대기환경용량을 고려한 수도권 녹지정책에 대한 도시동태학적 연구

박창석
한국환경정책·평가연구원

Ⅰ. 서론

환경문제는 토지이용, 특히 녹지의 문제와 직결된다. 보전해야 할 지역과 개발이 가능한 지역을 엄밀히 구분하여 토지를 계획적으로 이용한다면 자연생태계를 보전함과 동시에 자연정화기능을 극대화할 뿐 아니라 직주근접의 공간배치로 불필요한 통행 수요와 에너지 자원의 낭비를 막아 환경오염을 최소화시킬 수 있다. 따라서 신중하고 체계적인 토지이용과 녹지의 보전은 난개발을 예방하여 토지의 효율적 이용뿐 아니라 생태계 및 대기 등 환경보전을 위해서도 필수적이다.

최근 도시토지 이용과 환경을 통합하여 도시성장과 녹지 등 환경관리를 합리적, 효율적으로 관리하고자 하는 노력이 강조되고 있다. 특히, 대기나 수질의 총량관리계획이 수립됨에 따라 환경용량의 제약조건을 고려한 지속가능한 토지이용정책에 대한 요구가 높아지고 있다.

본 연구는 도시동태학적 접근을 토대로 대기환경용량의 제약조건하에서 수도권의 토지이용행태를 살펴보고, 이를 토대로 녹지정책의 기본방향을 제시하고자 한다. 수도권은 대기환경관리기본계획(2005년 11월)이 수립되어 대기오염물질의 총량관리가 필요하고 개발수요도 높아 녹지 등 토지의 보전과 계획적 이용의 필요성이 높은 지역으로서 사례연구의 타당성이 충분하다. 그리고 대기환경용량으로서 NO_2를 설정하였는데, 이는 수도권 대기환경관리의 대상물질이면서 지역적 토지이용 특성을 반영하고 녹지 증가에 따른 흡착 등의 특성을 고려하기 위해서이다.

Ⅱ. 대기환경용량과 녹지정책을 위한 도시동태학적 모형의 구축

1. 환경용량과 토지이용변화분석을 위한 접근방법 : 도시동태학적 접근의 필요

환경용량 및 토지이용변화를 분석하기 위한 접근방법은 경험적-통계적, 경제적, 체계(도시)동태적, 에이전트(agent), 하이브리드-통합적 접근 등으로 구분할 수 있다(http://www.geo.ucl.ac.be/LUCC). 여기에서 도시동태학적 접근이 자연생태계와 환경, 경제, 토지이용 등을 구조적으로 분석하는 데 용이하다. 즉, 녹지를 포함한 토지이용의 변화는 인구 규모, 주거, 산업, 공원 등의 개발 수요 및 환경 부하(대기질)와 인과적 관계를 가지고 있어 이러한 인과관계를 구체적으로 살펴보고, 도시토지이용의 어떠한 변수 혹은 피드백 과정을 강화하거나 통제하여야 하는 지를 보여주는데 상대적인 강점을 지니고 있다. 수도권의 경우, 경제적 발전과 도시개발이 상당기간 요구됨과 동시에 삶의 질과 환경보전의 수요 또한 확대되어 경제적 발전과 환경, 도시개발의 조화를 이루는 지속가능한 발전 방안을 우선적으로 모색해야 한다. 이러한 경제, 환경, 도시개발의 상호관계를 동태적으로 이해하고 파악하는데 유용한 접근이 바로 도시동태모형인 것이다. 도시동태모형은 주거, 녹지 등 주요 수준변수에 대한 변화방정식(law of motion)의 연립방정식으로 표현되는 수리모형 체계이고, 비확률적, 즉 수치해석적 시뮬레이션의 형태로 구축된다.

