

## 대기 중금속 조사(측정망)

대기보전과 : 김봉기 · 이소림 · 박좌행

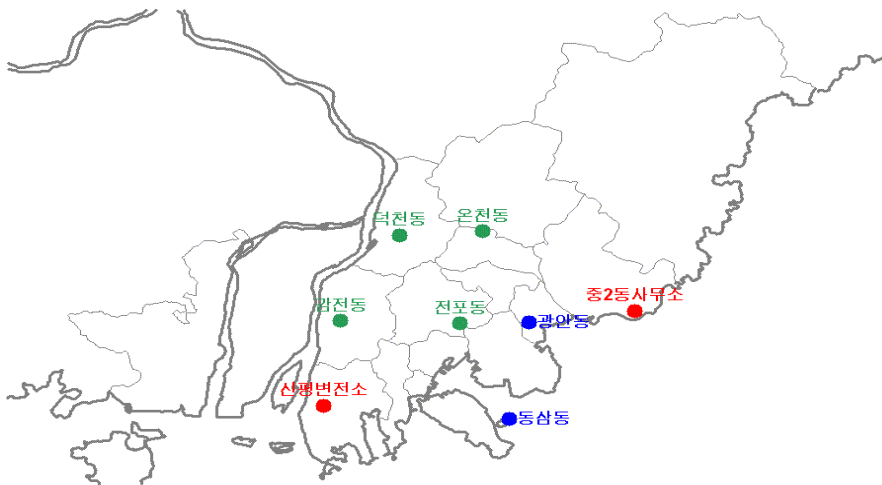
원 장 : 정중순

대기중금속 측정망(4개 지점), 해안가 측정지점(2개 지점), 소각장주변지역(2개 지점)에 대한 대기중 납,카드뮴 등 중금속오염도를 파악하여 환경기준 평가 및 유해 중금속 등에 대한 대책수립 시 기초자료 활용

### □ 조사내용

- 조사근거 : 대기환경보전법 제3조 (상시측정)
- 조사기간 : 2004년 1월 ~ 12월(매월 둘째주, 강우 시 순연)
- 조사지점 : 부산시 소재 4개지점

| 구분         | 측정소  | 용도지역 | 위 치                     | 비고 |
|------------|------|------|-------------------------|----|
| 중금속<br>측정망 | 덕천동  | 주거   | 북구 덕천동 부산환경출장소 경비실 옥상   | 매월 |
|            | 전포동  | 상업   | 부산진구 전포동 경남공고(중앙동) 옥상   | "  |
|            | 온천동  | 녹지   | 동래구 온천1동 금강공원 관리사무실 옥상  | "  |
|            | 감전동  | 공업   | 사상구 감전1동사무소 옥상          | "  |
| 해안가        | 광안동  | 주거   | 수영구 광안4동 보건환경연구원 옥상     | 분기 |
|            | 동삼동  | 녹지   | 영도구 동삼동 해양대학교 동삼동측정소 옥상 | "  |
| 소각장        | 신평동  | 공업   | 사하구 신평동 한전부산지사 신평변전소 옥상 | 반기 |
|            | 중 2동 | 주거   | 해운대구 중2동사무소 옥상          | "  |



<그림 1. 중금속 측정지점 위치도>

○ 조사방법

- ▷ 시료채취 : 고용량 공기 포집기 (미국 Anderson社 SAUY-1H High Volume Air Sampler)에 의한 24시간 간격 5일간 시료채취
- ▷ 분석방법 : 원자흡광광도법(호주 Varian社 SpecrAA-220Fs AAS)으로 중금속 7개항목 유도결합플라즈마 분광광도법(스위스 피손社 Applied 3500 ICP Spectro Meter)으로 황사시 추가 4개항목

○ 조사항목

- ▷ 중금속 측정망 : 7개 항목  
납(Pb), 카드뮴(Cd), 크롬(Cr), 구리(Cu), 철(Fe), 망간(Mn), 니켈(Ni)
- ▷ 황사시 측정 : 11개 항목  
황사 발생 시 정기항목에 4개 항목(마그네슘, 칼슘, 규소, 알루미늄) 추가

