下の<sup>10)</sup> 報告에 依하면 土砂中の BaP.의 含量分布는 大阪(1973年)이 (1.19~4.93 $\mu\text{g/g}$ , 平均 2.00 $\mu\text{g/g}$ ) 名古屋(1973年)(1.34~2.30 $\mu\text{g/g}$ , 平均 1.56 $\mu\text{g/g}$ ), 京都(1973年)가 (0.053~0.22 $\mu\text{g/g}$ , 平均 0.13 $\mu\text{g/g}$ )이다. 測定年度는 다르지만 大阪은 蔚山工業地域보다 含量이 높으며, 名古屋은 蔚山工業地域과 비슷하여 京都는 蔚山住居地域보다 낮은 分布를 나타냈다.

Py.에 있어서는 工業, 商業, 住居地域이 平均 5.28 $\mu\text{g/g}$ , 4.04 $\mu\text{g/g}$ , 2.74 $\mu\text{g/g}$ , 全地域 平均은 4.02 $\mu\text{g/g}$ , 으로 BaP.에 比하여 4倍 정도이다.

Pery.에서는 BaP.含量보다 조금 높으나 工業, 商業, 住居地域이 各各 2.09 $\mu\text{g/g}$ , 1.84 $\mu\text{g/g}$  이며 全地域 平均은 1.70 $\mu\text{g/g}$  이다.

표3은 試料採取地點을 住居, 商業, 工業의 各地域別로 分類해서 土砂中 BaP.의 含量을 最小量, 最大値, 平均, 標準偏差, 變動係數를 表示한 것이다. BaP.의 含量은 工業地域이 가장 크고 商業地域이 그다음이고 住居地域이 가장 적다. 工業地域이 높은 原因의 하나는 工場에서 排出되는 浮遊粉塵中에 BaP.이 地表에 降下한 것이라고 생각할 수 있다. 또한 自動車走行臺數도 工業地域쪽이 많아 影響을 미치는 것으로 여겨지며 이러한 走行臺數는 一般的으로 工業 > 商業 > 住居地域의 順이다.

표 4는 試料採取地點을 幹線道路, 細路, 아파트地區로 나누어서 그중에 BaP.의 含量을 調査한 結果이다.

幹線道路上的의 BaP.의 含量은 아파트地域보다 높는데 이것은 主原因이 自動車의 排氣gas라고 생각할 수 있다. 細路의 BaP.의 含量이 가장 높은 것으로 나타났는데 이것의 原因은 試料採取地點이 工業地域 近處인 細路[조선비료정문(3.66 $\mu\text{g/g}$ ) 한국비료정문(2.97 $\mu\text{g/g}$ ) 및 동양화학정문(3.38 $\mu\text{g/g}$ )]에서 採取되었기 때문에 工場에서 排出되는 浮遊粉塵에 依해서 含量이 높은 것으로 생각된다.

**Table 3.** Bap. concentration in soils in residential, commercial and industrial areas.

Sampling area*	N	Min. ( $\mu\text{g/g}$ )	Max. ( $\mu\text{g/g}$ )	Mean. ( $\mu\text{g/g}$ )	S.D.	C.V. (%)
Residential	6	0.05	0.50	0.29	0.16	56.55
Commercial	15	0.15	2.27	0.87	0.71	82.64
Industrial	15	0.30	3.66	1.59	1.07	67.55
All	36	0.05	3.66	1.07	0.96	90.19

**Table 4.** BaP. concentrations in soils obtained from principal roads, side roads and parks.

Sampling area*	N	Min. ( $\mu\text{g/g}$ )	Max. ( $\mu\text{g/g}$ )	Mean. ( $\mu\text{g/g}$ )	S.D.	C.V. (%)
Principal road	22	0.15	2.27	1.12	0.73	65.36
Side road	9	0.3	3.66	1.42	1.37	96.97
Park. & Apt.	5	0.05	0.4	0.25	0.14	58.80

S.D.; standard deviation.

C.V.; coefficient of variation.

표5는 住居, 商業, 工業地域의 土砂中 Py.의 含量을 表示한 것이다. 住居地域이 平均 2.74  $\mu\text{g/g}$ , 商業地域이 平均 4.04  $\mu\text{g/g}$ , 工業地域이 5.28  $\mu\text{g/g}$ 이며 BaP.와 같이 含量分布가 工業地域 > 商業地域 > 住居地域의 順이다.

표 6은 Py.의 含量分布를 幹線道路, 細道路,

아파트地域을 表示하였으며 含量分布는 BaP.와 같이 工場地域 때문에 細道路가 많고 다음이 幹線道路, 아파트地域 順이다.

