

안양시 온실가스 및 미세먼지 저감 기반구축 방안연구

< 경희대학교 환경학 및 환경공학과 김 동 술 >

1. 연구의 목적 및 필요성

최근 지구온난화에 따른 기후변화에 대응하기 위한 공동노력으로 국제사회는 1992년 6월 유엔환경개발회의 (UNCED)에서 기후변화협약 (UNFCCC)을 채택하였다. 우리나라의 경우, 현재 의무감축 대상국가는 아니지만 주요 온실가스인 이산화탄소의 배출량이 세계 9위이며 OECD 국가 중 이산화탄소 배출량 증가율 1위 국가로서, 2차 의무이행 기간 중 (2013~2017년) 의무감축 국가로 지정될 가능성이 크다. 이에 대비하여 정부는 1999년부터 현재까지 기후변화협약 대응 정부종합대책을 수립하여 시행하고 있는 바, 이와 같은 국가적 기후변화대응정책 수립 및 이행의 실효성 확보를 위해서는 지방자치단체의 역할이 강조되고 있다. 지방자치단체는 에너지소비의 주체이자 온실가스의 주요 배출원이며, 에너지 생산과 배분의 주체로서의 핵심적 역할을 수행하고 있다. 따라서 기초지자체는 온실가스의 직접적인 감축 및 감축 촉진을 위한 정책개발이 필요한 시점이다.

- 쾌적한 대기환경에 대한 요구는 건강한 삶을 위한 인간의 기본적 권한이라 할 수 있다. 그러나 최근 수도권 대기오염도 수준은 수도권 지역의 급속한 인구증가와 도시화로 인해 시정거리의 경우 일평균 수 km에 불과하여 시민들이 느끼는 체감 대기오염도는 매우 높아졌고, 대기오염에 대한 우려는 더욱 심각해졌다. 비록 정부가 청정 연료전환, 배출허용기준 강화 등 다각적인 정책을 시행하고 있지만, 미세먼지 등 선진국형 대기오염물질은 오히려 증가하고 있는 추세이다. 따라서 미세먼지 저감방안을 마련하기 위해서 일반대기 환경에서의 실측자료를 토대로 오염원인을 정량적으로 규명하는 수용방법론 (receptor method)의 적용이 요구되고 있다.

- 본 연구의 대상지역인 안양시는 빠른 도시화로 인해 인구는 경기도내 31개 지자체 중 7번째이며, 수도권 남부에 위치한 교통의 요충지대로 도시대기의 질적 변화가 예상되는 지역이다. 기후변화 대응을 위한 지자체의 종합정책을 수립하기 위해서는 온실가스의 배출원을 파악하고 부문별 온실가스의 배출량을 산정하는 연구가 선행되어야 한다. 또한 안양시의 기존 정책방안 및 개발계획 등을 토대로 도시의 온실가스 배출특성에 적합한 종합대책이 수립되어야 한다. 따라서 미세먼지 관리방안을 마련함으로서 대기질을 개선하고, 기후변화 종합대책을 마련함으로서 에너지이용의 효율화를 도모할 수 있다.

II. 연구의 내용 및 범위

본 연구에서는 안양시가 기후변화 문제에 적극적으로 대응하고 기후변화 대책을 체계적이고 효율적으로 추진할 수 있도록 필요한 기초자료를 확보하였다. 또한, 안양시의 온실가스 배출량을 산정하고 저감 잠재량을 추정하였다. 최종적으로 온실가스 감축목표를 설정한 후 안양시 배출특성과 저감 잠재량을 고려하여 부문별로 온실가스 감축전략을 수립하였다.

- 한편, 시민들이 건강하고 쾌적한 생활을 영위할 수 있도록 안양시의 미세먼지 저감방안을 제안하였다. 본 연구의 목적을 달성하기 위하여, 안양시의 인구, 산업시설, 교통 등의 각종 현황을 조사하고 분석하여 대기환경에 관한 종합적인 평가를 수행하였다. 특히, 안양시에 위치한 대기오염측정망 자료를 이용하여 안양시의 일반 대기오염물질 현황을 분석하였으며, 본 연구지역에서 채취하여 분석된 분진시료를 수용모델에 적용하여 오염원을 확인하였고 오염원인을 정량적으로 규명하였다. 분석된 결과를 토대로 대기오염물질 저감을 위한 효율적인 관리방안을 제시하였다.