□ 조사결과

○ 중금속 측정망

▷ 월별 결과

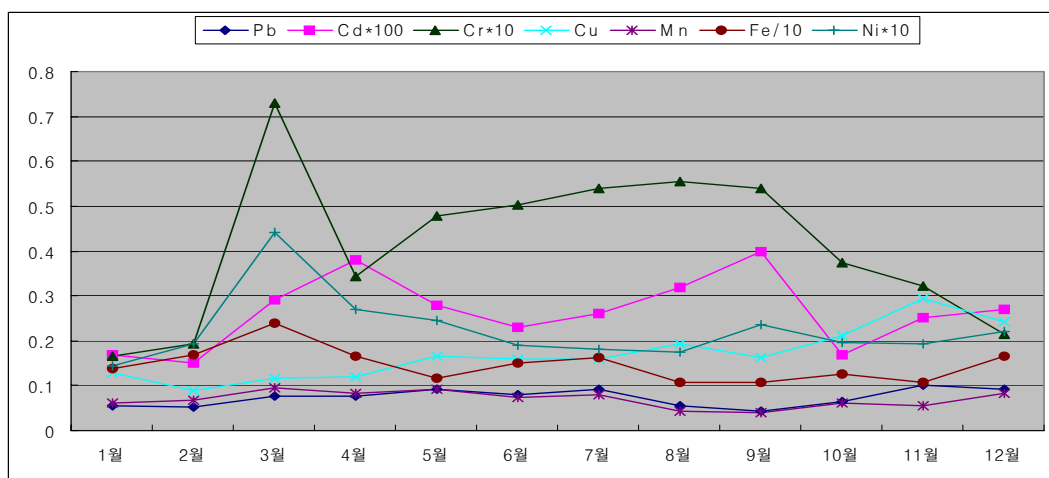
- 표 2에서와 같이, 대기 중 납은 **연평균  $0.0734\mu\text{g}/\text{m}^3$** 으로 대기환경기준인 “연평균  $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$  이하”보다 낮은 수준이었고, 11월에 최고농도( $0.1024$ )를, 전년도와 비교해 9월을 제외하곤 증가한 양상을 나타내었다.
- **카드뮴**의 대기 중 연평균농도가  $0.0024\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 HO(세계보건기구)권고기준인  $0.005\mu\text{g}/\text{m}^3/1\text{년}$ 보다 낮았으며, 최고농도가  $0.0040\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로써 전년도와 비슷한 경향을 나타내었다.
- **크롬**은 연평균농도가  $0.0164\sim 0.0729\mu\text{g}/\text{m}^3$  범위 내에서 증가와 감소를 반복하고 있으며 황사시인 3월에 최대치  $0.0729\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 나타내어, 전년도와 비교해 조금 증가하는 양상을 나타내었다.
- **구리**는 연평균농도가  $0.1501\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로서 최대, 최소의 폭이 철 다음으로 컸으며 11월에 최고 농도( $0.2946$ )를, 2월에 최저농도( $0.0899$ )를 나타내었다.
- **망간**의 경우 부산지역의 농도는  $0.0687\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 WHO 권고기준  $0.15\mu\text{g}/\text{m}^3/1\text{년}$ 보다 낮았으며, 3~7월에 높은 수치를 나타내어 전년도 보다 조금 증가하는 양상을 나타내었다.
- **철** 성분은 황사시기인 3월에 최고치( $2.3998$ )를, 하절기인 8월에 최소치( $1.0682$ )를 나타내었는데 전년도와 비교해서 매월 조금 증가하는 양상을 나타내었다.

- 니켈의 경우 연평균 농도는  $0.0206\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로써 전년도와 비슷한 경향을 나타내었으며 3월에 최대치인  $0.0442\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로써 가장 높았는데, 황사 및 건조한 기후로 인한 흙 먼지 비산의 영향으로 토양유래성분인 철 및 니켈의 농도가 상대적으로 높았다

표 2. 월별/항목별 대기중금속 농도

단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

|         | Pb            | Cd            | Cr            | Cu            | Mn            | Fe            | Ni            |
|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 1월      | 0.0544        | 0.0017        | 0.0164        | 0.1283        | 0.0609        | 1.3764        | 0.0144        |
| 2월      | 0.0528        | 0.0015        | 0.0194        | 0.0899        | 0.0663        | 1.6915        | 0.0194        |
| 3월      | 0.0777        | 0.0029        | <b>0.0729</b> | 0.1177        | <b>0.0948</b> | <b>2.3998</b> | <b>0.0442</b> |
| 4월      | 0.0763        | 0.0038        | 0.0342        | 0.1192        | 0.0820        | 1.6669        | 0.0271        |
| 5월      | 0.0916        | 0.0028        | 0.0479        | 0.1656        | 0.0925        | 1.1738        | 0.0244        |
| 6월      | 0.0801        | 0.0023        | 0.0502        | 0.1595        | 0.0721        | 1.4873        | 0.0191        |
| 7월      | 0.0920        | 0.0026        | 0.0540        | 0.1608        | 0.0802        | 1.6248        | 0.0185        |
| 8월      | 0.0564        | 0.0032        | 0.0556        | 0.1920        | 0.0424        | 1.0682        | 0.0175        |
| 9월      | 0.0436        | <b>0.0040</b> | 0.0538        | 0.1618        | 0.0395        | 1.0869        | 0.0235        |
| 10월     | 0.0640        | 0.0017        | 0.0373        | 0.2114        | 0.0598        | 1.2558        | 0.0196        |
| 11월     | <b>0.1024</b> | 0.0025        | 0.0323        | <b>0.2949</b> | 0.0540        | 1.0834        | 0.0194        |
| 12월     | 0.0913        | 0.0027        | 0.0216        | 0.2407        | 0.0840        | 1.6481        | 0.0222        |
| 평균      | <b>0.0734</b> | <b>0.0024</b> | <b>0.0395</b> | <b>0.1501</b> | <b>0.0687</b> | <b>1.4096</b> | <b>0.0206</b> |
| 최대      | 0.1024        | 0.0040        | 0.0729        | 0.2949        | 0.0948        | 2.3998        | 0.0442        |
| 최소      | 0.0436        | 0.0015        | 0.0164        | 0.0899        | 0.0395        | 1.0682        | 0.0144        |
| 2003년평균 | <b>0.0511</b> | <b>0.0023</b> | <b>0.0137</b> | <b>0.1890</b> | <b>0.0397</b> | <b>0.8234</b> | <b>0.0103</b> |
| 환경기준    | 0.5           | -             | -             | -             | -             | -             | -             |
| WHO권고기준 | 0.5           | <b>0.005</b>  | -             | -             | <b>0.15</b>   | -             | -             |



<그림 2. 월별 대기중금속 분포도>

- 그림 2에 나타난 바와 같이 월별 대기중금속의 농도는 구리, 납,망간 및 철 등은 대체로 연중 비슷한 양상을 보였으나, 크롬, 카드뮴 및 니켈은 월별 변화폭이 컸다.
- 크롬,망간,철,니켈은 3월에 최대농도를 나타내어 월별중 황사가 대기중의 중금속분포에 많은 영향을 나타내었고, 납,카드뮴은 갈수기인 11월에 최대치를 나타내었다.

