환경영향평가 제19권 제1호(2010) pp.99~106

기술자료

청계천복원공사에 따른 청계천과 주변지역의 대기질 변화분석

장영기 · 김 정 · 김호정* · 김운수**
수원대학교 환경공학과, 시흥시청 환경정책과*, 서울시정개발연구원**
(2009년 9월 16일 접수, 2009년 12월 1일 승인)

Analysis of Air Quality Change of Cheonggyecheon Area by Restoration Project

Young Kee Jang · Jeong Kim · Ho Jung Kim* · Woon Soo Kim**
Department of Environmental Engineering, Suwon University, Siheung City*, Seoul Development Institute**
(Manuscript received 16 September 2009; accepted 1 December 2009)

Abstract

The project of Cheonggyecheon revived the 5.8 kilometer stream and it removed the cover of stream and Cheonggye elevated road. It was begin October of 2003 and completed October of 2005.

The purpose of this study is to analyze the air pollution change of Cheonggyecheon area and neighboring area from before and after the project. The change of concentration is compared with an air monitoring station data and measurement data. The analyzed pollutants are NO_2, PM_{10}, heavy metal, VOC which are measured at Cheonggyecheon and neighboring area.

As the results, NO_2 concentration shows 10 % decreases in Cheonggyecheon area and neighboring area shows 16 % decreases by Chenoggyecheon restoration, and PM_{10} concentration shows 15 % decreases in Cheonggyecheon area and neighboring area shows 16 % increases. One of VOC, benzene is increased in Cheonggyecheon area compared with neighboring area but Toluene, Ethylbenzene, m+p Xylene increased in neighboring area.

After the Cheonggyecheon restoration, The heavy metals are not shows the improvement, but PM_{10} and NO_2 concentration improved more than the changes of neighboring area. These improvements of pollution due to reduction of transportation and clearing of elevated road by Cheonggyecheon restoration project.

Keywords : Cheonggyecheon area, NO_2, PM_{10}, heavy metal, VOC

Corresponding Author : Jeong Kim, Department of Environmental Eng. Suwon University, Wau-ri, Bongdam-eup, Hwaseong-city, Gyeonggi-do, 445-743, Korea E-mail:kkimjeong@suwon.ac.kr

I. 서 론

청계천복원사업은 5.8 km에 걸친 청계천 복개구조물을 철거하고 도심하천으로 다시 복원하는 도시정부 주도형 공공사업으로 2003년 7월 1일부터 청계고가로 철거를 시작으로 본격적인 사업에 들어가 2005년 10월 1일 복원공사가 완료되었다. 복원사업의 세부 목적은 노후화로 인한 청계고가로 및 복개도로의 안전 문제를 근원적으로 해소하고, 자연과 인간 중심의 친환경적인 도시 공간을 조성해 시민들에게 맑은 하천과 휴식 공간을 제공하는 것이다. 또한 개발 지체로 노후 된 청계천 주변지역의 산업구조 개편과 도심 경제 활성화를 유도하는데 있다.

표 1. 연구 진행 개요(2002년 ~ 2005년)

구 분	측정기간	측 정 항 목	비 고
1차	2002.9~11	VOC	공사 전
2차	2003.11	VOC, NO_2, TSP, PM_{10}, 중금속	공사 중
3차	2004.3	VOC, NO_2, TSP, PM_{10}, 중금속	
4차	2004.11	VOC, NO_2, TSP, 중금속	
5차	2005.11	VOC, NO_2, TSP, PM_{10}, 중금속	공사 후

본 연구에서는 청계천 복원 공사 전 · 중 · 후를 포함하는 2002년 09월 ~ 2006년 03월 까지 총 5회의 측정을 실시하였으며, 실측으로 분석된 자료와 청계천 및 주변지역의 대기오염자동측정망 자료를 이용하여 청계천 복원 전 · 중 · 후의 대기오염도 변화를 비교 분석하고자 하였다.

II. 연구 범위 및 방법

청계천복원사업에 따른 도로변 주변지역의 대기질 변화를 파악하기 위하여 NO_2, 미세먼지(TSP, PM_{10}), VOC를 조사 대상물질로 선정하여 청계천 복원공사 시작 시점부터 복원 공사 완료시점까지 총 5회(2002. 9 ~ 2005. 11)에 걸쳐 조사를 진행하였다. 조사 대상지역은 청계천 복원공사 전후의 대기오염도 변화를 비교하기 위하여 청계천로(청계2가 ~ 동대문 운동장 주변) 및 인근지역(종로2가 ~ 5가 구간, 을지로2가 ~ 5가 구간)으로 선정하였다.

