

터널내 공기질 조사

대기보전과 : 곽진
과장 : 지기원

부산지역의 터널에 대한 공기질을 측정·분석하여 시민의 건강피해를 예방하기 위한 정책수립에 필요한 기초자료 제공

□ 터널대기질측정방법 개선방안협의회 개최

- 주 관 : 부산광역시 보건환경연구원
- 일 시 : 2003. 7. 24
- 장 소 : 보건환경연구원 2층 회의실
- 참석자 : 약 25명(학계 전문가, 관련 공무원, 민간터널관리책임자 등)
- 회의결과
 - ▷ 환기시설을 갖춘 8개터널에 대해 이동측정차량을 이용하여 매시간대(오전7시~오후7시)별로 측정, 수정터널은 터널내에서 24시간 연속측정하는 방안을 채택
 - ▷ 위 측정결과를 분석, 검토하여 내년도에 상호 토의 후 측정방법 표준안 제시

□ 조사개요

- 조사기간
 - ▷ 2003년 11월 20일, 21일, 25일, 12월1일~3일(6일간)
- 조사지점 : 기계식 환기시설이 설치된 부산 시내 8개 터널(연속측정 1개 지점)
 - ▷ 부산, 만덕1·2, 광안, 구덕, 황령, 백양, 수정
- 조사항목
 - ▷ 가스상물질(7개항목) : SO₂, NO, NO₂, CO, O₃, THC, VOCs
 - ▷ 입자상물질 및 중금속(8개항목) : 미세먼지, Pb, Cr, Cd, Cu, Mn, Fe, Ni
 - ▷ 터널통행속도 등
- 조사근거 : 시환보 67302-0(2003.02.25)호
- 조사방법

| 조사항목 | 가스상물질 | 미세먼지 및 중금속 | VOCs |
|------|-------------------------|-------------------------------------|----------------|
| 측정회수 | 13회 (오전7시-오후7시) | 1회 | 1회 |
| 측정지점 | 8개터널 | 수정, 백양터널 | 8개터널 |
| 조사방법 | 이동측정차량이용 터널내 서행 또는 고정측정 | 터널내 PM ₁₀ 샘플러를 설치하여 시료채취 | Canister로 시료채취 |

○ 분석방법

| 조사항목 | 가스상물질 | 미세먼지 및 중금속 | VOCs |
|------|--|---|--------------------------------|
| 분석방법 | 대기오염공정시험방법중 가스상물질의 측정방법중 자동 연속측정법에 의한 분석 | 대기오염공정시험방법중 입자상물질 및 중금속 분석방법인 원자흡광광도계로 분석 | 대기오염공정시험방법중 VOC분석방법인 GC-MS로 분석 |

○ 주요터널의 환기시설 현황

| 터널명 | 위 치 | 환기방식 | 규 모 (길이×폭) | 환기시설 | 비고 |
|-----|---------------------|---------------|------------------------|-------------------------------|----|
| 부산 | 중구 영주동~ 서구 동대신동 | 제트팬식 반회류식 | 643m×8.5m 660m×9.4m | 제트팬11kW ×14대 송풍기 90kW×4대 | 2련 |
| 만덕1 | 동래구 온천동~ 북구 만덕동 | 제트팬식 | 815m×9.0m | 제트팬11kW ×20대 | 1련 |
| 광안 | 남구 대연동~ 수영구 광안동 | 반회류식 | 1,110m×9.8m | 송풍기130kW ×4대 | 2련 |
| 구덕 | 구덕운동장 | 반회류식 | 1,870m×9.4m | 송풍기200kW×8대 | 2련 |
| 만덕2 | 동래구 온천동~ 북구 만덕동 | 반회류식 | 1,740m×9.4m | 송풍기320kW×8대 | 2련 |
| 황령 | 부산진구 전포동~ 남구 대연동 | 반회류식 | 1,860m×9.4m | 송풍기320kW×4대 송풍기120kW×4대 | 2련 |
| 백양 | 진구 당감동~ 사상구 모라동 | 반회류식 | 2,340m×10.5m | 송풍기30kW×6대 송풍기140kW×6대 | 2련 |
| 수정 | 진구 가야동~ 동구 좌천동 | 제트팬식 전기집진식 | 2,356m×9.9m | 제트팬37kW×22대 전기집진기 270kW×4대 | 2련 |

□ 조사결과

○ 터널내 가스상 물질 조사결과

▷ 터널내 가스상물질의 농도를 살펴보면

- SO₂의 경우 전체 평균치는 28ppb로 최저16ppb에서 최고43ppb를 나타내었고 측정지점별로는 부산(우)과 만덕터널(우)이 43ppb로 최고치를 보였으며 만덕1터널이 16ppb로 최저치를 보였다. SO₂의 전체평균농도는 대형차량의 통행량이 많은 백양터널이 40ppb로 가장 높게 나타났다.
- NO₂의 경우 전체 평균치는 144ppb로 최저54ppb에서 최고223ppb로 나타났으며 측정지점별로는 황령터널(우)이 223ppb로 최고치를 구덕터널(우)이 54ppb로 최저치를 보였다. NO₂의 전체평균농도는 측정당일 환기시설을 가동하지 않은 황령터널이 205ppb로 최고치를 보였다.
- CO의 경우 전체 평균치는 6.2ppm으로 최저2.5ppm에서 최고12.4ppm으로 나타났으며 측정지점별로는 측정당일 환기시설을 가동하지 않은 만덕2터널(좌)이 12.6ppb로 가장 높게 나타났고 차량통행량이 가장 적은 수정터널(좌)이 2.5ppm으로 최저치를 보였다. CO의 전체평균농도는 차량주행속도가 가장 낮은 터널인 부산터널이 10.3ppm으로 가장 높았다.
- O₃의 경우 전체평균치는 6ppb로 최저 3ppb에서 최고 11ppb로 나타났으며 측정지점 별로는 큰 차이를 보이지 않았다. O₃가 일반대기질의 평균농도보다 낮게 나타난 것은 NO가 NO₂로 생성되는 과정에 O₃의 소모가 일어났기 때문으로 사료된다.
- THC의 경우 4개 터널에 대한 전체 평균치는 2.0ppm으로 최저1.6ppm에서 최고 2.6ppm으로 나타났다. 측정지점별로는 터널내 차량주행속도가 가장 낮은 부산터널(좌)이 2.6ppm으로 가장 높게 나타났고 차량통행량이 가장 적은 수정터널이 1.6ppm으로 가장 낮게 나타났다.