표7은 住居, 商業, 工業地域의 土砂中 Pery.의 含量을 地域別로 表示한 것이다. 住居, 商業, 工業地域이 平均 1.18  $\mu\text{g/g}$ , 1.84  $\mu\text{g/g}$ ,

**Table 5.** Pyrene concentrations in soils in residential, commercial and industrial areas.

Sampling area*	N	Min. ( $\mu\text{g/g}$ )	Max. ( $\mu\text{g/g}$ )	Mean. ( $\mu\text{g/g}$ )	S.D.	C.V. (%)
Residential	6	1.34	5.53	2.74	1.36	49.95
Commercial	15	0.60	11.01	4.04	2.78	68.86
Industrial	15	2.34	9.97	5.28	2.52	47.90
All	36	0.60	11.01	4.34	2.65	61.15

**Table 6.** Pyrene concentrations in soils obtained from principal roads, side roads and park.

Sampling area*	N	Min. ( $\mu\text{g/g}$ )	Max. ( $\mu\text{g/g}$ )	Mean. ( $\mu\text{g/g}$ )	S.D.	C.V. (%)
Principal road	22	0.6	11.01	4.37	2.30	52.65
Side road	9	0.98	9.97	5.06	3.35	66.30
Park. & Apt.	5	1.34	3.23	2.18	0.61	28.12

S.D.; standard deviation.

C.V.; coefficient of variation.

**Table 7.** Perylene concentrations in soils in residential, commercial and industrial areas.

Sampling area*	N	Min. ( $\mu\text{g/g}$ )	Max. ( $\mu\text{g/g}$ )	Mean. ( $\mu\text{g/g}$ )	S.D.	C.V. (%)
Residential	6	0.94	2.15	1.18	0.43	37.20
Commercial	15	1.03	5.48	1.84	1.16	63.53
Industrial	15	1.01	3.69	2.09	0.75	36.32
All	36	0.94	5.48	1.83	0.97	53.44

**Table 8.** Perylene concentrations in soils obtained from principal roads, side roads and parks.

Sampling area*	N	Min. ( $\mu\text{g/g}$ )	Max. ( $\mu\text{g/g}$ )	Mean. ( $\mu\text{g/g}$ )	S.D.	C.V. (%)
Principal road	22	1.03	5.48	1.94	0.99	51.49
Side road	9	1.01	3.69	1.20	0.95	79.25
Park. & Apt.	5	0.94	1.13	0.99	0.07	7.47

S.D.; standard deviation.

C.V.; coefficient of variation.

2.09  $\mu\text{g/g}$ 이며 Pery.도 BaP.와 같이 含量分布가 工業地域 > 商業地域 > 住居地域의 順이다.

표8은 Pery.의 含量을 道路別로 나타낸 것이다. BaP.와는 달리 幹線道路 > 細道路 > 住居地域 順으로 나타났다.

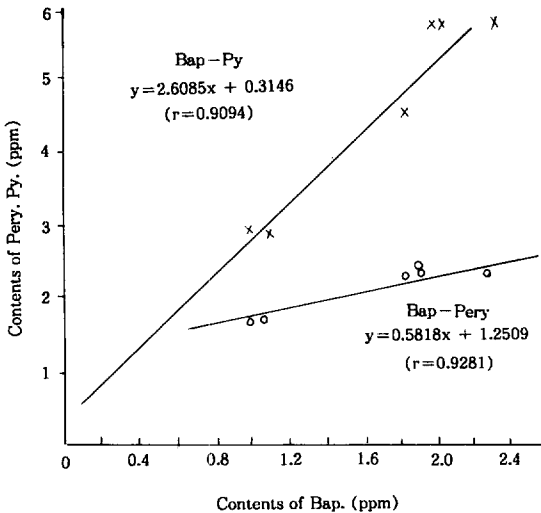
그림 2는 蔚山에 있는 精油工場周邊의 土砂中에 BaP.-Py., BaP.-Pery.의 相關關係를 표시한 것이며 BaP.의 含量에 對하여 Py.의 含量은 約 2.6倍가 된다고 보겠으며 相關係數가 0.90로 되므로 相關關係가 크다고 본다.

BaP.-Pery.의 關係를 보면 相關係數가 0.93로 되므로 이것도 역시 相關關係가 크다. 따라서 BaP.이 存在하는 곳에서 Py. Pery.이 一定한 比率로 存在한다고 볼 수 있다.

그림 3의 蔚山工業地域의 土砂中 BaP.-Pery.의 相關關係를 보면 相關係數가  $r=0.98$ 로서 相關關係가 매우 크며 BaP.가 存在하는 含量에 따라 Pery.의 存在하는 比率도 거의 一定하다고 보겠다.