조사는 기상의 영향을 배제하기 위하여 5차에 걸쳐 청계천 지역과 주변지역의 농도를 3일간씩 동시

표 2. 측정 항목별 측정 지점

측 정 항 목	지점수	측 정 지 점
TSP 및 중금속	1	종로2가
PM_{10} 및 중금속	1	청계4가
NO_2	15	종로2가~5가(4개지점), 청계2가~5가(4개지점), 을지2가~6가(5개지점), 신평화시장, 동대문운동장
VOC	5	종로2가, 청계2가, 을지로3가, 청계4가, 동대문 신평화시장 앞

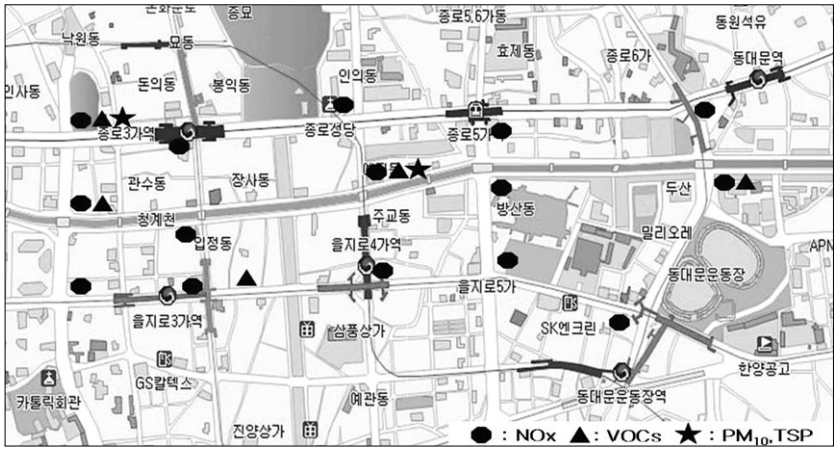

그림 1. 측정항목별 측정지점

에 측정하여 비교하였다. 측정 지점은 표 2, 그림 1과 같이 질소산화물은 15개 지점, 분진 및 중금속은 2개 지점, 휘발성유기화합물은 5개 지점을 선정하였다. 질소산화물은 고무마개포집관(Passive Sampler)을 이용하여 시료를 포집하였으며, 휘발성유기화합물은 Canister를 이용하여 GC로 분석을 실시하였으며, TSP와 PM_{10}은 대용량공기채취기(High Volume Air Sampler)를 이용하여 측정을 실시하였다.

III. 결 과

1. NO_2 오염도 변화(2002~2005년)

2002년부터 2005년까지 청계천 및 청계천 주변지역의 도로변 측정소의 NO_2 농도 변화를 분석하면 표 3과 같다. 청계천 지역의 NO_2 농도는 복원공사 중인 2003년 73 ppb, 2004년 85 ppb로 주변지역에 비해 높게 나타났으며, 복원 공사 후인 2005년은 46 ppb로 주변 지역에 비해 낮게 나타났다. 공사 기간 중 주변지역보다 높았던 30 ppb 정도의 NO_2 농도 증가는 공사장비의 배출가스 영향으로 추정된다.

표 3. 청계천 및 인근 도로변 측정소 NO_2 농도변화
(단위: ppb)

연 도	동대문	서울역	주변지역평균	청계천	비고
2002	59	54	57	51	공사 전
2003	57	34	46	73	공사 중
2004	48	60	54	85	
2005	49	46	48	46	공사 후

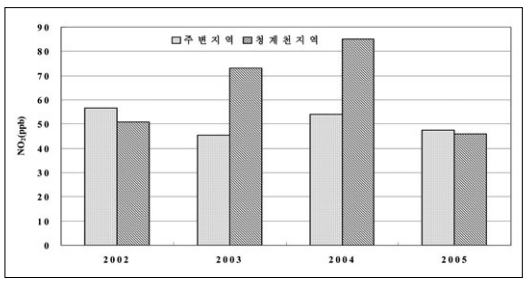

그림 2. 청계천도로변측정소 연도별 NO_2 농도변화 (2002~2005년)

2. PM_{10} 오염도 변화(2002~2005년)

2002년부터 2005년까지 청계천 및 청계천 주변지역의 도로변 측정소의 PM_{10} 농도 변화를 분석하면 표 4와 같다. 청계천 지역의 경우 복원공사 전인 2002년과 복원공사 중인 2003년과 2004년의 PM_{10} 농도가 주변지역에 비해 높게 나타났으나 복원 공사 후인 2005년은 60 $\mu g/m^3$로 주변 지역에 비해 낮게 나타났다.