III. 연구결과

- 본 연구에서는 안양시의 2000~2007년 온실가스 배출량을 산정하였다. 크게 에너지, 산업공정, 농·임업 및 기타 토지 이용, 폐기물, 간접배출로 구분하였으며, 각 부문과 온실가스 종류별로 세부적인 배출경로에 대한 연구를 진행하였다. 배출량 산정대상 온실가스는 CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, SF₆ 6가지이며, 산정방법은 2006 IPCC G/L을 기본으

로 하였다. 배출계수 역시 IPCC에서 제시하는 기본값을 적용하였다. 활동도 자료는 기본적으로 안양통계연보 및 경기통계연보를 통해 확보하였고, 부족한 부분은 지역에너지 통계연보, 환경부 홈페이지, 경기도 내부자료, 환경관리공단 자료, GS파워 안양지사, 삼천리 도시가스 남부지점 등을 통해 확보하였다.

- 안양시의 온실가스 전체 배출량은 2000년 3,337,255 톤CO₂에서 2007년 3,297,935 톤CO₂로 감소하는 추세이다. 에너지 부문과 농업, 산림 및 기타토지 이용 부문이 감소하는 추세를 보였으며, 특히 에너지 부문은 2,872,931 톤CO₂에서 2007년 2,574,961 톤CO₂로 10.3% 감소하였다. 산업공정 부문과 폐기물 부문, 간접배출 부문은 증가하고 있으며, 특히 간접배출 부문은 359,360 톤CO₂에서 2007년 578,909 톤CO₂로 61.1%로 매우 큰 증가율을 보이고 있다.
- 안양시 온실가스 저감목표년도는 국가기준과 동일한 2020년으로 설정하였다. 국가 감축목표인 2005년 대비 4% 감축수준을 동일하게 안양시에 적용하였다. 이 경우 안양시는 2020년 대비 23% 감축(3,248 천톤CO₂)을 목표로 온실가스를 감축하여야 한다. 온실가스 배출량 저감방안으로는 온실가스 감축기반 조성, 친환경 에너지 보급, 에너지 절약 및 신재생에너지 보급, 자동차 오염 개선, 교통대책, 폐기물 감량 및 재활용, 자원화 대책, 환경보전대책, 기후변화 대응 교육 및 홍보, 기후변화 대응 교류 협력 촉진 등의 9개의 감축방안을 제안하였다.
- 본 연구지역의 대기현황을 파악하기 위하여 안양시에 설치되어 있는 대기오염자동 측정망에서 측정된 자료를 분석하였다. 분석항목은 SO₂, NO₂, O₃, CO, PM₁₀ 등이며, 2009년에 각각 연평균 농도 0.005 ppm, 0.031 ppm, 0.019 ppm 0.6 ppm, 57 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 를 나타내었다. PM₁₀을 제외한 4개의 항목은 해당 오염물질의 연평균 대기 환경기준을 만족하였지만, PM₁₀은 연평균기준을 초과한 것으로 조사되었다.
- 미세먼지의 물리·화학적 특성을 파악하고 오염원인을 규명하기 위하여, 2009년 4월부터 2009년 5월, 2009년 8월부터 2009년 9월까지 연구지역에 소속되어 있는 안양시청에서 시료를 채취하였으며, PM₁₀의 농도경향 및 무기원소, 이온성분에 대하여 분석하였다. 본 연구지역에서 채취된 시료의 PM₁₀ 농도 경향분석 결과, 2009년 봄철과 여름철에 측정된 연평균농도는 각각 56 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 분석되어 대기오염측정망에서 측정된 자료와 유사함을 확인할 수 있었다. 무기원소의 특성을 파악하기 위하여 분석된 원소항목은 Ag, Al, Mn, V, Cr, Fe, Ni, Cu, Cd, Pb, Si, Ti, Ba으로 총 14개 항목에 대하여 분석을 실시하였다. 14개 원소 중에서 Fe, Al,