BaP.-Py.의 關係를 보면 相關係數가  $r=0.90$ 로서 相關關係가 크다. 따라서 蔚山工業地域의 土砂污染源은 거의 類似한 物質이라고 생각되어진다.

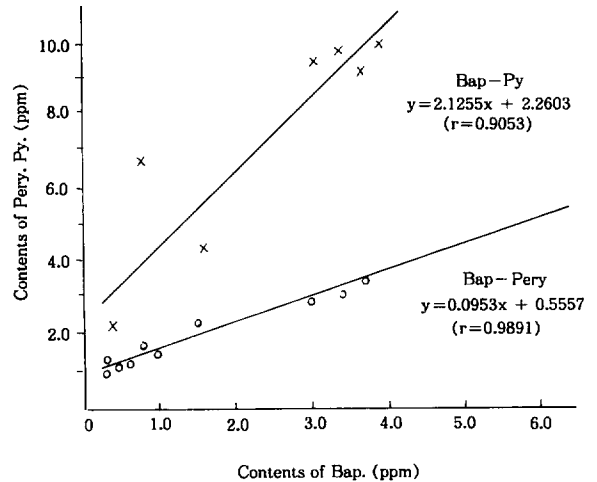
그림 4는. 蔚山住居地域의 土砂中 BaP.-Py. BaP.-Pery.의 相關關係를 表示한 圖表이다.



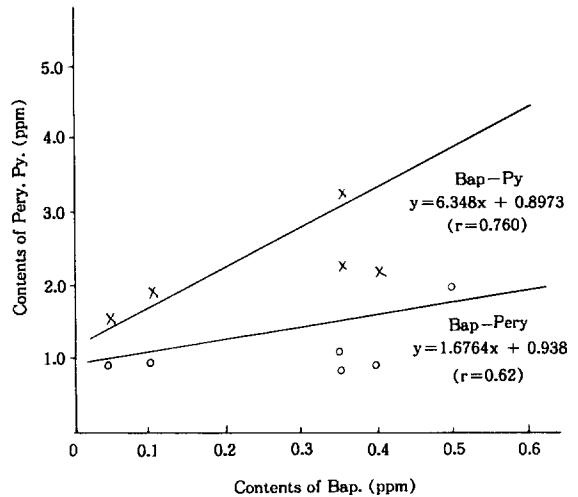
**Fig. 2.** Correlation between BaP. and Py., BaP. and Pery. content in soil of the oil refinery at Ulsan.

BaP.-Py. ( $r=0.76$ )과 BaP.-Pery. ( $r=0.63$ )의 關係를 보면 둘다 相關關係가 弱하다고 보겠으며 이들 關係에서 생각하여 볼 때 住居地域은 污染源이 여러가지로 作用한다고 생각되어진다.

그림 5의 蔚山商業地域의 土砂中 BaP.-Py.의 關係를 보면 BaP.의 含量에 따라 Py.의 含量이 25倍가 存在하며 相關係數가  $r=0.95$ 이므로 相關係數가 크다고 생각된다.



**Fig. 3.** Correlation between BaP. and Py., BaP. and Pery. content in soil of the industrial area of Ulsan.



**Fig. 4.** Correlation between BaP. and Py., BaP. and Pery. content in soil of the residential area at Ulsan.

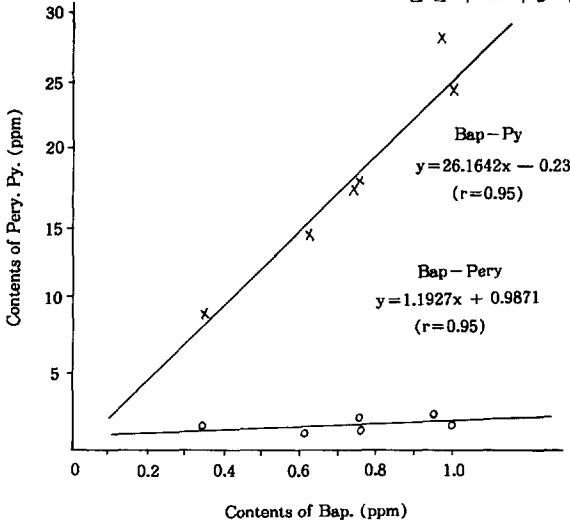


Fig. 5. Correlation between BaP. and Py., BaP. and Pery. content in soil of the central area of Seoul.

BaP.-Pery.의 관계를 보면 相關係數가  $r = 0.95$ 이 되므로 相關係數가 크다고 생각되며, 이 두 相關係數를 볼 때 서울商業地域은 汚染源이 거의 同一하다고 생각된다.