표 4. 청계천 및 인근 도로변 측정소 PM_{10} 농도변화
(단위: $\mu g/m^3$)

연 도	동대문	서울역	주변지역평균	청계천	비고
2002	-	63	63	71	공사 전
2003	65	48	57	66	공사 중
2004	71	76	74	85	
2005	68	78	73	60	공사 후

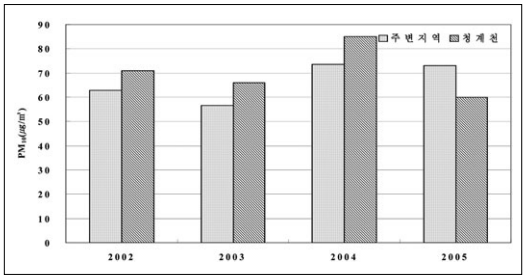

그림 3. 청계천 도로변 측정소 연도별 PM_{10} 농도변화 (2002~2005년)

3. 중금속 오염도 변화(2003~2005년)

청계천복원공사 중과 복원 후의 중금속 농도 변화를 알아보기 위하여 중금속 7개 물질(Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Cd, Pb) 에 대하여 청계4가에서 실측한 농도와 주변지역으로 종로2가에서 실측한 중금속 농도의 상호비교를 실시하였다.

2003년부터 2005년까지 공사 중과 공사 후의 청계천과 종로의 중금속 농도 비교 결과 전반적으로 주변지역의 중금속 농도가 청계천 보다 높은 것으로 나타났으나 Fe의 경우 2004년에 청계천이 9.04 $\mu g/m^3$으로 주변지역보다 높게 나타났으며, 2005년에는 Pb의 농도가 0.18 $\mu g/m^3$로 청계천 지역이 주변지역보다 높게 나타났다.

표 5. 청계천 및 주변 지역의 중금속 농도 변화

(단위: $\mu g/m^3$)

구 분		2003.11	2004.3	2004.11	2005.11
Cr	주변지역	0.0072	0.0178	-	0.0159
	청계천	0.0013	0.0133	-	0.0104
Mn	주변지역	0.0732	0.1052	-	0.0410
	청계천	0.0107	0.0367	0.0122	0.0173
Fe	주변지역	3.0823	5.8735	-	1.9138
	청계천	0.0934	9.0444	0.0933	0.2842
Ni	주변지역	-	0.0096	-	0.0169
	청계천	-	0.0034	-	0.0086
Cu	주변지역	0.9522	0.3684	-	0.9003
	청계천	0.0016	0.0036	0.0011	0.0027
Cd	주변지역	0.0026	0.0042	-	0.0032
	청계천	0.0016	0.0036	0.0011	0.0027
Pb	주변지역	0.0879	0.1541	-	0.0461
	청계천	0.0345	0.0786	0.0271	0.1798

4. VOC 오염도 변화(2002~2005년)

2002년부터 2005년까지의 청계천 및 주변지역의 VOC 중 주요물질인 BTEX물질에 대하여 청계천 복원 전후의 농도를 비교하였다, 청계천 지역은 청계2가 ~ 동대문 구간, 주변지역은 종로2가 ~ 5가, 을지로2가 ~ 5가를 측정 대상지역으로 선정하여 실시하였다.

청계천 구간에서는 Benzene을 제외한 나머지 물질은 공사기간 중인 2003년 ~ 2004년의 농도가 다소 높게 나타났으며, 복원 후인 2005년에는 농도가 감소하는 경향을 나타냈다. 그러나 Benzene의 경우 2002년(공사 중) 2.08 ppb에서 2005년(공사 후) 모두 주변지역보다 청계천 지역의 농도가 높았다.