▷ 지점(용도지역)별 결과

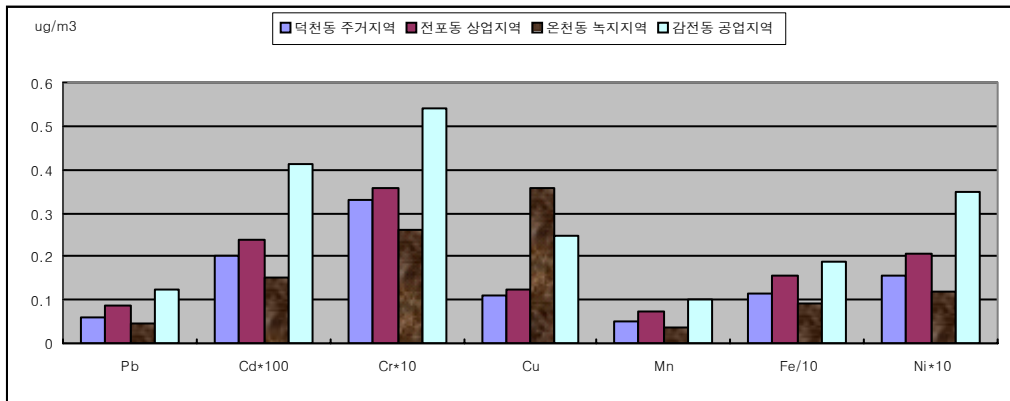
- **공업지역인 감전동에서 가장 높은 농도를 나타내었고**, 다음은 상업지역인 전포동, 주거 지역인 덕천동, 녹지지역인 온천동 순으로 조사되었다.

표 3. 지점(용도지역별)별 대기중금속 농도

단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

| 조사지점 | 용도지역 | Pb            | Cd            | Cr            | Cu            | Mn            | Fe            | Ni            |
|------|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 덕천동  | 주거지역 | 0.0577        | 0.0020        | 0.0328        | 0.1102        | 0.0510        | 1.1593        | 0.0154        |
| 전포동  | 상업지역 | 0.0879        | 0.0024        | 0.0358        | 0.1253        | 0.0714        | 1.5364        | 0.0208        |
| 온천동  | 녹지지역 | 0.0445        | 0.0015        | 0.0263        | <b>0.3588</b> | 0.0380        | 0.8968        | 0.0120        |
| 감전동  | 공업지역 | <b>0.1244</b> | <b>0.0041</b> | <b>0.0539</b> | 0.2464        | <b>0.1027</b> | <b>1.8984</b> | <b>0.0349</b> |
| 평균   |      | 0.0786        | 0.0025        | 0.0372        | 0.2101        | 0.0657        | 1.3727        | 0.0207        |
| 최대   |      | 0.1244        | 0.0041        | 0.0539        | 0.3588        | 0.1027        | 1.8984        | 0.0349        |
| 최소   |      | 0.0445        | 0.0015        | 0.0263        | 0.1102        | 0.0380        | 0.8968        | 0.0120        |

- 감전동 다음으로 차량통행이 많은 전포동지역이 납, 크롬 망간, 철, 니켈 농도가 높아 차량에 의한 오염도영향으로 추정된다.
- 주거지역인 덕천동의 경우 녹지지역인 온천동보다는 농도가 높아 차량에 의한 영향이 크다는 것을 알 수 있다.
- 감전동지점에서 구리를 제외한 전항목에서 가장 높은 농도를 나타내었으며 온천동의 녹지지역에서 전년도와 비슷하게 구리농도가 높게 나타난 것은 이지역의 특성상 케이블카 운행, 구리관련업체 및 지역토양의 영향 등 향후 면밀한 조사가 필요하다



<그림 3. 지점별 대기중금속 농도>

▷ 연도별 결과

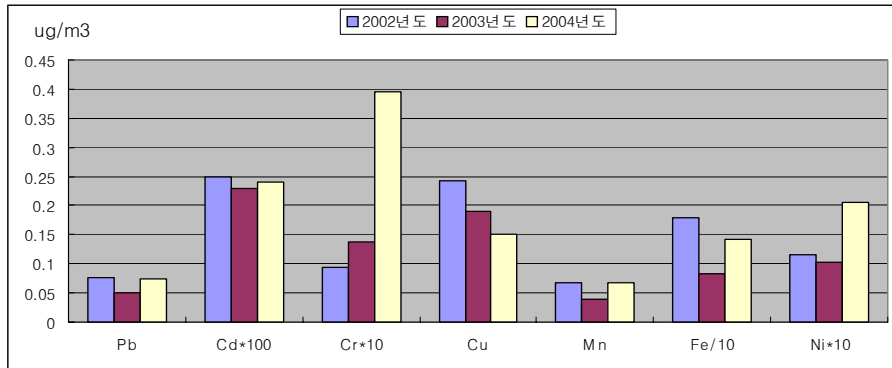
- 표 4에서 나타난 바와 같이 2003년에 비해서 구리항목을 제외한 모든 항목이 증가하였는데 예년과 달리 40% 감소한 강우량 및 황사, 차량증가의 영향으로 추정된다.
- 2002년과 비교해서도 철, 구리항목을 제외한 모든 항목이 증가하였으며 특히, 크롬은 크게 증가하여 황사 및 크롬에 대한 특별한 관리가 요망된다.