2. 대기환경용량과 녹지정책을 위한 도시동태학적 모형의 구축

본 연구에서는 도시의 성장과 쇠퇴를 구현하기 위해 작성된 Alfeld & Graham(1976)의 URBAN1 모형을 토대로 한다. 특히, 수도권 전체를 대상으로 녹지 등의

토지이용행태를 분석하는 하향식 접근을 기본모형으로 구축하되, 수도권을 16개 지역으로 세분하여 바람에 의한 대기오염물질(NO_2)의 이동을 고려하면서 지역별 녹지 등 토지이용행태를 분석하는 상향식 접근을 참고모형으로 검토하였다. 기본모형에서는 경제자본과 밀도변수(건축용량과 입목축적도 등)를, 참고모형에서는 박스모형(Box Model)에 의한 대기오염을 고려하면서 녹지 등 토지이용행태를 분석하였다. 그리고 물리적, 입지적, 계획적 요소인 10개 변수를 토대로 격자(500m×500m)별 개발잠재력을 GIS를 이용하여 분석하고 이에 따른 장래 토지이용변화를 시계열적으로 도출하였다.

구체적으로 도시동태모형의 분석기간은 1990년부터 2050년까지로 설정하였고, 시뮬레이션 수행은 전용 분석툴인 STELLA 8.0 패키지로 시행하였다. 근사해법은 해당 패키지의 오일러 방법(Euler method)에 의해 이루어졌고, 특별한 시간지연(discrete/exponential smoothing time-delay) 작용과 파라메터가 포함되지 않아 근사단위시간(DT)을 1/5년로 수행하였다.

III. 수도권 대기환경용량과 녹지정책에 대한 도시동태학적 모형의 적용

1. 모형의 적합성 검토

모형을 구성하는 주요 변수인 인구와 토지이용(개발면적, 주거, 산업, 공원녹지, 교통), 자본, 산업생산, NO_2 배출량 등을 기준으로 모형의 타당성을 검증하였다. 1990~2003년 동안에 NO_2 배출량을 제외한 이들 변수들에 대한 적합도(R2)는 85.27~99.43%로 나타나 모형의 타당성을 충분히 보여준다. 또한 2030년까지의 수도권의 인구추계(통계청, 2005)와 비교하여서도 95.0%의 적합성을 나타내었다. 그러나 환경제약조건인 NO_2 배출량은 12.57%의 낮은 설명력을 보였는데, 이는 해당 오염물질 배출량의 연간 변동력이 높고 산정방식의 변화 등에 기인하는 것으로 이해된다. 그러나 단위면적당 NO_2 배출량(톤/km^2)의 변화 추세는 충분히 반영하고 있어 전반적인 모형의 적합성은 높은 것으로 풀이된다.

2. 대기환경용량과 녹지 등 토지이용행태 분석

대기환경용량을 사회적 합의에 의한 기준(목표)으로 설정한다. 그래서 대기환경용량을 현재의 규제가 진행될 경우(베이스-런)와 수도권 대기환경관리기본계획에 따라 규제가 강화될 경우(시나리오-2)로 구분하고, 시나리오-2에 밀도변수(건축용적율, 입목축적)를 조정(20% 상향조정)될 경우(시나리오-3)에 대한 녹지 등 토지이용 행태 특성을 모형을 이용하여 분석하였다.

2030년을 기준으로 인구와 산업생산(조원, 2000년 기준)은 3개 시나리오 모두 큰 변화가 없고, 개발면적과 일인당 개발면적의 경우에는 차이가 상대적으로 두드러진다. 개발면적당 NO_2 순배출량의 경우, 베이스-런과 시나리오-1 및 시나리오-2와의 차이가 크게 나타났다. 따라서 현재 추세보다는 환경기준을 강화되는 경우가 토지의 개발규모의 축소를 통한 산림 등 토지보전에 긍정적인 역할을 하는 것으로 판단된다. 또한 시나리오-2는 시나리오-1에 비해 전체 개발면적이 121km^2(1인당 개발면적 4.83m^2)을 감소하고 도시공원면적(1인 기준)도 15m^2에 근접하면서 수목량(임목축적률)의 증가도 동시적으로 나타나 녹지정책 측면에서 가장 바람직한 것으로 판단된다. 특히, 시나리오-1과 2에서의 1인당 도시공원 면적의 차이(1.09m^2)는 입목축척밀도를 향상시켰을 경우의 인간의 이용을 우선적으로 고려할 수 있는 녹지량을 의미한다. 따라서 입목축적밀도를 20% 제고할 경우 대기환경용량을 충족하면서 인간의 순수한 이용을 위한 녹지공간의 확보가 가능할 수 있다는 점을 시사한다.

