

ORIGINAL ARTICLE

## 대구의 클린로드 시스템 운영에 따른 대기 질 개선효과 평가

김성락 · 정응호 · 김해동\*

계명대학교 환경대학

### Evaluation on the Effect of Air Quality Improvement Due to the Employment of Clean-Road System in Daegu

Sung-Rak Kim, Eung-Ho Jung, Hae-Dong Kim\*

College of Environment, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

#### Abstract

To improve air quality around a broad way, Daegu Metropolitan city employed the clean-road system at a part of the broad way of Dalgubul (Daigubul-daero) in 2011. The clean-road system in general is operated two times (4 am, 2 pm) during summertime. In case of scorching alert, the system is operated 3 times a day (4 am, 2 pm and 4 pm). To evaluate the effect of air quality improvement due to the system, we analyzed the time variation of monthly mean particulate matter (PM10) concentration in recent 3 years (2011-2013). The improvement of air quality was estimated at about 5 ~ 15 % under the system.

**Key words** : Clean-road system, Air Quality, Particulate matter concentration

#### 1. 서론

대구시에서는 약 13억 원의 사업비를 들여 2009년 6월부터 2010년 11월에 걸쳐서 달구벌대로의 일부 구간인 총 9.1 km 구간에 클린로드 시스템이라고 부르는 도로 살수장치를 설치하여 2011년부터 운영해 오고 있다. 이는 도로 중앙분리대에 살수 노즐을 3 m간격으로 총 3,591개소 설치하여 도로를 세척하는 시스템이다. 하루 300톤의 물을 04시와 14시에 살수하며 1회당 40분씩 살수하는데, 폭염발생 시기에는 16시에 추가로 1회 더 살수하고 있다. 대구에 도입된 클린로드 시스템의 규모는 광주, 서울 등의 타 시도에 비하여 훨씬 큰 것이다. Fig. 1은 클린로드 시스템이 운영 중인 도로의 사진이다. 클린

로드 시스템을 운영하는 주요 목적은 도심지 도로변에 차량 관련 미세먼지의 비산발생을 억제하는 것과 고온 시에 도로의 표면온도를 낮추어 도로변의 열적 환경을 개선하는 것이다.



Fig. 1. Photograph of the road under clean-road system

Received 11 September, 2014; Revised 1 December, 2014;

Accepted 11 December, 2014

\*Corresponding author: Hae-Dong Kim, Department of Global Environment, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea  
Phone: +82-53-580-5930  
E-mail: khd@kmu.ac.kr

© The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.  
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

도로 살수를 통해서 미세먼지의 비산발생을 억제하는 활동은 국내외 다른 도시에서도 찾아볼 수 있다. 서울시에서는 2007년 5월부터 세종로(세종사거리~광화문), 올림픽로(종합운동장 앞)에서 시행하였다. 규모는 연장 1 km로 1일 수회(1회 100톤) 5분간 노면 전체에 살수하였다. 이 시스템의 운영은 서울시가 미세먼지 농도를 대기환경기준치 이하로 낮추는 데에 효과적인 기여를 한 것으로 평가되고 있다(환경부, 2008).

2010년 10월부터 서울시 신청사 공사, 차선변경 이유로 중지되었지만, 서울시 중구청은 매달 4번째 수요일 오전 5시~11시에 태평로~을지로 일대에 주민들과 함께 물청소를 집중적으로 수행해 오고 있다. 포항시는 국내 지자체 중 서울에 이어 2번째로 클린로드 시스템을 시행하였다. 구간은 육거리~남빈사거리~오거리(830 m 구간)이다. 도로 중앙에 분사 노즐을 3 m간격으로 209개가 설치되었고 1회 가동 시 5분간 가동된다. 봄, 가을에는 새벽시간에 1회 살수하며 여름철에는 낮에 한차례 추가로 살수한다. 인천과 광주에서도 아시안게임과 유니버시아드 대회에 대비하여 대기질 개선을 목적으로 도로에 살수하는 클린로드시스템을 운영하고 있다(백성우, 2011).