표4. 연도별 대기중금속 평균농도 비교

단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

| 항목 | 2002년도        | 2003년도        | 2004년도        |
|----|---------------|---------------|---------------|
| Pb | 0.0754        | 0.0511        | 0.0734        |
| Cd | 0.0025        | 0.0023        | 0.0024        |
| Cr | 0.0095        | 0.0137        | 0.0395        |
| Cu | 0.2424        | 0.1890        | 0.1501        |
| Mn | 0.0680        | 0.0397        | 0.0687        |
| Fe | <b>1.7875</b> | <b>0.8234</b> | <b>1.4096</b> |
| Ni | 0.0115        | 0.0103        | 0.0206        |
| 평균 | 0.3138        | 0.1613        | 0.2520        |
| 최대 | 1.7875        | 0.8234        | 1.4096        |
| 최소 | 0.0025        | 0.0023        | 0.0024        |

- 그림 4에서 고찰한 바와 같이 연도별 중금속은 점차 증가하는 추세이므로 부산 산업의 특성상 철강 및 선박산업으로 인한 도장, 도료, 도금 배출시설과 관련한 배출원에 대한 지속적인 지도점검이 요망된다.



<그림 4. 연도별 대기중금속 농도>

▷ 주요도시별 결과

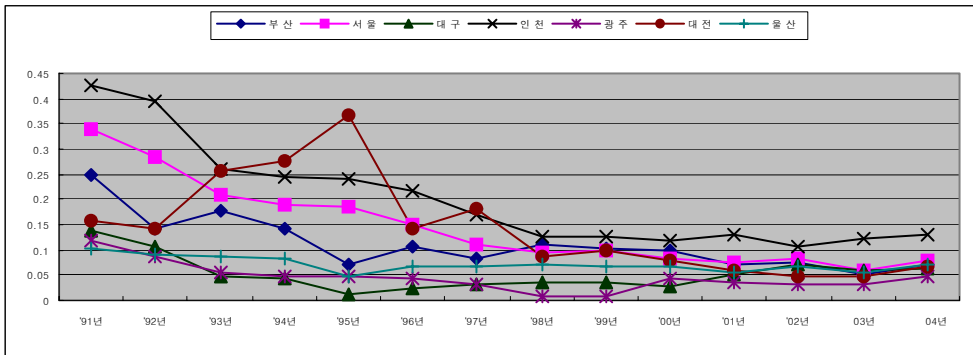
전국 7개 주요도시의 연도별 중금속 변화 추이를 알아보기 위하여 '91년~'04년도까지의 납 농도변화를 표 5 및 그림 5에서 나타내었다

- 전국 주요도시별로 대기환경기준물질인 납의 연간 농도분포를 살펴보면, 환경기준( $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ )을 초과한 경우는 없었으며, 점차적으로 감소하는 경향을 보이고 있으나 대구, 울산 등은 최근엔 다소 증가하는 추세를 보이고 있다
- 표 5에서와 같이 주요 도시별로는 인천이  $0.1309\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 매년 타 도시보다 상대적으로 높은 농도를 보이고 있으나 전반적으로 '90년대에 비하여 개선되는 추세이며, 서울, 부산지역이 각각  $0.0791\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $0.0719\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 부산도 약간 증가하는 양상이었다.

표 5. 주요 도시의 연도별 납(Pb) 농도 비교

단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

| 연도   | 부산            | 서울            | 대구            | 인천            | 광주            | 대전            | 울산            |
|------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| '91년 | <b>0.2471</b> | <b>0.3408</b> | <b>0.1379</b> | <b>0.4270</b> | <b>0.1183</b> | 0.1573        | <b>0.1043</b> |
| '92년 | 0.1411        | 0.2860        | 0.1077        | 0.3946        | 0.0870        | 0.1432        | 0.0905        |
| '93년 | 0.1759        | 0.2089        | 0.0476        | 0.2587        | 0.0536        | 0.2573        | 0.0866        |
| '94년 | 0.1437        | 0.1906        | 0.0438        | 0.2454        | 0.0472        | 0.2761        | 0.0820        |
| '95년 | 0.0704        | 0.1844        | 0.0138        | 0.2427        | 0.0486        | <b>0.3666</b> | 0.0456        |
| '96년 | 0.1054        | 0.1494        | 0.0251        | 0.2160        | 0.0442        | 0.1405        | 0.0661        |
| '97년 | 0.0828        | 0.1088        | 0.0302        | 0.1704        | 0.0331        | 0.1805        | 0.0687        |
| '98년 | 0.1096        | 0.0936        | 0.0358        | 0.1256        | 0.0089        | 0.0885        | 0.0703        |
| '99년 | 0.1030        | 0.0984        | 0.0367        | 0.1263        | 0.0086        | 0.0990        | 0.0663        |
| '00년 | 0.1004        | 0.0825        | 0.0269        | 0.1203        | 0.0435        | 0.0806        | 0.0673        |
| '01년 | 0.0698        | 0.0743        | 0.0515        | 0.1290        | 0.0347        | 0.0595        | 0.0565        |
| '02년 | 0.0751        | 0.0832        | 0.0698        | 0.1059        | 0.0331        | 0.0482        | 0.0678        |
| '03년 | 0.0512        | 0.0584        | 0.0576        | 0.1213        | 0.0310        | 0.0457        | 0.0565        |
| '04년 | <b>0.0719</b> | <b>0.0791</b> | <b>0.0642</b> | <b>0.1309</b> | <b>0.0465</b> | <b>0.0678</b> | <b>0.0697</b> |