○ 터널내 입자상 물질 조사결과

▷ 백양터널과 수정터널의 미세먼지 및 중금속 농도를 살펴보면

- 미세먼지의 경우 평균농도는 425.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 수정터널의 318.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 비해 높게 나타났다.
- 중금속 농도를 살펴보면 백양터널이 수정터널에 비해 전 항목에서 높은 농도를 보였다. 납의 경우 평균농도는 0.335 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Mn은 0.193 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Cr은 0.122 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다. 한편, 구리의 경우는 최소 0.490 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 최대 0.515 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로서 평균농도는 0.502 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났고 Fe, Ni의 평균농도는 8.941 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Ni은 0.166

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 조사되었다. 한편, Cd의 경우는 다른 중금속과는 달리 $0.004\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 일반대기중의 Cd농도와 비슷하게 나타났다.

표 1. 터널별 가스상물질 및 입자상물질 조사결과

| 터널명 | 측정 일자 | SO ₂ (ppb) | NO (ppb) | NO ₂ (ppb) | O ₃ (ppb) | CO (ppm) | THC (ppm) | PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Pb ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Mn ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Cr ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Cu ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Fe ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Cd ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | Ni ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) | 강우량 (mm) |
|-----|----------|--------------------------|-------------|--------------------------|-------------------------|-------------|--------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-------------|
| 부산 | 11/25 | 37 | 501 | 105 | 7 | 10.3 | 2.5 | | | | | | | | | |
| 만덕1 | 11/21 | 16 | 477 | 91 | 10 | 6.3 | - | | | | | | | | | |
| 만덕2 | 11/21 | 34 | 498 | 188 | 10 | 9.2 | - | | | | | | | | | |
| 광안 | 11/20 | 21 | 501 | 173 | 3 | 5.9 | - | | | | | | | | | 8 |
| 구덕 | 11/25 | 36 | 502 | 59 | 4 | 4.3 | 1.8 | | | | | | | | | |
| 황령 | 11/20 | 18 | 501 | 205 | 3 | 6.4 | - | | | | | | | | | 8 |
| 백양 | 12/2,3 | 37 | 499 | 176 | 6 | 4.5 | 1.9 | 425 | 0.430 | 0.233 | 0.128 | 0.515 | 10.257 | 0.006 | 0.185 | |
| 수정 | 12/1,2 | 24 | 487 | 154 | 5 | 2.8 | 1.6 | 318 | 0.241 | 0.153 | 0.116 | 0.490 | 7.624 | 0.002 | 0.147 | |
| 평 균 | | 28 | 496 | 144 | 6 | 6.2 | 2.0 | 371 | 0.335 | 0.193 | 0.122 | 0.502 | 8.941 | 0.004 | 0.166 | |
| 최 대 | | 37 | 502 | 205 | 10 | 10.3 | 2.5 | 425 | 0.430 | 0.233 | 0.128 | 0.515 | 10.257 | 0.006 | 0.185 | |
| 최 소 | | 16 | 477 | 59 | 3 | 2.8 | 1.6 | 318 | 0.241 | 0.153 | 0.116 | 0.490 | 7.624 | 0.002 | 0.147 | |

※ THC 항목 중 -는 측정당시 측정기기의 불안정으로 측정불가.
 ※ NO측정기의 측정한계가 500ppb로 그이상의 값은 전부 502ppb로 표출됨으로서 500ppb이상의 값은 정확한 값으로 보기가 어려움.

표 2. 좌·우 터널의 공기질 조사결과

| 터널명 | 항목 | SO ₂ (ppb) | | NO (ppb) | | NO ₂ (ppb) | | O ₃ (ppb) | | CO (ppm) | | THC (ppm) | |
|-----|----|--------------------------|----|-------------|-----|--------------------------|-----|-------------------------|----|-------------|------|--------------|-----|
| | | 좌 | 우 | 좌 | 우 | 좌 | 우 | 좌 | 우 | 좌 | 우 | 좌 | 우 |
| 부산 | | 31 | 43 | 501 | 501 | 110 | 99 | 7 | 7 | 9.4 | 11.3 | 2.6 | 2.4 |
| 만덕1 | | 16 | | 477 | | 91 | | 10 | | 6.3 | | - | |
| 만덕2 | | 25 | 43 | 497 | 499 | 213 | 164 | 11 | 9 | 12.4 | 6.1 | - | - |
| 광안 | | 20 | 23 | 501 | 501 | 167 | 179 | 3 | 4 | 5.5 | 6.4 | - | - |
| 구덕 | | 40 | 31 | 502 | 502 | 63 | 54 | 5 | 4 | 4.5 | 4.0 | 1.8 | 1.8 |
| 황령 | | 18 | 18 | 501 | 502 | 186 | 223 | 4 | 3 | 6.0 | 6.9 | - | - |
| 백양 | | 39 | 35 | 501 | 498 | 179 | 174 | 6 | 6 | 5.2 | 3.8 | 2.1 | 1.8 |
| 수정 | | 20 | 28 | 485 | 490 | 163 | 145 | 5 | 5 | 2.5 | 3.0 | 1.6 | 1.7 |
| 평균 | | 26 | 30 | 496 | 496 | 147 | 141 | 6 | 6 | 6.5 | 6.0 | 2.0 | 1.9 |
| 최대 | | 40 | 43 | 502 | 502 | 213 | 223 | 11 | 10 | 12.4 | 11.3 | 2.6 | 2.4 |
| 최소 | | 16 | 16 | 477 | 477 | 63 | 54 | 3 | 3 | 2.5 | 3.0 | 1.6 | 1.7 |