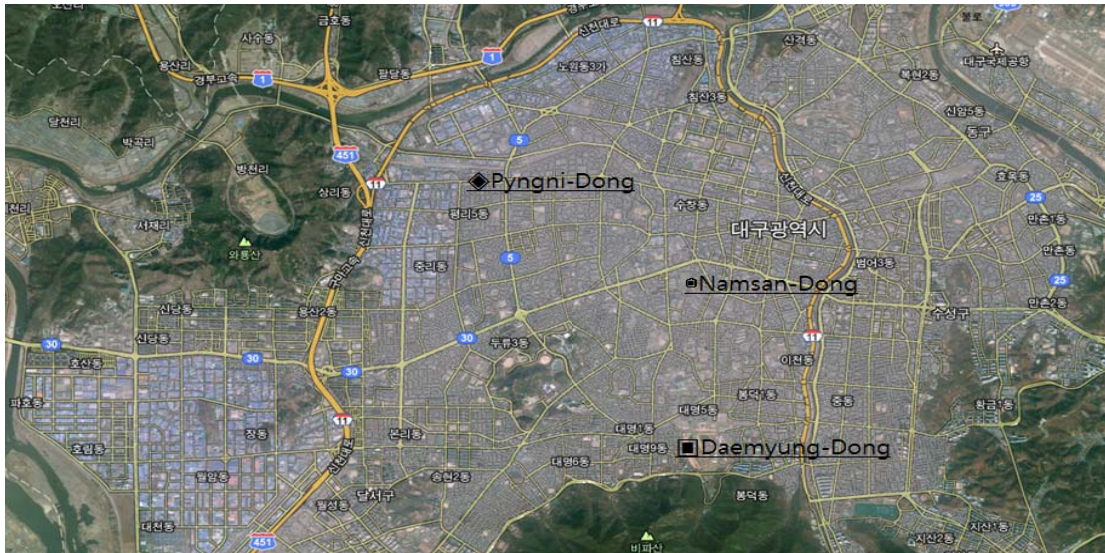
미국의 샌프란시스코는 심야에 소화전의 물을 이용하

여 도로청소를 수행하고 있다. 일본에서도 하계에 도로에 살수하는 클린로드를 운영 중이나, 도로 미세먼지 저감보다는 도시 열섬현상 억제를 주요 목적으로 수행하고 있다(이순환 등, 2008).

대구시의 연간 대기오염 배출량 중 약 80%가 선 오염원으로 추정되고 있으며(박명희 등, 2003), 도로 상의 기상조건에 따라서 차이를 보이긴 하지만 도로 상에서 생성된 선 오염원은 도로변 부근 지역의 대기 질에 절대적인 기여를 하고 있다(김해동 등, 2003; 안원식 등, 2007). 이러한 사실을 바탕으로 추정해 보면, 대구시에서 운영 중인 클린로드 시스템은 대구의 간선도로인 달구벌 대로 부근의 대기질 개선에 기여하고 있을 것으로 예상되는데, 이를 확인해 보는 것이 이 연구의 주요 목적이다.

## 2. 연구 자료와 방법

자료의 분석에 이용한 미세먼지 농도자료는 대구보건환경연구원에서 운영하고 있는 정점 관측 망의 남산동, 평리동 및 대명동의 3개 지점 자료이다(Fig. 2). 남산동 지점은 대구의 달구벌대로에서 클린로드 시스템이 운영된 구간에, 평리동 지점은 클린로드 시스템이 운영되지 않는 태평로에 위치하는 도로변을 대표하는 관측지점이



[○Namsan-dong, ◆Pyngni-dong, □Daemyung-dong]

Fig. 2. Location of 3 fixed air pollution observation sites.

고 대명동지점은 주거단지를 대표한다. 분석기간은 클린로드 시스템이 운영되기 시작한 2011년부터 2013년까지와 그 이전 3년간으로 하고자 하였지만, 클린로드 시스템 운영 이전 3년 중에서 2008년과 2009년에는 평리동과 대명동에 결측 일수가 많아서 2006년과 2007년 자료로 대체하여 분석하였다.

클린로드 시스템이 운영되는 하계(6~8월)를 대상으로 최근 3년(2011~2013년)과 그 이전 3년(2006, 2007, 2010) 동안의 남산동과 평리동의 미세먼지 농도를 비교하였다. 주거단지의 대표지점인 대명동의 미세먼지 농도에 대한 남산동과 평리동의 정규화 값을 구한 후에 이를 비교하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1. 최근 3년간 미세먼지 농도현황

이 연구에서 자료 분석의 대상인 3개 지점에 대한 최근 3년간의 대기 중 미세먼지 농도의 월평균 값을 Fig. 3에 제시하였다. 3개 지점 모두 미세먼지 농도가 2011년에 가장 높았고 2012년에 가장 낮은 분포를 보여, 최근 3년 동안에는 대기 질이 개선되어가는 경향을 보이지는 않았다.