3. 참고모형에 기초한 녹지 등 토지이용행태의 비교

현재의 수도권 토지이용규제와 함께 수도권 대기환경관리기본계획에 따른 NO_2 배출 삭감량(2001년 기준 53% 삭감)을 적용할 경우, 적정 인구 규모는 현재의 인구와 유사하게 나타났다. 녹지 등 적정 토지이용을 살펴보면, 산업용지는 현재수준(187km^2)을 유지하지만 주거용지는 현재수준(742km^2)보다 41.8%, 녹지는 현재수준(2,263km^2)보다 79.5%의 증가가 필요한 것으로 분석되었다. 따라서 도시공원 등 녹지공급이 사업비 등으로 인해 일정한 한계가 있음을 고려한다면 개발제한구역 등 현존 녹지의 적극적인 보전과 함께 입목축적율 등 질적 개선을 동시적으로 요구한다고 볼 수 있다.

4. GIS에 기초한 토지이용 변화와 광역 생태네크워크의 영향 분석

앞서 작성한 시나리오에서 베이스-런과 시나리오-2의 장래 토지이용 변화를 중심으로 살펴보았다. 베이스-런의 경우 서울과 그 주변지역인 인천, 안양, 수원 중심의 시가화 지역이 2015년에는 파주, 김포 일부 지역과 경부축을 중심으로 안성, 평택, 화성 등까지 확장되었으며, 2030년에는 대부분의 경기도 남부지역과 김포, 파주시 등 북서부지역, 이천시를 중심으로 하는 중부축의 시가화가 뚜렷하게 나타나는 것으로 분석되었다. 그러나 시나리오-2의 경우 광주-이천 등의 중부축과 화성, 평택 등 남부지역의 시가화 정도가 상대적으로 낮게 나타나고 있다.

이러한 장래 토지이용 변화에 따른 광역 생태네트워크(환경부, 2003)의 영향을 분석하면, 베이스-런(직·간접영향권내 개발면적:256.71㎢)에 비해 시나리오-2(·간접영향권내 개발면적:223.6㎢)의 영향이 보다 낮은 것으로 나타나며, 이는 개발총량의 감소가 광역 생태네트워크의 보전 및 관리정책에 긍정적인 영향을 미치는 것을 시사한다. 그렇지만 자연보전권역의 보전강화 등 보전지향적 정책으로 변화할 경우 수도권 동부지역의 분산개발을 예방하고 서부지역으로의 집합적 개발을 유도한다는 긍정적 측면도 있지만, 일정한 지역으로의 개발 집중에 따른 환경부하의 심화, 광역 생태네트워크의 훼손 증대 등의 영향도 나타난다. 따라서 수도권의 자연생태 및 녹지, 환경관리에 대한 명확한 목표를 토대로 관련 정책이 수립, 집행되어야 한다.

Ⅳ. 결론

본 연구는 도시동태적 접근을 토대로 수도권의 대기환경용량을 제약조건으로 개발 수요 등의 충족을 고려한 토지이용행태를 분석하고, 이러한 틀에서 녹지정책의 기본방향과 특성 등을 검토하였다. 도시동태학적 접근은 경제, 환경, 도시개발의 상호관계를 동태적으로 이해하며, 이러한 틀 속에서 녹지정책에 영향을 미치는 정책의 효과와 영향을 파악하고 예기치 못했던 상쇄효과(trade-off)를 사전에 검토할 수 있도록 한다. 구체적으로 수도권 녹지정책에 있어서 대기용량에 대한 제약조건, 즉 배출량 규제정책과 밀도규제 완화정책을 함께 검토하는 것이 녹지의 보전과 광역 생태네크워크의 보전 등의 측면에서 바람직하다. 그러나 수도권 토지이용정책 방향에 따라서는 일부 지역으로 개발이 집중되면서 광역 생태네크워크 훼손과 환경부하 집중 등의 부정적 영향이 나타날 수 있으므로 녹지축에 대한 사전예방적 입지관리 등 사전예방적 검토가 충분히 이루어질 필요가 있다.

인용문헌

1. 환경부 (2003) 국토생태네트워크의 추진전략 연구.
2. 통계청 (2005) 시도별 장래인구 특별추계 결과.
3. Alfeld, Louis Edward & Alan K. Graham(1976) Introduction to Urban Dynamics, Wright-Allen Press, Inc.
4. http://www.geo.ucl.ac.be/LUCC