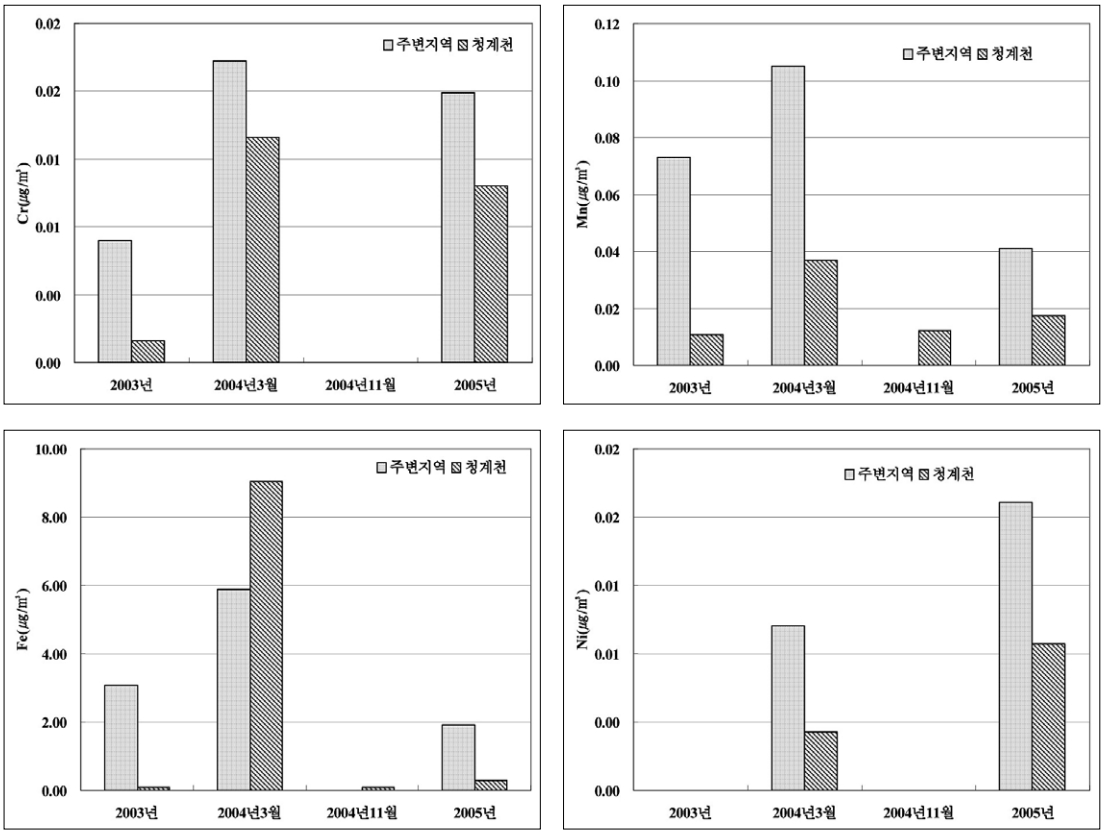

그림 4. 청계천 및 주변 지역의 Cr, Mn, Fe, Ni의 농도 변화(2003 ~ 2005년)