3개 지점에서 모두 8월에 가장 낮은 농도를 보였고, 이어서 7, 9월에 상대적으로 양호한 값을 보였다. 이러한 특성은 이 시기에 강수량과 강수일수가 많은 기상학적 조건에 크게 의존하는 것으로 판단된다. 동계에 남산동, 평리동, 대명동의 미세먼지농도는 각각  $50\sim70\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $60\sim80\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ,  $30\sim50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났으며, 하계에는 남산동과 평리동은  $30\sim50\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 대명동은  $20\sim40\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  정도의 값을 보였다. 즉 도로 변의 정점관측 지점인 남산동과 평리동의 미세먼지 농도는 평리동이 약간 더 높은 수준이고, 주거 단지인 대명동은 이들 지역보다  $10\sim20\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  정도 낮다.

#### 3.2. 클린로드 시스템 운영효과

클린로드 시스템 운영 이전과 이후의 남산동과 평리동의 여름철 미세먼지 농도변화를 각각 Fig. 4와 5에 제시하였다. 클린로드 시스템 운영 이전에 남산동과 평리동의 미세먼지 정규화농도를 보면, 2006년부터 2010년까지 뚜렷한 감소 경향을 볼 수가 있다. 이는 대구시의

미세먼지 농도 개선이 시 전체적으로도 달성되었지만 도로변의 미세먼지 농도 개선이 훨씬 컸다는 것을 말한다. 실제로 클린로드 시스템 수행 이전과 이후의 각 3년간에 미세먼지 농도는 주거단지에서는 약  $10\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 도로변에서는 약  $18\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ 이 개선되었다(대구광역시 환경백서 2013). Fig. 4의 2010년과 Fig. 5의 2011년 이후 자료를 비교해 보면, 대구시의 미세먼지농도 개선은 2010년까지 빠르게 진척되었고 그 이후엔 답보상태임을 알 수 있다.

클린로드 시스템이 운영된 2011년 이후에 평리동은 2010년과 비슷한 수준의 정규화 농도 값을 보인다. 반면에 남산동에서는 약간 감소한 것을 확인할 수 있다. 두 지점 간의 비교에서도 남산동이 평리동에 비하여 클린로드 시스템이 운영되기 이전인 2010년까지는 약간 높은 수준을 보이고 있었는데, 2011년 이후엔 오히려 약간 낮은 것을 알 수 있다.

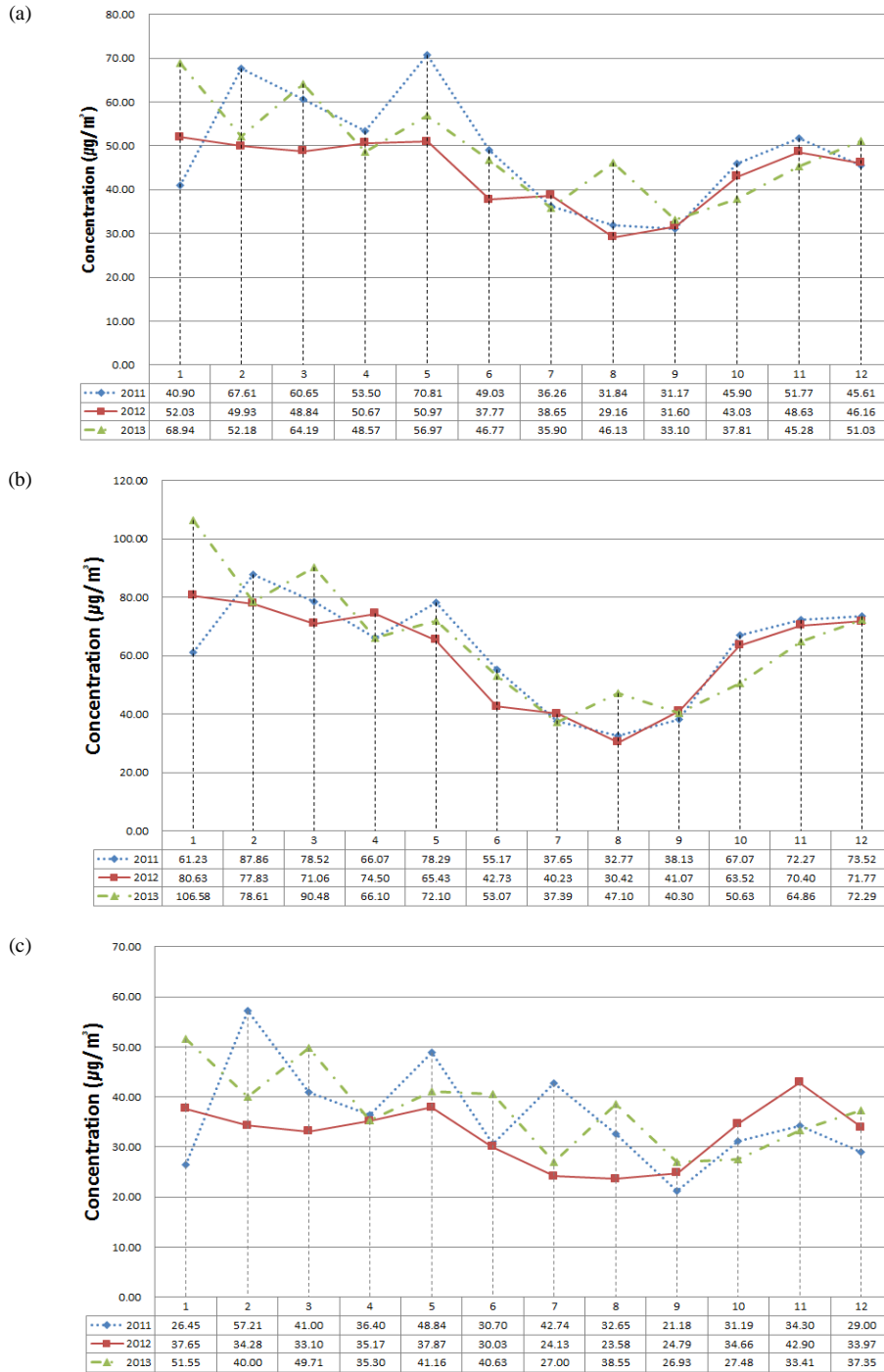
이를 보다 명확히 확인하기 위하여 Fig. 6에 평리동에 대한 남산동의 미세먼지 정규화 농도를 Fig. 6에 나타내었다. 클린로드 시스템이 운영되기 이전에는 2010년 6월을 제외하고는 남산동의 미세먼지 농도가 평리동보다  $4\sim15\ \mu\text{g}/\text{m}^3$  정도 더 높았다. 반면에 2011년 이후에는 남산동의 미세먼지농도는 평리동보다 2~9% 정도 낮게 나타났다. 이러한 사실로부터 클린로드 시스템의 운영으로 남산동의 미세먼지 농도가 개선되었을 가능성을 추정할 수 있을 것이다.