○ 터널내 VOC 조사결과

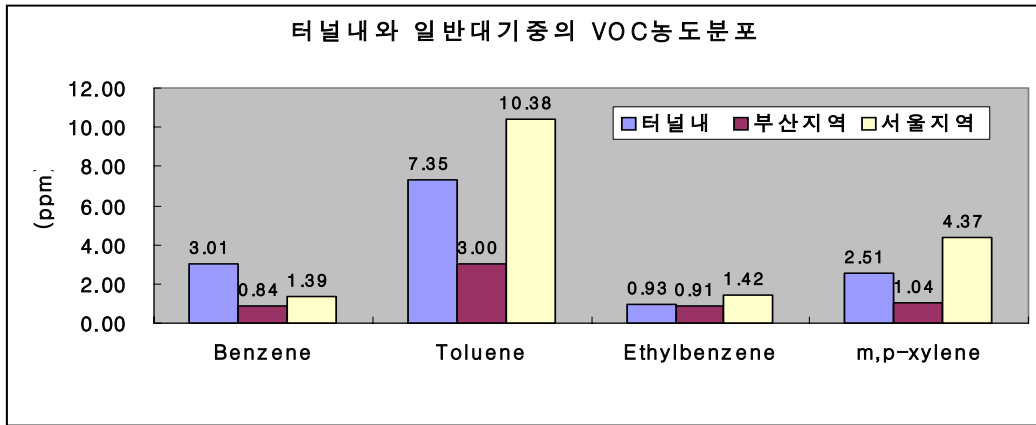
▷ 터널내 VOC 농도를 살펴보면

- VOC 농도가 가장 높은 부산터널은 차량의 정체가 가장 심한 곳으로 VOC 측정 16개항목 모두 최고치를 나타냈으며, 톨루엔의 평균농도가 7.35ppb로 가장 높게 나타났고 스티렌이 0.44ppb로 가장 낮았다.
- 부산의 터널내 VOC 농도는 대기중 농도에 비하여 2~3배 정도 높게 나타났으나 서울의 대기중 VOC 농도와는 벤젠을 제외한 항목은 비슷한 수준을 나타내었다

표 3. 터널 및 일반대기중 VOC 조사결과

(단위 : ppb)

| VOC | 터널 | | | | | | | | | | | 일반대기 | |
|------------------------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|------|------|-------|
| | 부산 | 만덕1 | 만덕2 | 광안 | 구덕 | 황령 | 백양 | 수정 | 평균 | 최대 | 최소 | 부산 | 서울 |
| n-Pentane | 9.03 | 0.84 | 3.12 | 3.41 | 1.93 | 1.45 | 1.32 | 0.97 | 2.76 | 9.03 | 0.84 | 0.40 | |
| 2-Methylpentane | 8.30 | 0.39 | 2.54 | 2.71 | 0.97 | 1.09 | 0.65 | 0.66 | 2.16 | 8.30 | 0.39 | | |
| 3-Methylpentane | 5.64 | 0.41 | 1.84 | 2.37 | 0.69 | 0.84 | 0.54 | 0.44 | 1.60 | 5.64 | 0.41 | 0.00 | |
| n-Hexane | 5.28 | 0.43 | 1.62 | 2.22 | 0.81 | 0.92 | 0.70 | 0.44 | 1.55 | 5.28 | 0.43 | 0.60 | |
| Methylcyclopentane | 4.66 | 0.34 | 1.28 | 1.48 | 0.58 | 0.61 | 0.62 | 0.35 | 1.24 | 4.66 | 0.34 | | |
| Benzene | 11.19 | 0.46 | 3.55 | 5.30 | 0.97 | 1.12 | 0.59 | 0.87 | 3.01 | 11.19 | 0.46 | 0.84 | 1.39 |
| 2-Methylhexane | 2.41 | 0.00 | 0.62 | 0.92 | 0.14 | 0.19 | 0.05 | 0.00 | 0.54 | 2.41 | 0.00 | | |
| 3-Methylhexane | 3.58 | 0.00 | 1.00 | 1.42 | 0.26 | 0.33 | 0.06 | 0.10 | 0.84 | 3.58 | 0.00 | | |
| n-Heptane | 2.44 | 0.00 | 0.58 | 0.92 | 0.20 | 0.12 | 0.05 | 0.00 | 0.54 | 2.44 | 0.00 | 0.60 | |
| Toluene | 23.97 | 0.45 | 5.21 | 9.05 | 8.04 | 2.53 | 7.88 | 1.65 | 7.35 | 23.97 | 0.45 | 3.00 | 10.38 |
| Ethylbenzene | 2.91 | 0.06 | 0.81 | 1.34 | 1.39 | 0.34 | 0.41 | 0.14 | 0.93 | 2.91 | 0.06 | 0.89 | 1.42 |
| m,p-xylene | 9.68 | 0.00 | 2.39 | 3.98 | 2.89 | 0.76 | 0.35 | 0.01 | 2.51 | 9.68 | 0.00 | 1.07 | 4.37 |
| Styrene | 1.00 | 0.00 | 0.58 | 0.64 | 0.33 | 0.41 | 0.29 | 0.29 | 0.44 | 1.00 | 0.00 | 0.77 | |
| o-Xylene | 3.28 | 0.28 | 1.13 | 1.56 | 1.05 | 0.60 | 0.42 | 0.36 | 1.09 | 3.28 | 0.28 | | 1.64 |
| 1,3,5-Trimethylbenzene | 2.13 | 0.00 | 1.14 | 1.29 | 0.54 | 0.64 | 0.00 | 0.48 | 0.78 | 2.13 | 0.00 | | |
| 1,2,4-Trimethylbenzene | 7.74 | 0.55 | 3.20 | 3.92 | 1.00 | 1.30 | 0.60 | 0.63 | 2.37 | 7.74 | 0.55 | | |