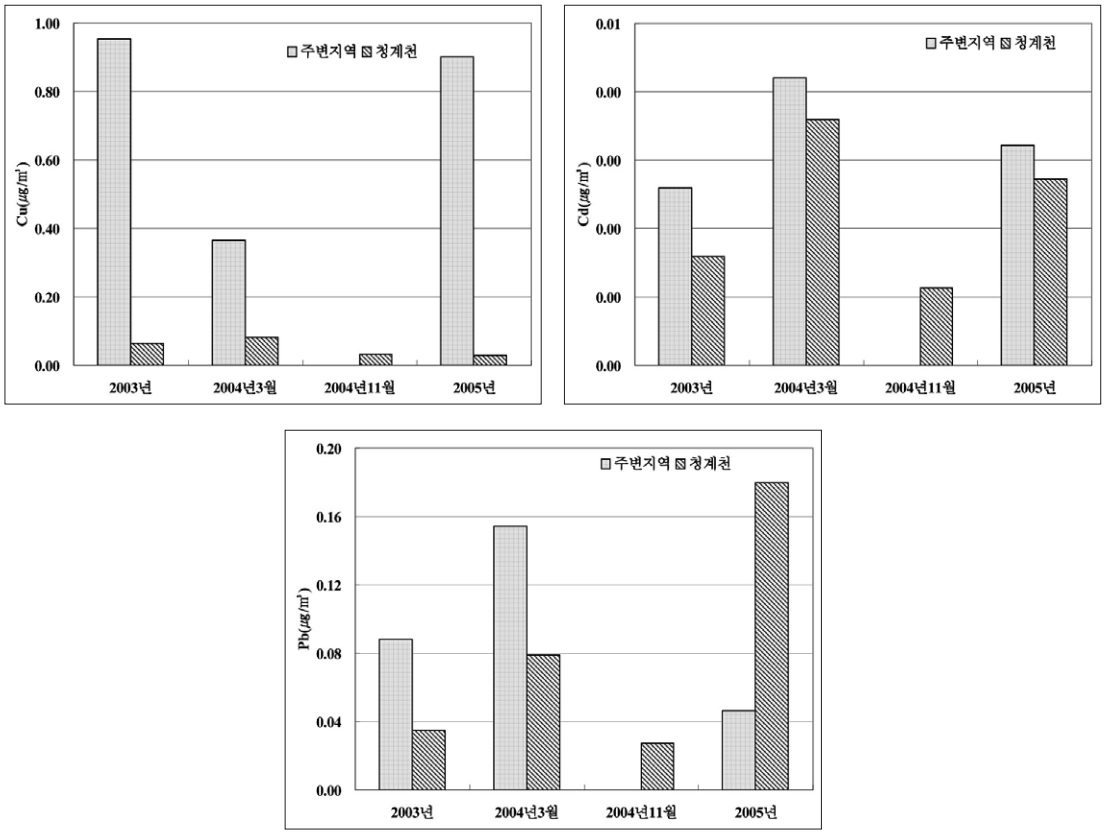

그림 5. 청계천 및 주변 지역의 Cu, Cd, Pb 농도 변화(2003 ~ 2005년)

표 6. 청계천 및 주변지역 VOC 농도변화 (단위 : ppb)

구 분	Benzene		Ethylbenzene		Toluene		m+p-Xylene	
	청계천	주변지역	청계천	주변지역	청계천	주변지역	청계천	주변지역
2002	2.08	0.96	5.07	5.00	32.29	37.30	6.01	5.37
2003	2.04	1.69	2.51	2.31	27.27	19.47	3.24	3.01
2004	2.57	-	10.56	-	115.55	-	4.26	-
2005	2.77	1.01	2.32	8.30	36.47	61.93	2.59	7.70

5. 청계천 복원 공사 전 · 후의 오염도 변화

1) NO_2, PM_{10} 오염도 변화

청계천 복원 전후 농도 변화를 살펴보기 위하여 청계천 및 주변지역의 도로변 측정소의 2002년 ~ 2005년 측정결과를 청계천 복원 전 · 후로 구분하여 농도 비교를 실시하였다. 청계천 복원 공사 완료 시점이 2005년 10월이므로 연도별 10월의 평균값을 대상으로 실시하였다.

청계천 복원 전 · 후의 청계천과 주변지역 도로변 측정소의 NO_2 농도를 비교한 결과 청계천 지역의 경우 51.0 ppb에서 46.0 ppb로 10 %의 감소를 나타내었고, 주변지역의 경우 같은 기간 동안 56.5 ppb에서 47.5 ppb로 16 %의 농도가 감소한 것으로 나타났다. PM_{10}의 경우 청계천 지역이 71.0 $\mu g/m^3$에서 60.0 $\mu g/m^3$로 15 %의 감소를 나타내었고, 주변지역을 같은 기간 동안 63.0 $\mu g/m^3$에서 73.0 $\mu g/m^3$로 16 %의 농도가 증가한 것으로 나타