<그림 5. 주요도시의 연도별 납의 평균농도 비교>

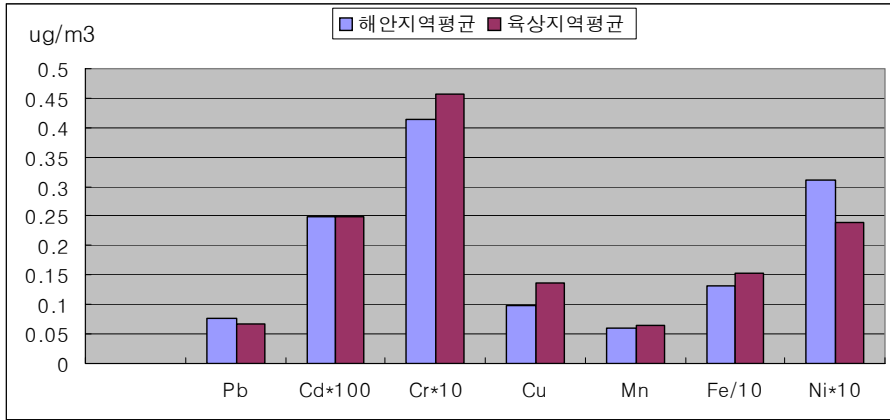
○ 해안지역 측정

- 해안과 육상지역과의 항목별 큰 차이는 없었으나, 크롬, 구리, 망간,철 항목은 육상지역이 납, 니켈항목은 해안지역이 다소 높은 농도를 나타내었다.
- 해안지역은 동삼동지점이 광안동보다 크롬,구리,니켈농도가 높았고, 다른 성분은 비슷한 양상을 보여 구리함유 도로 및 안료를 많이 사용하는 선박 입출항의 지역특성을 나타내었다
- 광안동은 3월에 납,카드뮴이 12월에 망간,철항목이 가장 높았고, 동삼동은 3월에 니켈 9월에 크롬,구리항목이 최대치를 나타내 계절에 따른 중금속분포 양상을 나타내었다.

표 6. 해안지역 농도 현황

단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

| 지점     | 채취시점    | Pb            | Cd            | Cr            | Cu            | Mn            | Fe            | Ni            |
|--------|---------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 광안     | 1차(3월)  | <b>0.1348</b> | <b>0.0032</b> | 0.0571        | 0.0468        | 0.0686        | 1.0219        | 0.0295        |
|        | 2차(6월)  | 0.0036        | 0.0021        | 0.0281        | 0.0506        | 0.0460        | 1.0591        | 0.0154        |
|        | 3차(9월)  | 0.0739        | 0.0021        | 0.0319        | 0.1297        | 0.0249        | 1.0366        | 0.0213        |
|        | 4차(12월) | 0.0724        | 0.0028        | 0.0238        | 0.0844        | <b>0.1044</b> | <b>2.2005</b> | 0.0148        |
| 동삼     | 1차(3월)  | 0.1029        | 0.0028        | 0.0363        | 0.0935        | 0.0601        | 0.7640        | <b>0.0505</b> |
|        | 2차(6월)  | 0.0581        | 0.0019        | 0.0566        | 0.0729        | 0.0320        | 0.9956        | 0.0431        |
|        | 3차(9월)  | 0.1048        | 0.0025        | <b>0.0779</b> | <b>0.1947</b> | 0.0487        | 1.5388        | 0.0447        |
|        | 4차(12월) | 0.0698        | 0.0026        | 0.0204        | 0.1063        | 0.0996        | 1.9728        | 0.030         |
| 해안지역평균 |         | 0.0775        | 0.0025        | 0.0415        | 0.0973        | 0.0605        | 1.3236        | 0.0311        |
| 최대     |         | 0.1348        | 0.0032        | 0.0779        | 0.1947        | 0.1044        | 2.2005        | 0.0505        |
| 최소     |         | 0.0036        | 0.0019        | 0.0204        | 0.0468        | 0.0249        | 0.7640        | 0.0148        |
| 육상     | 덕천      | 0.0557        | 0.0023        | 0.0421        | 0.0924        | 0.0581        | 1.3946        | 0.0210        |
|        | 전포      | 0.0743        | 0.0025        | 0.0457        | 0.0960        | 0.0689        | 1.6203        | 0.0244        |
|        | 온천      | 0.0577        | 0.0022        | 0.0427        | 0.1845        | 0.0558        | 1.3906        | 0.0212        |
|        | 감전      | 0.0778        | 0.0032        | 0.0521        | 0.1680        | 0.0782        | 1.7429        | 0.0293        |
| 육상지역평균 |         | 0.0663        | 0.0025        | 0.0456        | 0.1352        | 0.0652        | 1.5371        | 0.0239        |
| 최대     |         | 0.0778        | 0.0032        | 0.0521        | 0.1845        | 0.0782        | 1.7429        | 0.0293        |
| 최소     |         | 0.0557        | 0.0022        | 0.0421        | 0.0924        | 0.0558        | 1.3906        | 0.0210        |