○ 터널내 시간대별 주행속도 조사결과

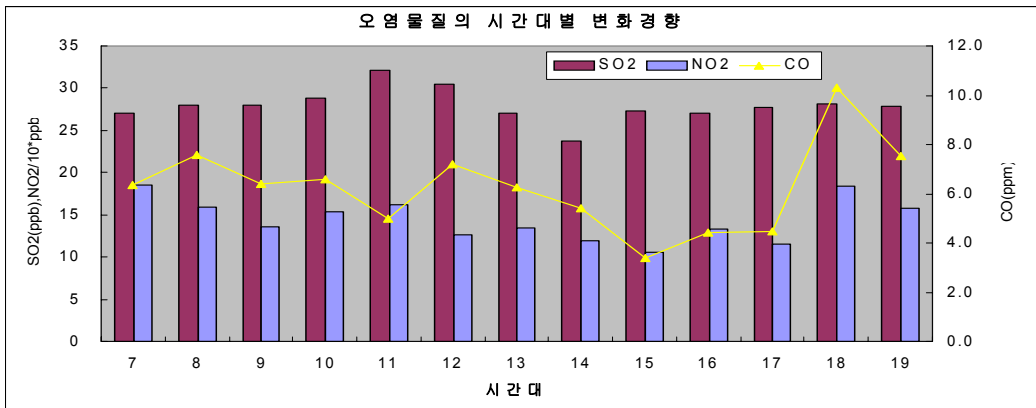
▷ 차량 주행속도 조사결과

- 차량주행속도 조사결과 부산터널의 차량주행속도가 가장 낮은 것으로 조사되었고 수정터널이 가장 높은 것으로 나타났다. 측정당시 가장 정체된 터널은 황령(우)의 18시대로 터널을 통과하는데 16분 이상 걸려 주행속도가 10Km/hr이하로 나타났다.
- 측정시간대별로는 오후6시, 오후7시대가 약 46km/hr과 48km/hr로서 가장 많이 정체되는 것으로 나타났고, 오전10시대부터 오후4시대까지 차량의 주행속도가 약 60Km/hr이상으로 차량의 소통이 잘되는 것으로 조사되었다.

○ 터널내 공기질의 시간대별 변화경향

▷ 터널공기질의 시간대별 특징을 살펴보면

- SO₂의 경우 전시간대 평균농도는 28ppb로서 최저24ppb에서 최고 32ppb로 최고치는 오전11시대로 32ppb, 최저치는 오후2시대로 24ppb로 나타났지만 시간대별로 큰차이를 보이지 않았다.
- NO₂의 경우 전시간대 평균농도는 144ppb로서 최저105ppb에서 최고 185ppb로 오전7시대와 오후6시대로 각각185ppb, 184ppb로 높은 농도를 보였으며 최저치는 오후3시대로 105ppb를 나타내었다.
- CO와 THC의 경우 정체가 가장 심한 시간대인 18시대가 각각 10.3ppm과 2.8ppm으로 가장 높게 나타났고 최저치는 CO의 경우 15시대가 3.4ppm, THC의 경우는 13시대가 1.5ppm으로 조사되었다.



○ 수정터널내 연속측정 및 이동측정 결과 상호비교

▷ 우리 연구원은 터널의 대기질은 이동측정방법을 실시 하였으나 터널 내(수정에서 가야 방면) 입구쪽에서 약 1,800m 지점의 안전지대에서 고정하여 연속측정한 결과와 매시간대별로 일정한 속도로 이동하면서 측정한 결과를 비교한 결과,

- 측정시간대 차량통행량은 고정측정시 6,221대, 이동측정시 6,394대로 큰 차이를 나타내지는 않는 비슷한 상태에서,
- 측정결과를 항목별로 살펴보면 NO₂를 제외한 나머지 항목은 연속측정이 이동측정시 보다 높게 나타났다.

SO₂의 경우 연속측정시 평균농도가 40ppb로 이동측정시의 평균 28ppb보다 높게 나타났고, CO와 THC의 경우 연속측정시 각각 3.5ppm과 1.9ppm으로 이동측정시의 3.0ppm과 1.7ppm보다 높은 값을 보였다.

한편, NO₂의 경우는 연속측정시 평균 105ppb로 이동측정시의 평균148ppb보다 낮은 것으로 조사되었다.

- 측정시간대별 최고치를 보면 SO₂는 연속측정과 이동측정시 17시대가 가장 높게 나타났으며 CO와 THC는 연속측정은 오전8시대에 이동측정은 오전7시대에 가장 높은 것으로 나타났고 NO₂의 경우는 연속측정시 17시대에 이동측정시는 15시대에 최고치를 나타내어 SO₂를 제외하고는 최고치를 나타내는 시간대가 다소 달랐다.