Cu 등은 측정기간 중 비교적 높은 농도값을 나타내었다. 특히, Fe의 경우에는 측정기간 중 $0.63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 가장 높은 값으로 분석되었고, 토양 성분인 Al, Si 등도 비교적 높은 농도 값을 나타내었다. 측정기간 동안 PM_{10} 중 무기원소가 차지하는 비율은 1.9%로 나타났다. 또한, 이온성분의 특성을 파악하기 위하여 Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , Na^+ , NH_4^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} 의 총 8개 성분을 분석하였다. 각각의 이온성분에 대한 평균농도는 SO_4^{2-} $7.052 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NO_3^- $3.493 \mu\text{g}/\text{m}^3$, NH_4^+ $2.567 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Na^+ $0.738 \mu\text{g}/\text{m}^3$, K^+ $0.522 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Cl^- $0.279 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Ca^{2+} $0.253 \mu\text{g}/\text{m}^3$, Mg^{2+} $0.080 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다. 탄소성분의 경우, OC(OC1, OC2, OC3, OP)와 EC(EC1, EC2, EC3)를 분석하였다. OC의 전체평균 농도는 $8.30 \mu\text{g}/\text{m}^3$, EC의 농도는 $4.96 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 나타났다.

- 화학적으로 분석된 농도자료를 이용하여 PMF 모델을 이용하여 수용모델링을 수행한 결과, 안양시 PM_{10} 의 오염원은 총 7개로 분류되었다. PM_{10} 에 대한 배출 기여도는 가솔린자동차 오염원 8.2%, 토양 및 도로먼지에 의한 비산먼지 오염원 26.3%, 생체량 연소오염원 9.1%, 해염 오염원 4.2%, 2차에어로졸 오염원 23.1%, 디젤자동차 오염원 10.3%, 산업관련 오염원 18.8%로 나타났다. 토양관련 비산먼지 오염원이 단일 오염원으로는 가장 높은 기여도를 보였다. 2차 오염물질의 기여도는 23.1%로 전체의 약 1/4의 비율을 차지하는 것으로 분석되었다. 또한, 자동차 오염원의 기여도는 18.5%를 차지하였다.
- 미세먼지 저감방안으로 진공 청소차량의 점진적 확보, 학교 운동장의 인조잔디화, 공원 및 이면도로 청소개선, 화단조성 확대, 공사장 출입차량 및 토사 운반차량 상시단속 (토양 및 도로먼지 오염원), 가스상 오염물질의 저감 및 제어관리, 장단거리 운송을 통해 생성되는 2차 오염물질에 대한 정확한 평가 및 대책 필요 (2차에어로졸 오염원), 대기오염물질 배출업소의 자체관리 및 단속 필요 (산업관련오염원), 철저한 배출가스 규제강화 및 저공해차 보급, 관리대상 차량의 지정 및 자전거 이용의 생활화, 노후자동차의 조기폐차, 하이브리드 자동차의 보급확대 (자동차 오염원), 논, 밭, 공사장 등에서 발생하는 불법소각 단속철저 (생체소각 오염원) 등을 제시하였다.

IV. 연구결과의 활용계획

- 안양시 지역특성을 고려한 효율적인 기후변화대응 종합대책 수립 및 관련조례 제정, 홍보·교육에 대한 구체적 실행방안을 마련할 때 기반자료로 활용할 수 있음.

- 안양시 미세먼지의 배출특성과 오염원인의 정량적 분석자료를 통해 미세먼지 저감방안을 합리적으로 강구할 수 있음.

Studies on the development of management plans for reducing emissions of greenhouse gases and ambient PM₁₀ in Anyang City

< Kyunghee Univ., Dong-Sool Kim >

I. Objectives and Necessity

o Recently, many countries have agreed with the principals of the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) which was adopted in the United Nations Conference on Environment and Development (UNCED) on June, 1992. Korea is not yet belonging to the obligatory reduction destination country, but in terms of the emissions of carbon dioxide, an important greenhouse gas, is the 9th nation in the world, and also in terms of the emitting rate is the 1st place in the OECD nations. Local government is a main body of energy consumption and an important emission source of greenhouse gases. Consequently, every local government has to reduce direct emissions of greenhouse gases and establish its own policies to accelerate the reduction of gas emissions

o Rapid industrialization and urbanization are main issues affecting serious air pollution problems that cause respiratory illness, visual range reduction, and damage to plants and animals. Despite of the efforts to improve air quality since the 1990's, ambient air quality is constantly deteriorated. One of main

purposes in this study was to suggest basic control strategies for improving ambient PM₁₀ in Anyang City, where is one of the fastest developing cities in the Gyeonggi Province.