〈그림 6. 해안지역 대기중금속 분포도〉

○ 소각장 주변지역

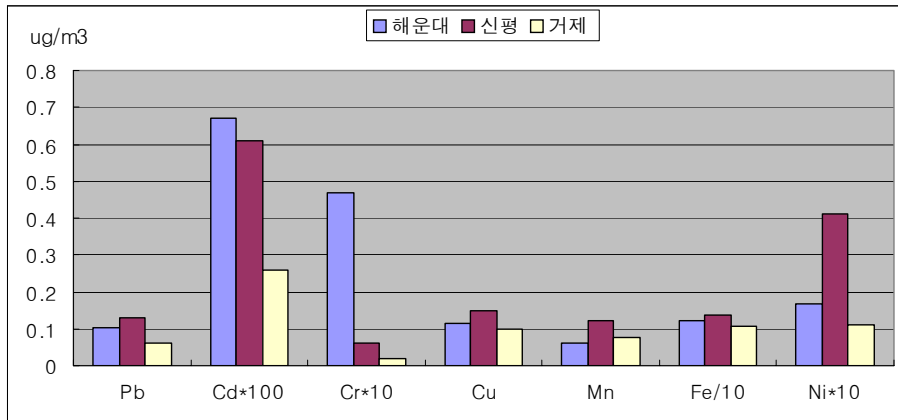
- 소각장주변의 항목별 농도를 보면 납의 경우 측정지점별 농도는 1차조사때 0.0507~0.1209 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 2차 조사때 0.1575~0.1807 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로서 연평균환경기준(0.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하)에는 못 미치는 수준이며, 최고농도는 신평 2차조사, 최저농도는 해운대 1차조사때인 것으로 나타났다.
- 1차 및 2차조사결과 카드뮴은 0.0028~0.0107 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 크롬은 0.0151~0.1340 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 구리는 0.0911~0.2043 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 망간은 0.0379~0.1707 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 철은 1.1812~2.2084 $\mu\text{g}/\text{m}^3$  니켈은 0.0166~0.0748 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 의 범위를 나타내었다.
- 해운대소각장은 구리를 제외한 전항목이 전년도보다 농도가 많이 증가하였고 신평 소각장은 철을 제외한 전항목이 다소 증가추세를 나타내었다.

표 7. 소각장 주변지역 농도 현황

단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

| 지점       | 채 취 시 점  | Pb            | Cd            | Cr            | Cu            | Mn            | Fe            | Ni            |
|----------|----------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 해운대      | 2003년 조사 | 0.0375        | 0.0033        | 0.0176        | 0.0315        | 0.0235        | 0.4821        | 0.0057        |
|          | 1차       | 0.0507        | 0.0028        | 0.0596        | 0.1030        | 0.0379        | 1.1812        | 0.0173        |
|          | 2차       | 0.1575        | <b>0.0107</b> | 0.0340        | 0.1290        | 0.0846        | 1.2337        | 0.0166        |
|          | 평균       | 0.1041        | 0.0067        | 0.0468        | 0.1160        | 0.0612        | 1.2070        | 0.0169        |
| 신평       | 2003년 조사 | 0.0986        | 0.0049        | 0.0244        | 0.0911        | 0.1040        | <b>2.2084</b> | 0.0246        |
|          | 1차       | 0.1209        | 0.0034        | 0.0151        | <b>0.2043</b> | <b>0.1707</b> | 1.6179        | 0.0433        |
|          | 2차       | <b>0.1807</b> | 0.0079        | <b>0.1340</b> | 0.1454        | 0.1617        | 1.3945        | <b>0.0748</b> |
|          | 평균       | 0.1307        | 0.0061        | 0.0626        | 0.1496        | 0.1212        | 1.3781        | 0.0410        |
| 소각장주변 평균 |          | 0.1174        | 0.0064        | 0.0547        | 0.1328        | 0.0912        | 1.2927        | 0.0289        |
| 최대       |          | 0.1807        | 0.0107        | 0.1340        | 0.2043        | 0.1707        | 2.2084        | 0.0748        |
| 최소       |          | 0.0507        | 0.0028        | 0.0151        | 0.0911        | 0.0379        | 1.1812        | 0.0166        |
| 배경       | 거제(10월)  | 0.0616        | 0.0026        | 0.0206        | 0.0989        | 0.0747        | 1.0578        | 0.0111        |





〈그림 7. 소각장 주변 대기중금속 분포도〉

○ 황사시 측정

표 8, 그림 8,9에서 황사측정시와 비교측정(정기항목 7개항목과 추가 4개항목) 결과 인데 비교측정은 황사발령시기와 다른 시기에 동일장소에서 측정한 것이다