2) 商業地域:

BaP. 0.15~2.27  $\mu\text{g/g}$  平均 0.87  $\mu\text{g/g}$   
 Py. 0.6~11.01  $\mu\text{g/g}$  平均 4.04  $\mu\text{g/g}$   
 Pery. 1.03~5.48  $\mu\text{g/g}$  平均 1.84  $\mu\text{g/g}$

3) 住居地域:

BaP. 0.05~0.40  $\mu\text{g/g}$  平均 0.29  $\mu\text{g/g}$   
 Py. 1.34~5.53  $\mu\text{g/g}$  平均 2.74  $\mu\text{g/g}$   
 Pery. 0.94~2.15  $\mu\text{g/g}$  平均 1.18  $\mu\text{g/g}$

2. 서울商業地域은 Benzo(a)pyrene의 含量이 0.35~1.01  $\mu\text{g/g}$  이고, 平均含量은 0.74  $\mu\text{g/g}$  이다. Pyrene은 9.73~24.44  $\mu\text{g/g}$  이고 平均 1.87  $\mu\text{g/g}$  이다. Perylene은 1.47~2.24  $\mu\text{g/g}$  이고 平均 1.87  $\mu\text{g/g}$  이다.
3. BaP.의 含量이 많은 곳에는 Py.Pery.의 含量도 많은 것으로 나타났으며, BaP.에 比하여 훨씬 많은 量이 存在하고 있다.
4. 土砂中 PAH의 含量은 工業地域, 商業地域, 住居地域 順이며 交通量이 많은 道路邊이 含量이 높은 것으로 나타났다.
5. 서울商業地域과 蔚山商業地域間의 含量比較值를 보면 BaP.의 含量은 蔚山이 1.2배 높고 Py.의 含量은 서울이 4.6배나 높으며 Pery.의 含量은 비슷하다.

IV. 結 論

參 考 文 獻

蔚山市內 36個地域과 서울市內 6個地域에서 1984年 4月부터 5月사이에 土砂試料를 採取하여 one-dimensional dual band thin-layer chromatography, spectrofluorophotometer로써 Benzo(a) Pyrene, Pyrene, Perylene의 含量을 測定한 結果는 다음과 같다.

1. 蔚山市 BaP.의 含量은 0.05~3.66  $\mu\text{g/g}$  이고, 平均含量은 10.7  $\mu\text{g/g}$  이다. Py.의 含量은 0.6~11.01  $\mu\text{g/g}$  이고, 平均含量은 4.34  $\mu\text{g/g}$  이다. Pery.은 0.94~5.48  $\mu\text{g/g}$ , 平均含量은 1.83  $\mu\text{g/g}$  이다.

1) 工業地域:

BaP. 0.3~3.66  $\mu\text{g/g}$  平均 1.59  $\mu\text{g/g}$   
 Py. 2.34~9.97  $\mu\text{g/g}$  平均 5.28  $\mu\text{g/g}$   
 Pery. 1.01~3.69  $\mu\text{g/g}$  平均 2.09  $\mu\text{g/g}$

1. 大西克成(1979), 自動車排出ガスの 變異原性, 變異原と 毒性, 7, 4-14.
2. 松下秀鶴(1974), 高速液體クロマト그래フィーおよび薄層クロマト그래フィーの環境中發癌性物質およびその類緣物質分析への應用, 化學の領域, 28(2), 22-31.
3. 松下秀鶴(1976), 超音波抽出法を用いた 大氣浮遊粉じん中のベンゾ(a)ピレンの簡易微量分析法, 分析化學, 25(4), 263-267.
4. 關木善則(1982) 벤ゾ(a)ピレンによる地方都市の 土砂汚染, 安全工學, 21(2), 85-90
5. 松下秀鶴(1980), 都市地區における土砂中のベンゾ(a)ピレンの分布, 大氣汚染學會誌, 15(8), 36-40
6. 富田絹子(1973), 大阪市大氣中多環炭化水素量, 日本衛生誌, 20(10), 625-631



7. Shabad L.M. and G.A. Smirnov(1972), Aircraft engines as a source of carcinogenic pollution of the environment, Atmospheric environment, 6, 153-114.
8. Blumer M.(1961), Benzpyrenes in soil, Science, 134, 474.
9. Blumer M.(1975), Polycyclic aromatic hydrocarbons in soils and recent sediments, Science, 188, 53
10. 松下秀鶴(1977), 土砂中の多環芳香族炭化水素の簡易分析法, 大氣汚染研究, 11(4), 48-55
11. 孫東憲,(1989), 서울시 土砂中 benzo(a)pyrene의含量에 關한 研究, 韓國大氣保全學會誌, 5(2), 12~20