표 4. 수정터널내 고정 후 연속측정 및 이동측정 결과 비교

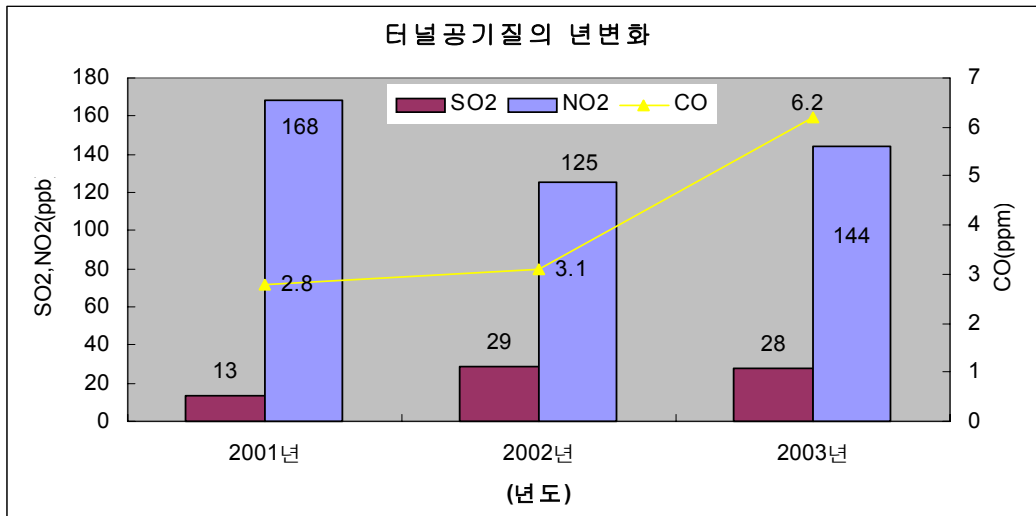
| 시간대 | SO ₂ (ppb) | | NO (ppb) | | NO ₂ (ppb) | | O ₃ (ppb) | | CO (ppm) | | THC (ppm) | |
|------|--------------------------|-----------|-------------|------------|--------------------------|------------|-------------------------|----------|-------------|------------|--------------|------------|
| | 고정 | 이동 | 고정 | 이동 | 고정 | 이동 | 고정 | 이동 | 고정 | 이동 | 고정 | 이동 |
| 7시대 | 38 | 34 | 502 | 502 | 80 | 152 | 4 | 4 | 4.6 | 5.6 | 2.5 | 2.2 |
| 8시대 | 37 | 22 | 502 | 480 | 82 | 150 | 4 | 4 | 4.7 | 3.7 | 3.3 | 1.5 |
| 9시대 | 42 | 24 | 502 | 477 | 107 | 113 | 5 | 4 | 3.7 | 2.8 | 3.0 | 1.8 |
| 10시대 | 41 | 26 | 502 | 493 | 111 | 148 | 5 | 4 | 2.8 | 2.4 | 3.1 | 1.9 |
| 11시대 | 43 | 33 | 502 | 487 | 114 | 136 | 5 | 6 | 2.7 | 2.1 | 1.5 | 2.0 |
| 12시대 | 36 | 27 | 502 | 499 | 99 | 150 | 4 | 6 | 3.4 | 2.6 | 1.5 | 1.8 |
| 13시대 | 39 | 28 | 502 | 494 | 108 | 132 | 5 | 6 | 3.0 | 2.2 | 1.5 | 1.7 |
| 14시대 | 49 | 30 | 502 | 494 | 122 | 116 | 5 | 5 | 3.0 | 2.1 | 1.6 | 1.1 |
| 15시대 | 44 | 28 | 502 | 461 | 115 | 197 | 5 | 6 | 3.0 | 2.0 | 1.5 | 1.4 |
| 16시대 | 42 | 29 | 502 | 502 | 115 | 166 | 5 | 4 | 3.1 | 2.9 | 1.4 | 1.5 |
| 17시대 | 49 | 36 | 502 | 502 | 128 | 149 | 6 | 5 | 3.8 | 3.9 | 1.5 | 1.8 |
| 18시대 | 30 | 24 | 502 | 472 | 95 | 144 | 4 | 4 | 3.8 | 3.0 | 1.4 | 1.9 |
| 19시대 | 29 | 22 | 502 | 502 | 84 | 135 | 3 | 4 | 3.5 | 3.6 | 1.3 | 1.9 |
| 평균 | 40 | 28 | 502 | 490 | 105 | 145 | 5 | 5 | 3.5 | 3.0 | 1.9 | 1.7 |
| 최대 | 49 | 36 | 502 | 502 | 128 | 197 | 6 | 6 | 4.7 | 5.6 | 3.3 | 2.2 |
| 최소 | 29 | 22 | 502 | 461 | 80 | 113 | 3 | 4 | 2.7 | 2.0 | 1.3 | 1.1 |

○ 각 터널별 시간대별 오염 조사결과

- ▷ 부록에서 보는바와 같이 시간대별 터널의 오염물질을 항목별로 살펴보면
 - SO₂의 경우 부산터널(우)의 12시대가 77ppb로서 가장 높게 나타났으며
 - NO₂의 경우 환기시설을 가동하지않은 만덕2터널(좌)의 오전10시대가 374ppb로 최고치 보였으며
 - CO와 THC의 경우 차량통행속도가 20km/hr이하로 정체가 심했던 부산터널(좌)의 18시대에 각각 25.4ppm와 6.1ppm로 가장 높은 수치를 나타내었다.

○ 터널공기질의 년변화 경향

- ▷ 터널 공기질의 년변화를 항목별로 살펴보면
 - SO₂의 경우 전년도에 비해 약간 감소하는 경향을 나타내었고,
 - NO₂와 CO는 증가하는 경향을 나타내었는데 이는 작년까지 터널 측정방식이 단지 오전·오후 시간대 1회 측정하는 방식에서 금년에는 매시간대별로 측정하는 방식으로 변경됨에 따라 오전, 오후의 정체시간대까지 측정치가 추가 되었기 때문에 높게 나타난 것으로 판단된다.



□ 결론

- 터널기준인 CO 100ppm, NOx 25ppm을 초과한 터널은 없었음.
- 오염도가 심한 터널은 부산, 만덕2, 황령, 백양터널 순으로 조사되었음.
- 항목별 최고농도는 SO₂의 경우 부산터널(좌)과 만덕2터널(좌)이 43ppb, NO₂는 황령터널(우)이 223ppb, CO는 부산터널(우)이 11.3ppm으로 나타났음.
- 미세먼지와 중금속 농도는 백양터널이 수정터널보다 높게 나타났음.
- VOC측정결과 부산터널이 전항목에서 가장 높은 값을 보였고, 부산의 대기중 VOC보다는 2~3배 높게, 서울의 대기중의 VOC농도와는 비슷한 수준을 보였음.
- 차량통행속도 측정결과 오후6시대가 약46km/hr로서 가장 정체되는 것으로 나타났음.
- 시간대별 조사결과 SO₂는 부산터널(우)이 12시대에 77ppb, NO₂는 만덕2터널(좌)이 오전10시대에 374ppb, CO와 THC는 부산터널(좌)이 18시대에 25.4ppm과 6.1ppm으로 가장 높게 나타났음.
- 수정터널내 고정측정과 이동측정결과 SO₂와 CO, THC는 고정측정시 NO₂는 이동측정시 보다 높게 나타났음.
- 년변화 경향은 전년도에 비해 SO₂는 감소 CO, NO₂는 증가하였음.