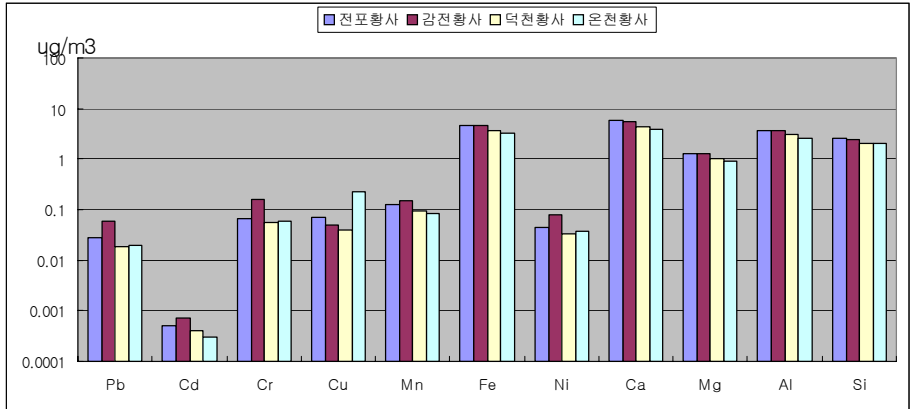
- 전포동측정소의 경우 비교시보다 크롬,구리,철,니켈,알루미늄,규소가 높았다.
- 감전동측정소는 크롬,망간,철,니켈,마그네슘,알루미늄,규소가 높은 수치를 나타내었다.
- 덕천동측정소는 크롬,망간,철,니켈,칼슘,마그네슘,알루미늄,규소농도가 높았으며 특히 크롬이 비교시보다 10배나 높아 황사의 영향이 많았음을 알 수 있다.
- 온천동측정소는 크롬,알루미늄,규소는 6배, 철,니켈은 3배 정도 높은 양상을 나타내었다.
- 황사 시 중금속측정망 평균농도를 비교해보면 납,카드뮴,구리,칼슘은 감소하였고,크롬,망간,철,니켈,마그네슘,알루미늄,규소는 증가하였다
- 울산광역시 동일기간의 황사측정결과를 보면 중금속측정망 항목은 비슷하거나 감소하였고, 토양유래성분인 추가 4개항목(칼슘,마그네슘,알루미늄,규소)은 다소 증가하였다.