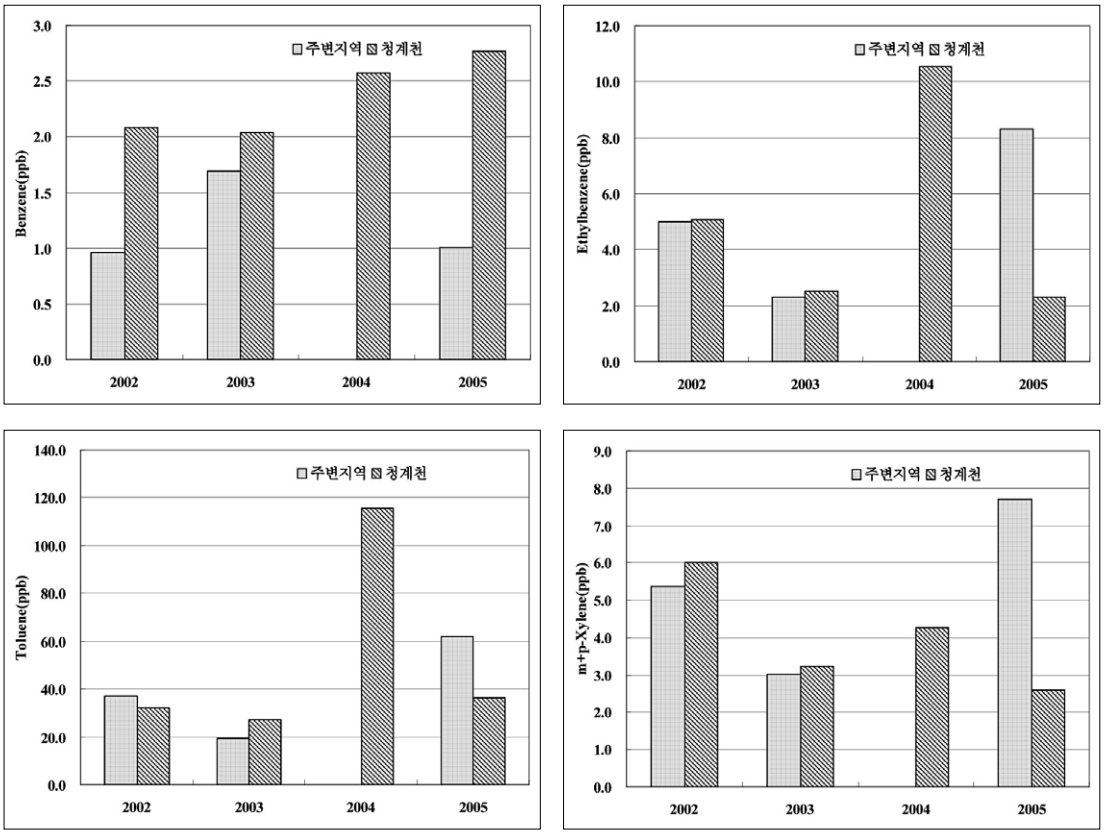

그림 6. 청계천 및 주변 지역의 VOC 농도 비교

표 7. 청계천 복원공사 전 · 후 NO_2 농도변화

(단위: ppb)

구 분	주변지역	청계천 지역
복원 전(2002년 10월 평균)	56.5	51.0
복원 후(2005년 10월 평균)	47.5	46.0
증감률[1)]	−16 %	−10 %

1) 청계천 복원 공사 전 대비 복원 공사 후 농도 증감률(%)
° 주변지역: 동대문, 서울역 도로변 측정소 10월 평균
° 청계천지역: 청계4가 도로변 측정소 자료 10월 평균

표 8. 청계천 복원공사 전 · 후 PM_{10} 농도변화

(단위: $\mu g/m^3$)

구 분	주변지역	청계천 지역
복원 전(2002년 10월 평균)	63.0	71.0
복원 후(2005년 10월 평균)	73.0	60.0
증감률[1)]	16 %	−15 %

1) 청계천 복원 공사 전 대비 복원 공사 후 농도 증감률(%)
° 주변지역: 동대문, 서울역 도로변 측정소 10월 평균
° 청계천지역: 청계4가 도로변 측정소 자료 10월 평균

났다. 청계천 지역과 주변지역의 복원 전 · 후 농도 증감률은 그림 7과 같다.

이를 살펴보면 청계천복원공사 후 주변지역 PM_{10} 농도는 증가하였으나, 청계천 지역은 감소하여 크게 개선되었다. 그러나 NO_2는 주변지역 감소 비율보다 약간 덜 개선된 것을 알 수 있다.

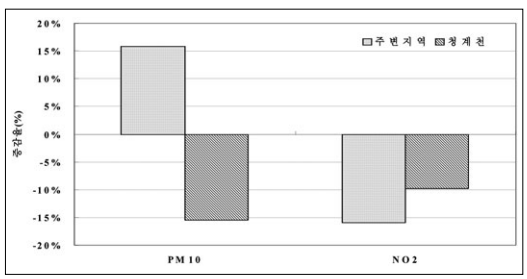

그림 7. 청계천 복원 전 · 후 PM_{10}, NO_2 농도 증감률

2) 중금속 농도 변화

청계천 공사 중과 복원 후의 중금속 농도 변화 비교는 중금속 7개 물질에 대하여 비교를 실시하였다. 2003년 ~ 2005년 사이 청계천 및 주변지역에서 실측된 농도로서, 주변지역은 종로2가에서 실측된 농도이며, 청계천지역은 청계4가에서 실측된 중금속 농도이다.