□ 대책

- 우리연구원
 - ▷ 터널 측정시 고농도의 NOx가 측정 가능하도록 조치
 - ▷ 터널측정방식을 샘플라인을 이용한 고정측정방식 도입검토
- 환경보건과
 - ▷ 터널 대기질 관리 종합 대책 수립
 - ▷ 터널관리부서 자체관리 촉구
 - ▷ 관련법 제정 추진 : 환경부 또는 건교부
 - ▷ 초저황유, 대체에너지 적극검토
- 도로계획과
 - ▷ 터널 건설시 대기질 개선 우선 고려 설계
 - ▷ 터널내 대기질 관리 최대 노력 강구
 - ▷ 터널내 대기질 개선 용역 추진
 - ▷ 터널내 대기질 및 인근지역 대기질 정례조사
- 터널관리부서(건설안전시험사업소등)
 - ▷ 터널내 차량의 정체시 환기시설 최대가동 방안 강구
 - ▷ 바닥 및 벽면 청소(분기1회) 정례 실시
 - ▷ 터널내 대기질 최대 악화 대비 환기시설 증설 또는 개·보수
 - ▷ 터널내 · 외 주요지점 자동측정기 설치

□ 향후계획

- 터널관리 주무부서인 도로계획과의 협의하여 내년 4월 이전에 교수 등 전문가 및 터널관계자 등이 참석하는 터널 대기질 관리 및 측정방법에 관한 협의회를 개최 하여 향후 터널 대기질 관리 및 측정방법을 결정할 예정임
- 5월~6월 중에 터널 대기질 조사 실시 예정
- 터널 대기질 조사결과를 바탕으로 대기질이 악화된 터널의 주변지역에 대한 대기 질 조사실시예정(10월~11월 중)

차 량 통 행 속 도

| 시간대 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | | | |
|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 터널명 | 시대 | 시대 | 시대 | 시대 | 시대 | 시대 | 시대 | 시대 | 시대 | 시대 | 시대 | 시대 | 시대 | 평균 | 최대 | 최소 |
| 부산(좌) | 50 | 35 | 35 | 60 | 50 | 60 | 60 | 60 | 60 | 20 | 20 | 20 | 30 | 43 | 60 | 20 |
| 부산(우) | 35 | 50 | 35 | 40 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 40 | 40 | 45 | 50 | 35 |
| 만덕1 | 50 | 60 | 50 | 50 | 50 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 50 | 40 | 40 | 53 | 60 | 40 |
| 만덕2(좌) | 60 | 60 | 60 | 50 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 40 | 50 | 50 | 56 | 60 | 40 |
| 만덕2(우) | 60 | 60 | 60 | 50 | 60 | 60 | 60 | 70 | 60 | 60 | 50 | 15 | 30 | 53 | 70 | 15 |
| 광안(좌) | 50 | 50 | 60 | 60 | 60 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 50 | 52 | 60 | 50 |
| 광안(우) | 50 | 50 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 30 | 50 | 30 | 40 | 40 | 40 | 48 | 60 | 30 |
| 구덕(좌) | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 70 | 70 | 70 | 60 | 60 | 70 | 60 | 63 | 70 | 60 |
| 구덕(우) | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 | 70 | 70 | 60 | 60 | 60 | 70 | 70 | 63 | 70 | 60 |
| 황령(좌) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 60 | 60 | 70 | 60 | 40 | 40 | 63 | 70 | 40 |
| 황령(우) | 70 | 50 | 60 | 70 | 60 | 70 | 70 | 60 | 60 | 70 | 50 | 10 | 30 | 56 | 70 | 10 |
| 백양(좌) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 60 | 70 | 70 | 70 | 70 | 30 | 30 | 63 | 70 | 30 |
| 백양(우) | 70 | 50 | 70 | 70 | 70 | 50 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 67 | 70 | 50 |
| 수정(좌) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 수정(우) | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 평균 | 60 | 58 | 59 | 61 | 61 | 61 | 63 | 61 | 61 | 58 | 54 | 46 | 48 | 58 | 65 | 41 |
| 최고 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |
| 최저 | 35 | 35 | 35 | 40 | 50 | 50 | 50 | 30 | 50 | 20 | 20 | 10 | 30 | 43 | 50 | 10 |