### 4. 결론

대구의 클린로드 시스템 운영에 따른 도로 변 미세먼지 농도 개선효과를 평가하기 위하여 3개 지점의 대기오염 정점 관측망 관측 자료를 분석하여 본 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 대구의 미세먼지 농도는 전체적으로 개선이 이루어졌는데, 주거단지보다도 도로 변에서 더 많은 개선이 이루어진 것으로 평가되었다.

둘째, 클린로드 시스템의 운영 구간에 위치한 도로 변 관측지점(남산동)의 여름철 미세먼지 농도 개선이 클린로드 시스템이 운영되지 않는 다른 간선 도로변 지점(평리동)보다 5~15% 정도 더 많이 이루어진 것으로 평가되었다.



(a) Namsan-dong, (b) Pyungni-dong, (c) Daemyung-dong

Fig. 3. Time variation of monthly mean particulate matter (PM10) in recent 3 years (2011-2013).

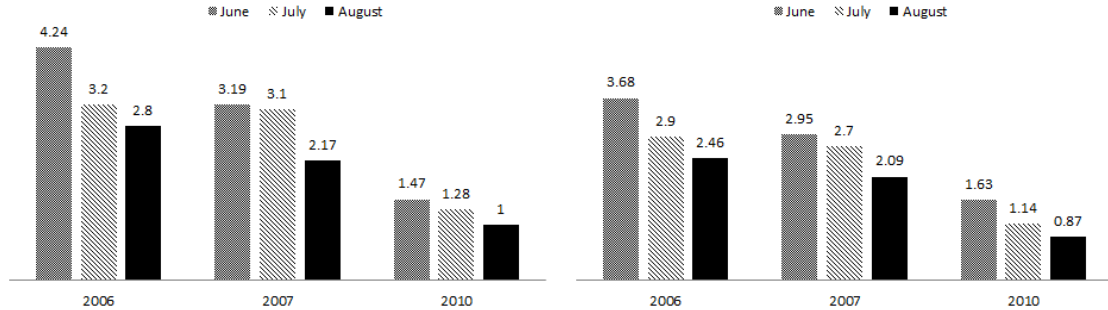


Fig. 4. Normalized monthly mean particulate matter (PM10) compared with Daemyung-Dong at Namsan-Dong(left) and Pyungni-Dong (right) before the employment of Clean-Road System.