표 8. 황사 특별측정 및 비교측정결과

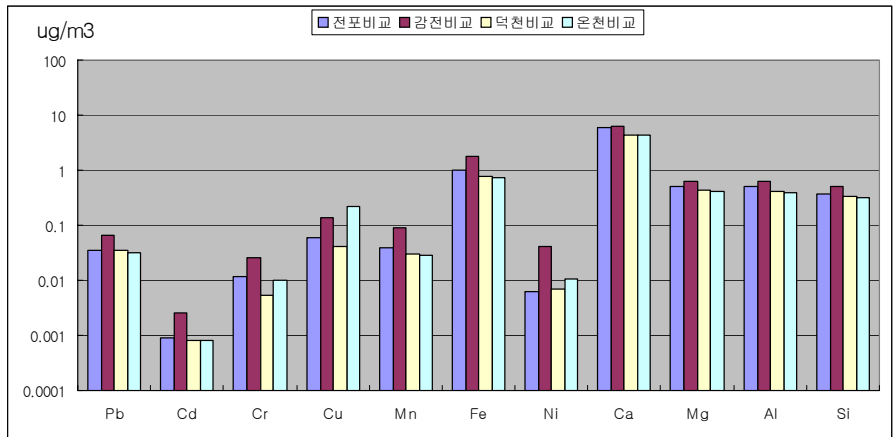
단위 :  $\mu\text{g}/\text{m}^3$

| 지점 | 구분    | 측정일         | TSP  | Pb     | Cd     | Cr     | Cu     | Mn     | Fe     | Ni     | Ca     | Mg     | Al     | Si     |
|----|-------|-------------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 전포 | 황사    | 3.11.-3.12. | 178  | 0.0271 | 0.0005 | 0.0649 | 0.0694 | 0.1228 | 4.6982 | 0.0434 | 5.9090 | 1.3125 | 3.7226 | 2.6404 |
|    | 비교    | 3.18.-3.19. | 61   | 0.0347 | 0.0009 | 0.0120 | 0.0598 | 0.0389 | 0.9854 | 0.0062 | 5.9079 | 0.5051 | 0.5190 | 0.3693 |
|    | 황사/비교 |             | 2.92 | 0.78   | 0.56   | 5.41   | 1.16   | 3.16   | 4.77   | 7.00   | 1.00   | 2.60   | 7.17   | 7.15   |
| 감전 | 황사    | 3.11.-3.12. | 179  | 0.0600 | 0.0007 | 0.1555 | 0.0490 | 0.1532 | 4.4873 | 0.0773 | 5.3875 | 1.2662 | 3.7197 | 2.5000 |
|    | 비교    | 3.18.-3.19. | 75   | 0.0643 | 0.0025 | 0.0251 | 0.1356 | 0.0887 | 1.7840 | 0.0418 | 6.1829 | 0.6094 | 0.6102 | 0.5000 |
|    | 황사/비교 |             | 2.39 | 0.93   | 0.28   | 6.20   | 0.36   | 1.73   | 2.52   | 1.85   | 0.87   | 2.08   | 6.10   | 5.35   |
| 덕천 | 황사    | 3.11.-3.12. | 144  | 0.0186 | 0.0004 | 0.0551 | 0.0403 | 0.0930 | 3.6895 | 0.0325 | 4.4172 | 1.0045 | 3.0409 | 2.0883 |
|    | 비교    | 3.18.-3.19. | 52   | 0.0351 | 0.0008 | 0.0053 | 0.0402 | 0.0306 | 0.7653 | 0.0068 | 4.3256 | 0.4375 | 0.4096 | 0.3344 |
|    | 황사/비교 |             | 2.77 | 0.53   | 0.50   | 10.40  | 1.00   | 3.04   | 4.82   | 4.78   | 1.02   | 2.30   | 7.42   | 6.24   |
| 덕천 | 황사    | 3.11.-3.12. | 144  | 0.0186 | 0.0004 | 0.0551 | 0.0403 | 0.0930 | 3.6895 | 0.0325 | 4.4172 | 1.0045 | 3.0409 | 2.0883 |
|    | 비교    | 3.18.-3.19. | 52   | 0.0351 | 0.0008 | 0.0053 | 0.0402 | 0.0306 | 0.7653 | 0.0068 | 4.3256 | 0.4375 | 0.4096 | 0.3344 |
|    | 황사/비교 |             | 2.77 | 0.53   | 0.50   | 10.40  | 1.00   | 3.04   | 4.82   | 4.78   | 1.02   | 2.30   | 7.42   | 6.24   |
| 평균 | 황사    | 3.11.-3.12. | 155  | 0.0313 | 0.0005 | 0.0840 | 0.0948 | 0.1129 | 4.0216 | 0.0476 | 4.8740 | 1.1186 | 3.2724 | 2.3139 |
|    | 비교    | 3.18.-3.19. | 57   | 0.0414 | 0.0013 | 0.0131 | 0.1148 | 0.0465 | 1.0638 | 0.0163 | 5.1955 | 0.4898 | 0.4816 | 0.3806 |
|    | 황사/비교 |             | 2.73 | 0.76   | 0.38   | 6.41   | 0.82   | 2.43   | 3.78   | 2.92   | 0.94   | 2.28   | 6.79   | 6.08   |
| 울산 | 황사    | 3.11.-3.12. | 239  | 0.0370 | 0.0051 | 0.0054 | 0.1145 | 0.0954 | 3.0224 | 0.0042 | 5.8775 | 1.4878 | 4.2813 | 2.4725 |
|    | 비교    | 3.18.-3.19. | 78   | 0.0339 | 0.0036 | 0.0043 | 0.1209 | 0.0619 | 1.8011 | 0.0039 | 1.8698 | 0.5586 | 0.8112 | 0.7361 |
|    | 황사/비교 |             | 3.05 | 1.09   | 1.42   | 1.26   | 0.95   | 1.54   | 1.68   | 1.08   | 3.14   | 2.66   | 5.28   | 3.36   |

- 몽골에서 발생하여 중국을 거쳐 3월경에 한반도에 영향을 미친 황사 시 측정결과 추가 4항목(Ca,Mg,Al,Si) 중 알루미늄 및 규소가 높게 나타났고, 칼슘은 변화가 없거나 감소하였다.
- 크롬의 농도가 아주 높아 이번 황사가 중국의 급속한 산업화의 영향으로 추정된다
- 토양유래 성분인 철, 마그네슘, 알루미늄 및 규소가 비교 시 보다 2배이상 증가한 것으로 나타났으며 납, 카드뮴, 구리는 오히려 감소한 것으로 나타났다.



〈그림 8. 황사측정시 대기중금속 분포도〉



〈그림 9. 황사비교측정시 대기중금속 분포도〉

□ 결론 및 대책

2004년도 대기중금속 측정망(4개지점), 해안가 측정지점(2개지점), 소각장주변지역(2개지점) 및 지역배경지점, 황사발생시(4개지점)에 대한 대기중 납,카드뮴 등 중금속오염도를 파악한 결과 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다

- 대기 중 납은 연평균  $0.0734\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 대기환경기준인 “연평균  $0.5\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하”보다 낮은 수준이었고, 11월에 최고농도를, 9월에 최저농도를 나타내었다
- 지점별 조사결과는 공업지역인 감전동이 가장 높은 농도를 나타내었고, 다음은 전포동, 덕천동, 온천동 순으로 나타나 사업장 배출시설과 차량통행량을 주요인으로 추정할 수 있다.

- 년도별 비교결과 2003년에 비해서 구리항목을 제외하고 모든 항목에서 증가하였는데 예년과 달리 황사의 내습, 차량 및 에너지소비의 영향으로 추정된다.
- 주요 도시별로는 인천이  $0.1309\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 상대적으로 높은 농도를 보이고 있으나 전반적으로 '90년대에 비하여 개선되는 추세이며, 서울, 부산지역이 각각  $0.0791\mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $0.0719\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 부산도 약간 증가하는 양상이었다.
- 해안지역 측정결과 크롬, 구리,망간, 철 항목은 육상지역이, 납,니켈 항목은 해안지역이 다소 높은 농도를 나타내었다.
- 해운대소각장의 경우 구리를 제외한 전항목이 전년도보다 농도가 증가하였고 신평소각장의 경우는 철을 제외한 전항목이 다소 증가하여 소각장 주변지역의 지속적인 모니터링이 필요하다.
- 황사시측정 및 비교측정결과 토양유래 성분인 철, 마그네슘, 알루미늄 및 규소가 비교시보다 2배 이상 증가한 것으로 나타났으며 납,카드뮴,구리는 오히려 감소한 것으로 나타났다.
- 2004년 대기중금속 측정망조사결과 대기질 개선을 위해서는 사업장에 대한 지도점검으로 오염물질에 대한 배출원 관리와 자동차 배출가스 저감, 소각장에 대한 특별 관리가 필요하다고 사료된다.