전체터널의 시간대별 측정값

| 터널명 | 시간대 | SO ₂ (ppb) | NO(ppb) | NO ₂ (ppb) | O ₃ (ppb) | CO(ppm) | THC(ppm) |
|-------|------|-----------------------|---------|-----------------------|----------------------|---------|----------|
| 부산터널 | 7시대 | 33 | 502 | 233 | 6 | 7.4 | 1.7 |
| 부산터널 | 8시대 | 39 | 502 | 109 | 6 | 11.4 | 2.1 |
| 부산터널 | 9시대 | 38 | 501 | 65 | 6 | 13.2 | 2.0 |
| 부산터널 | 10시대 | 40 | 502 | 100 | 8 | 12.0 | 2.3 |
| 부산터널 | 11시대 | 48 | 502 | 99 | 5 | 6.7 | 2.0 |
| 부산터널 | 12시대 | 45 | 496 | 98 | 8 | 7.8 | 1.5 |
| 부산터널 | 13시대 | 22 | 497 | 48 | 6 | 6.4 | 1.5 |
| 부산터널 | 14시대 | 32 | 502 | 65 | 6 | 9.7 | 2.5 |
| 부산터널 | 15시대 | 29 | 502 | 59 | 4 | 5.0 | 2.4 |
| 부산터널 | 16시대 | 45 | 502 | 130 | 10 | 10.7 | 3.0 |
| 부산터널 | 17시대 | 38 | 502 | 57 | 6 | 8.9 | 3.1 |
| 부산터널 | 18시대 | 44 | 502 | 193 | 16 | 23.2 | 5.0 |
| 부산터널 | 19시대 | 27 | 502 | 104 | 7 | 11.9 | 3.2 |
| 평균 | | 37 | 501 | 105 | 7 | 10.3 | 2.5 |
| 만덕1터널 | 07시대 | 17 | 502 | 154 | 10 | 7.2 | |
| 만덕1터널 | 08시대 | 14 | 502 | 167 | 12 | 15.9 | |
| 만덕1터널 | 9시대 | 19 | 501 | 27 | 8 | 1.9 | |
| 만덕1터널 | 10시대 | 17 | 482 | 111 | 8 | 7.2 | |
| 만덕1터널 | 11시대 | 16 | 502 | 200 | 8 | 1.6 | |
| 만덕1터널 | 12시대 | 14 | 502 | 36 | 13 | 11.8 | |
| 만덕1터널 | 13시대 | 17 | 422 | 28 | 21 | 0.9 | |
| 만덕1터널 | 14시대 | 8 | 453 | 61 | 9 | 10.9 | |
| 만덕1터널 | 15시대 | 15 | 462 | 38 | 13 | 1.3 | |
| 만덕1터널 | 16시대 | 13 | 395 | 52 | 9 | 3.0 | |
| 만덕1터널 | 17시대 | 21 | 481 | 53 | 8 | 2.0 | |
| 만덕1터널 | 18시대 | 15 | 502 | 139 | 7 | 10.8 | |
| 만덕1터널 | 19시대 | 19 | 502 | 121 | 10 | 7.1 | |
| 평균 | | 16 | 477 | 91 | 10 | 6.3 | |

| 터널명 | 시간대 | SO ₂ (ppb) | NO(ppb) | NO ₂ (ppb) | O ₃ (ppb) | CO(ppm) | THC(ppm) |
|-------|------|-----------------------|---------|-----------------------|----------------------|---------|----------|
| 만덕2터널 | 07시대 | 39 | 502 | 220 | 9 | 9.3 | |
| 만덕2터널 | 08시대 | 33 | 502 | 237 | 7 | 7.1 | |
| 만덕2터널 | 9시대 | 31 | 501 | 226 | 10 | 13.9 | |
| 만덕2터널 | 10시대 | 32 | 500 | 306 | 11 | 12.2 | |
| 만덕2터널 | 11시대 | 39 | 502 | 290 | 14 | 15.2 | |
| 만덕2터널 | 12시대 | 42 | 502 | 187 | 12 | 13.2 | |
| 만덕2터널 | 13시대 | 40 | 502 | 231 | 14 | 13.2 | |
| 만덕2터널 | 14시대 | 23 | 474 | 103 | 8 | 7.4 | |
| 만덕2터널 | 15시대 | 34 | 501 | 76 | 8 | 2.8 | |
| 만덕2터널 | 16시대 | 26 | 485 | 84 | 8 | 4.0 | |
| 만덕2터널 | 17시대 | 30 | 502 | 116 | 6 | 4.1 | |
| 만덕2터널 | 18시대 | 35 | 502 | 176 | 10 | 7.9 | |
| 만덕2터널 | 19시대 | 41 | 502 | 200 | 10 | 10.0 | |
| 평균 | | 34 | 498 | 188 | 10 | 9.2 | |
| 광안터널 | 7시대 | 24 | 501 | 220 | 4 | 5.6 | |
| 광안터널 | 8시대 | 24 | 502 | 183 | 3 | 6.3 | |
| 광안터널 | 9시대 | 20 | 502 | 203 | 3 | 4.8 | |
| 광안터널 | 10시대 | 23 | 501 | 154 | 3 | 6.8 | |
| 광안터널 | 11시대 | 26 | 502 | 163 | 3 | 3.7 | |
| 광안터널 | 12시대 | 16 | 502 | 162 | 3 | 2.9 | |
| 광안터널 | 13시대 | 23 | 502 | 187 | 3 | 10.5 | |
| 광안터널 | 14시대 | 17 | 502 | 129 | 3 | 2.6 | |
| 광안터널 | 15시대 | 18 | 502 | 93 | 3 | 3.8 | |
| 광안터널 | 16시대 | 19 | 501 | 162 | 3 | 2.5 | |
| 광안터널 | 17시대 | 21 | 501 | 147 | 2 | 3.0 | |
| 광안터널 | 18시대 | 23 | 501 | 227 | 5 | 13.5 | |
| 광안터널 | 19시대 | 25 | 501 | 228 | 6 | 11.1 | |
| 평균 | | 21 | 501 | 173 | 3 | 5.9 | |