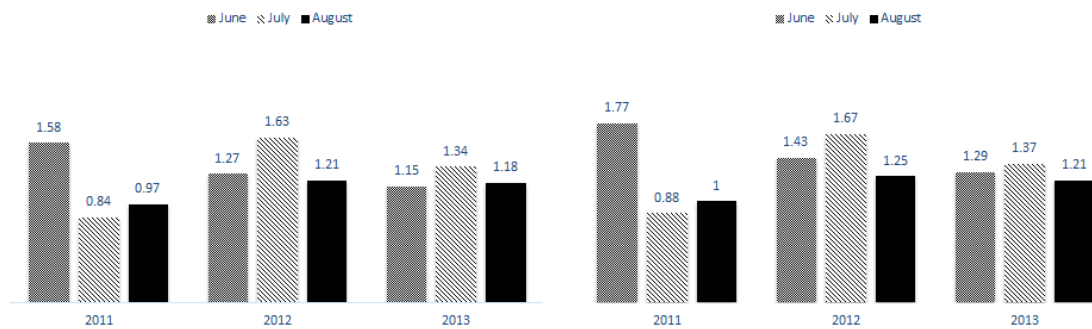


Fig. 5. Same as Fig. 4 except for after the employment of Clean-Road System.

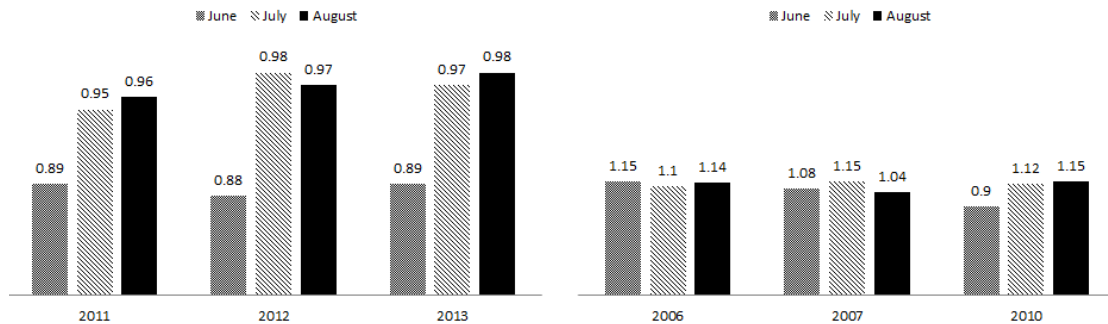


Fig. 6. Normalized monthly mean particulate matter (PM10) compared with Pyungni-Dong at Namsan-Dong after (left) and before (right) the employment of Clean-Road System.

셋째, 대구의 대기질은 2010년까지 지속적으로 개선되어 미세먼지 농도가 주거단지 35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , 도로변 47  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에 이르게 되었지만 그 이후로는 답보상태에 있다(대구광역시 환경백서, 2013). 우리나라의 대기질 배경농도를 고려할 때에 대구시의 대기질 개선은 과거와 같은 빠

른 속도로 달성되기는 어려울 것으로 판단된다. 이러한 상황을 고려할 때에 클린로드 시스템을 운영하여 도로의 비산먼지를 줄이는 것은 도시 내 소지역의 대기질 개선에 효과적인 대안이 될 것으로 판단된다.

### 감사의 글

이 논문은 2014년 대구녹색환경지원센터 연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 14-2-70-72)

### References

- Ahn, W. S., Park, M. H., Kim, H. D., 2007, Sensitivity analysis of air pollutants dispersion model in the road neighboring area due to the line source - the object on ISCST3, CALINE4 model, 16, Journal of the environmental sciences, 715-723.
- Baek, S. O., 2011, Assessment of air quality at a heavy-traffic site in Daegu city with respect to the operation of clean-road system, Daegu regional environmental technology development center, 1-7.
- Daegu metropolitan city, 2013, Environmental white book, 99-169.
- Lee, S. H., 2008, A study of the impact of an improvement road pavement technology on the thermal structure of atmospheric boundary layer, Journal of Korean society for atmospheric environment, 24, 551-561.
- Ministry of environment, 2008, A feasibility study on the model project to reduce re-dispersed minute dust over road, Seoul, Korea.
- Park, M. H., Kim, H. D., Hong, J. H., 2003, Emission estimation of air pollutants in Daegu, Journal of the environmental sciences, 12, 23-34.
- Kim, H. D., Park, M. H., Lee, J. Y., 2003, On the meteorological influence on the automobile air pollution in Daegu, Journal of the environmental sciences, 12, 987-996.