청계천 공사 중과 복원 후의 중금속 물질 7개에 대한 각 물질별 농도 증감률을 산출한 결과 Fe와 Mn의 농도가 청계천 지역에서 공사 중 대비 각각 91 %, 13 %의 농도 감소를 보였으나, 다른 물질에서는 일부 증가 경향을 보여 뚜렷한 증 · 감 변화를 구분하기는 어려웠다. 공사 중과 공사 후의 중금속 농도 증감률은 그림 8과 같다.

표 9. 청계천 공사 중과 복원 후의 중금속 농도 변화

(단위: $\mu g/m^3$)

구분	주 변 지 역			청계천지역		
	공사 중	복원 후	증감률	공사 중	복원 후	증감률
Cr	0.013	0.016	27 %	0.007	0.0104	42 %
Mn	0.089	0.041	−54 %	0.020	0.0173	−13 %
Fe	4.478	1.914	−57 %	3.077	0.2842	−91 %
Ni	0.010	0.017	76 %	0.003	0.0086	153 %
Cu	0.660	0.900	36 %	0.002	0.0027	29 %
Cd	0.003	0.003	−6 %	0.002	0.0027	29 %
Pb	0.121	0.046	−62 %	0.047	0.1798	285 %

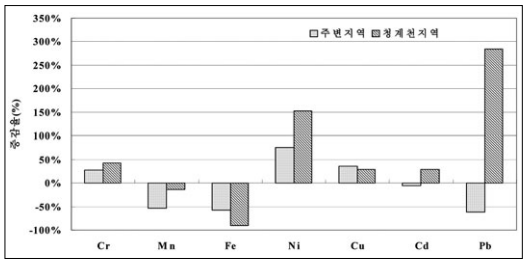

그림 8. 청계천 공사 중과 복원 후 중금속 농도 증감률

3) VOC 농도 변화

청계천 복원 전 · 후의 VOC 물질 중 BTEX 농도를 비교한 결과 청계천에서 Benzene은 주변지역보다 다소 증가하였다. 그러나 Toluene, Ethylbenzene, m+p-Xylene은 주변지역에서 모두 증가하였으나 청계천에서는 크게 감소하거나 약간 증가하여 개선된 것으로 나타났다. 이는 청계천 복원으로 주변 VOC 사용 업소들이 많이 정비되었고 교통량이 크게 줄었기 때문으로 추정된다.

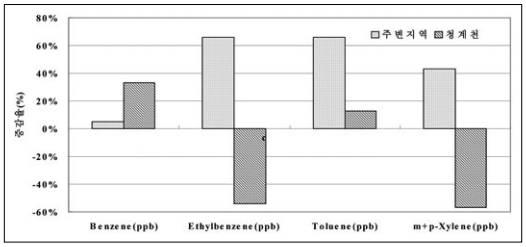

그림 9. 청계천 복원 전 · 후 BTEX 농도 증감률

IV. 결 론

2002년부터 2005년까지의 청계천 및 주변지역에 대하여 청계천 복원 전 · 후의 대기오염도 변화를 알아보기 위하여 총 5회에 걸쳐 청계천 일대의 대기오염물질의 농도를 동시에 측정하여 비교하였다. 대상오염물질은 NO_2, VOC, TSP, PM_{10}, 중금속을 선정하였으며, 청계천 및 주변지역의 실제 측정 장소는 종로2가~5가 구간, 청계2가~동대문 구간, 을지로2가~5가 구간으로, NO_2 15개 지점,

표 10. 청계천 복원 공사 전 · 후 VOC 농도변화

(단위: ppb)

구 분	Benzene		Ethylbenzene		Toluene		m+p-Xylene	
	청계천	주변지역	청계천	주변지역	청계천	주변지역	청계천	주변지역
복원전	2.1	1.0	5.1	5.0	32.3	37.3	6.0	5.4
복원후	2.8	1.0	2.3	8.3	36.5	61.9	2.6	7.7
증감률[1)]	33 %	5 %	−54 %	66 %	13 %	66 %	−57 %	43 %

1) 청계천 복원 공사 대비 복원 공사 후 농도 증감률(%)
* 청계천 : 청계 2가 ~ 동대문구간 실측 평균 농도
* 주변지역 : 종로 구간, 을지로 구간 실측 평균 농도

VOC 3~5개 지점, 분진(TSP, PM_{10}, 중금속7개 물질 포함) 2개 지점을 선정하여 실측하였다.