| 터널명 | 시간대 | SO ₂ (ppb) | NO(ppb) | NO ₂ (ppb) | O ₃ (ppb) | CO(ppm) | THC(ppm) |
|------|------|-----------------------|---------|-----------------------|----------------------|---------|----------|
| 구덕터널 | 9시대 | 40 | 501 | 55 | 5 | 4.4 | 1.7 |
| 구덕터널 | 10시대 | 39 | 502 | 60 | 4 | 4.6 | 1.5 |
| 구덕터널 | 11시대 | 42 | 502 | 80 | 5 | 4.3 | 2.0 |
| 구덕터널 | 12시대 | 38 | 502 | 51 | 5 | 4.6 | 1.4 |
| 구덕터널 | 13시대 | 31 | 502 | 27 | 5 | 3.8 | 1.3 |
| 구덕터널 | 14시대 | 30 | 502 | 45 | 4 | 2.7 | 2.0 |
| 구덕터널 | 15시대 | 39 | 502 | 42 | 4 | 4.7 | 2.2 |
| 구덕터널 | 16시대 | 35 | 502 | 48 | 5 | 3.5 | 2.1 |
| 구덕터널 | 17시대 | 33 | 502 | 45 | 3 | 3.6 | 2.4 |
| 구덕터널 | 18시대 | 34 | 502 | 73 | 3 | 4.5 | 2.1 |
| 구덕터널 | 19시대 | 31 | 502 | 57 | 4 | 4.2 | 2.2 |
| 평균 | | 36 | 502 | 59 | 4 | 4.3 | 1.8 |
| 황령터널 | 7시대 | 18 | 502 | 185 | 4 | 5.5 | |
| 황령터널 | 8시대 | 21 | 502 | 211 | 3 | 6.5 | |
| 황령터널 | 9시대 | 22 | 502 | 241 | 5 | 5.7 | |
| 황령터널 | 10시대 | 21 | 502 | 225 | 2 | 3.6 | |
| 황령터널 | 11시대 | 15 | 502 | 177 | 3 | 3.3 | |
| 황령터널 | 12시대 | 22 | 502 | 153 | 4 | 11.2 | |
| 황령터널 | 13시대 | 17 | 501 | 231 | 3 | 9.5 | |
| 황령터널 | 14시대 | 13 | 502 | 211 | 2 | 4.3 | |
| 황령터널 | 15시대 | 15 | 502 | 170 | 2 | 4.5 | |
| 황령터널 | 16시대 | 16 | 501 | 218 | 3 | 4.0 | |
| 황령터널 | 17시대 | 16 | 501 | 183 | 2 | 6.1 | |
| 황령터널 | 18시대 | 21 | 501 | 265 | 7 | 11.9 | |
| 황령터널 | 19시대 | 22 | 501 | 193 | 5 | 7.9 | |
| 평균 | | 18 | 501 | 205 | 3 | 6.4 | |

| 터널명 | 시간대 | SO ₂ (ppb) | NO(ppb) | NO ₂ (ppb) | O ₃ (ppb) | CO(ppm) | THC(ppm) |
|------|------|-----------------------|---------|-----------------------|----------------------|---------|----------|
| 백양터널 | 9시대 | 35 | 501 | 134 | 6 | 4.7 | 2.1 |
| 백양터널 | 10시대 | 35 | 501 | 135 | 6 | 4.4 | 2.0 |
| 백양터널 | 11시대 | 43 | 498 | 153 | 6 | 2.9 | 1.9 |
| 백양터널 | 12시대 | 42 | 500 | 173 | 7 | 3.7 | 2.0 |
| 백양터널 | 13시대 | 39 | 500 | 181 | 7 | 3.8 | 1.7 |
| 백양터널 | 14시대 | 40 | 501 | 190 | 7 | 3.7 | 1.6 |
| 백양터널 | 15시대 | 39 | 492 | 179 | 6 | 3.0 | 1.6 |
| 백양터널 | 16시대 | 36 | 502 | 178 | 6 | 4.6 | 1.9 |
| 백양터널 | 17시대 | 34 | 497 | 163 | 6 | 4.6 | 2.0 |
| 백양터널 | 18시대 | 33 | 502 | 217 | 6 | 7.7 | 2.3 |
| 백양터널 | 19시대 | 37 | 496 | 208 | 6 | 4.6 | 2.1 |
| 평균 | | 37 | 499 | 176 | 6 | 4.5 | 1.9 |
| 수정터널 | 07시대 | 23 | 499 | 143 | 4 | 4.7 | 1.8 |
| 수정터널 | 08시대 | 20 | 487 | 140 | 4 | 3.4 | 1.5 |
| 수정터널 | 9시대 | 21 | 477 | 131 | 5 | 2.7 | 1.7 |
| 수정터널 | 10시대 | 23 | 487 | 138 | 4 | 1.9 | 1.8 |
| 수정터널 | 11시대 | 26 | 480 | 132 | 6 | 2.0 | 1.9 |
| 수정터널 | 12시대 | 25 | 485 | 148 | 6 | 2.3 | 1.7 |
| 수정터널 | 13시대 | 26 | 482 | 149 | 6 | 2.1 | 1.5 |
| 수정터널 | 14시대 | 27 | 490 | 155 | 6 | 2.1 | 1.2 |
| 수정터널 | 15시대 | 30 | 479 | 187 | 5 | 2.1 | 1.4 |
| 수정터널 | 16시대 | 25 | 499 | 195 | 5 | 3.0 | 1.6 |
| 수정터널 | 17시대 | 28 | 495 | 154 | 5 | 3.5 | 1.8 |
| 수정터널 | 18시대 | 20 | 485 | 184 | 4 | 2.8 | 1.8 |
| 수정터널 | 19시대 | 21 | 490 | 152 | 4 | 3.3 | 1.7 |
| 평균 | | 24 | 487 | 154 | 5 | 2.8 | 1.6 |
| 전체평균 | | 28 | 496 | 144 | 6 | 6.2 | 2.0 |

터널의 시간대별 측정값

| | SO2 | NO | NO2 | O3 | CO | THC |
|------|-----|-----|-----|----|------|-----|
| 07시대 | 27 | 501 | 185 | 6 | 6.3 | 1.7 |
| 08시대 | 28 | 500 | 160 | 5 | 7.6 | 1.8 |
| 9시대 | 28 | 498 | 135 | 6 | 6.4 | 1.9 |
| 10시대 | 29 | 497 | 154 | 6 | 6.6 | 1.9 |
| 11시대 | 32 | 498 | 162 | 6 | 5.0 | 1.9 |
| 12시대 | 31 | 498 | 126 | 7 | 7.2 | 1.7 |
| 13시대 | 27 | 488 | 135 | 8 | 6.3 | 1.5 |
| 14시대 | 24 | 491 | 120 | 5 | 5.4 | 1.8 |
| 15시대 | 27 | 493 | 105 | 6 | 3.4 | 1.9 |
| 16시대 | 27 | 486 | 133 | 6 | 4.4 | 2.1 |
| 17시대 | 28 | 498 | 115 | 5 | 4.5 | 2.3 |
| 18시대 | 28 | 500 | 184 | 7 | 10.3 | 2.8 |
| 19시대 | 28 | 500 | 158 | 6 | 7.5 | 2.3 |
| 평균 | 28 | 496 | 144 | 6 | 6.2 | 2.0 |