- o The study initially investigated general environmental conditions and statistically analyzed criteria air pollutants in Anyang city to definitely understand the study area. In addition, the study collected PM₁₀ samples to measure mass concentration and further analyzed inorganic elements, ions, and carbon contents in PM₁₀. Based on these data, a receptor model was intensively applied to assess environmental impacts and to obtain source characteristics and their contributions. Furthermore, the study estimated emissions of greenhouse gases by applying emission factors and various activity data. Finally, this study provided basic information when planning control policies for ambient aerosol and climate change by reviewing characteristics of greenhouse gas emissions and comprehensive analyses for PM₁₀ source contributions, and help to establish environmental management plans for improving local air quality of Anyang city.

II. Study Results

- o Greenhouse gas emissions in Anyang area were estimated from the year of 2000 to 2007. Emission types were classified into 5 categories, such as energy, industrial processes and product use, agriculture-forestry and other land uses, waste, and indirect greenhouse gases. The greenhouse gases investigated in this study were CO₂, CH₄, N₂O, HFCs, PFCs, and SF₆. The estimation method was based on the 2006 IPCC G/L and emission factors were based on the IPCC guidelines values. The activity data used in the study were mainly obtained from the yearbook of Gyeonggi Province and Anyang City and the other data were from the yearbook of the regional energy statistics, the ministry of environment homepage, the inside data of Gyeonggi, the data of environmental management corporation, GS power (Anyang) corporation, Samchully city gases (Nambu) corporation.

- o The result revealed that the total gas emission in 2000 was 3,337,255 ton CO₂. And it was 3,297,935 ton CO₂ in 2007. When examining the categorical emissions, the emission category order was the energy, the waste, the agriculture-forestry, and the other land uses category from the top.

- o The criteria air pollutants monitored by the municipal government were SO₂, NO₂, O₃, CO and PM₁₀. The basic statistical results showed that annual average concentrations of SO₂, NO₂, O₃, CO, and PM₁₀ were 0.005 ppm, 0.031 ppm, 0.019 ppm, 0.6 ppm and 57 μg/m³ in 2009, respectively. Each level was not exceeded the ambient air quality standard except for PM₁₀.

- o In addition, aerosol samples were daily collected from April to May, 2009 and from July to September, 2009 to characterize physicochemical properties of PM₁₀ at the Anyang City Hall. The inorganic elements (Ag, Al, Mn, V, Cr, Fe, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, Si, and Ba) were analyzed by an ICP-AES after proper pre-treatments of each sample. The concentration of inorganic elements levels for Fe, Al, and Cu which are related to crustal source and industrial related source, were higher than those for Cd and V, respectively. The average mass fraction of the total inorganic elements to the PM₁₀ was 1.9% during the study period. The ion elements (Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Ca²⁺, and Mg²⁺) were analyzed by an IC. The concentrations of ion components were SO₄²⁻ 7.052 μg/m³, NO₃⁻ 3.493 μg/m³, NH₄⁺ 2.567 μg/m³, Na⁺ 0.738 μg/m³, K⁺ 0.522 μg/m³, Cl⁻ 0.279 μg/m³, Ca²⁺ 0.253 μg/m³, Mg²⁺ 0.080 μg/m³, respectively. In addition, the average concentration levels of each carbon were EC 4.96 μg/m³ and OC 8.30 μg/m³.

- o Based on these chemical information, the PMF model was applied to estimate the quantitative contribution of air pollution sources. The optimal parameters for performing modeling were determined by a trial and error process. After performing the modeling, a total of 7 sources was identified and their contributions were intensively estimated. The average contributions of PM₁₀ emitted from each source were as follows: 26.3% from soil and road dust source, 23.1% from secondary aerosol source, 18.8% from industrial related

source. 10.3% from diesel vehicle source, 9.1% from biomass burning source, 8.2% from gasoline vehicle source, 4.2% from aged sea salt source, respectively. As a conclusion, this study provides information on the major sources effecting air quality in the receptor site and thus it will help to maintain and manage the ambient air quality in this study area by suggesting reliable control strategies for relating sources.

III. Future plans to apply the study results

- o Can provide practical information when operating environmental policies for publicity and public education, and further can establish effective control and adaptation measures for climate change with considering the Anyang's own environmental characteristics.

- o Can provide core information when planning a control policy for ambient aerosol by reviewing the characteristics of aerosol missions and comprehensive analyses of aerosol sources.