NO_2와 PM_{10}은 청계천 지역과 주변지역의 도로변 측정소 자료를 이용하여 청계천 복원 전·후의 오염도를 비교 하였으며, VOC의 오염도 비교는 실측 결과를 이용하여 비교하였다. 중금속의 경우 복원 전의 실측자료가 없어 공사 중인 2003년과 공사가 완료된 후인 2005년의 오염도를 비교하였다.

청계천 복원 전·후의 청계천과 주변지역 도로변 측정소의 NO_2 농도를 비교한 결과 청계천 지역의 경우 51.0 ppb에서 46.0 ppb로 10 %의 감소를 나타내었고, 주변지역의 경우 같은 기간 동안 56.5 ppb에서 47.5 ppb로 16 %의 농도가 감소한 것으로 나타났다. PM_{10}의 경우 청계천 지역이 71.0 $\mu g/m^3$에서 60.0 $\mu g/m^3$로 15 %의 감소를 나타내었고, 주변지역을 같은 기간 동안 63.0 $\mu g/m^3$에서 73.0 $\mu g/m^3$로 16 %의 농도가 증가한 것으로 나타났다. 청계천 복원 공사 후 주변지역 PM_{10} 농도는 증가하였으나, 청계천 지역은 감소하여 크게 개선되었다. 그러나 NO_2는 주변지역 감소 비율보다 약간 덜 개선된 것을 알 수 있다.

청계천 공사 중과 복원 후의 중금속 물질 7개에 대한 각 물질별 농도 증감률을 산출한 결과 Fe와 Mn의 농도가 청계천 지역에서 공사 후 공사 중 대비 농도 감소를 보였으나, 다른 물질에서는 일부 증가 경향을 보여 뚜렷한 증·감 변화를 구분하기는 어려웠다.

VOC 물질 중 BTEX(Benzene, Toluene, Ethylbenzene, m+p-Xylene)를 중심으로 청계천 복원 전·후의 농도 변화 조사 결과, 청계천에서 Benzene은 주변지역보다 다소 증가하였다. 그러나 Toluene, Ethylbenzene, m+p-Xylene은 주변지역에서 모두 증가하였으나 청계천에서는 크게 감소하거나 약간 증가하여 개선된 것으로 나타났다. 이는 청계천 복원으로 주변 VOC 사용 업소들이 많이 정비되었고 교통량이 크게 줄었기 때문으로 추정된다.

결론적으로 청계천복원공사 후 청계천 지역의 대기오염도는 주변지역 변화에 비하여 PM_{10}은 크게 개선되었으나 NO_2는 덜 개선되었고, 벤젠을 제외한 VOC는 전반적으로 개선되었으나 중금속의 개선은 확인하기 어려웠다. 이는 고가도로 철거와 청계천 복원에 따라 이 지역 교통량이 크게 감소하였고 주변 업소들이 정비되어진 영향으로 판단된다.

참고문헌

동화기술, 2003, 대기오염공정시험방법.

서울시정개발연구원, 2005, 청계천복원에 따른 도시구조 형태변화 모니터링 연구.

서울시정개발연구원, 2006, 청계천복원에 따른 도시구조 형태변화 모니터링 연구.

서울특별시, 2006, 비전 서울.

서울특별시, 2006, 청계천복원사업 백서.

이규석 외, 2004, 청계천복원사업의 문제점 및 개선방안에 관한 고찰, 한국환경영향평가학회 춘계학술대회 논문집.

허영일, 2006, 청계천 복원에 따른 도시대기환경 개선 효과에 관한 연구, 서울시립대학교 석사학위논문.

환경기술연구소, 2003, 환경대기 중 VOC 성분의 측정과 정도관리, 첨단환경기술.

환경부, 2003, 대기환경연보.

환경부, 2004, 대기환경연보.

환경부, 2005, 대기환경연보.

환경부, 2006, 대기환경연보.

최종원고채택 10. 02. 03