

18. 「建設技術研究成果 發表會」 세미나(4)

資料提供：韓國建設技術研究院

이 자료는 한국건설기술연구원이 지난 4월 17, 18일 양일간 개최한 구조·도로·지반·수자원·환경·건축·기전·건설관리·정보센터 등 총 9개 분야에 대한 “건설기술연구성과 발표회” 세미나 자료중에서 주택건설관련 자료만 발췌, 총 4회에 걸쳐 게재합니다.

〈편집자 주〉

환경모범도시 건설을 위한 기반기술개발에 관한 연구(1차년도)

연 구 진 : 선임연구원 김 광 수
 연 구 원 김 이 태
 연 구 원 김 석 구
 연 구 원 박 재 로
 연 구 원 이 회 자
 연 구 원 함 수 예
 연구책임자 : 연구위원 지 재 성

〈요 지〉

최근 들어 도시환경 문제가 심각해짐에 따라 도시를 하나의 유기적인 체계로 보고 자연의 생태계가 가지는 다양성, 자립성 그리고 순환성에 가깝도록 계획하고 설계하는데 목표를 두는 환경친화적인 도시 즉, 에코폴리스(Ecopolis)가 가장 이상적인 도시상으로 받아들여지고 있다. 그러나 우리나라의 경우 아직 환경친화적인 도시의 개념이 정립되어 있지

않고 이에 대한 사례가 전무하여 본 연구에서는 이에 대한 개념정립, 환경친화적인 도시 규모 및 형태, 그리고 이에 관련된 기반기술 요소에 대하여 제시하였다.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

우리나라는 그동안 급속한 산업발달, 도시화와 더불어 이에 따른 기반시설 확충 및 공해방지시설에는 중점적 투자가 이루어져왔다. 그러나 최근 들어 도시개발에 있어서 기존의 테크노폴리스(Technopolis) 개념보다는 도시를 하나의 유기적인 체계로 보고 자연의 생태계가 가지는 다양성, 자립성 그리고 순환성에 가깝도록 계획하고 설계하는 개념인 에코폴리스(Ecopolis)가 가장 이상적인 도시상으로 받아들여지고 있다.

우리나라의 제3차 국토종합개발계획에서도 국토개발의 효율성 및 균형성 뿐만 아니라 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발(ESSD : Environmentally Sound and Sustainable Development)을 추구하고자 계획하고 있으며, 경기도 용인군과 경북 포항시 지역은 특별 환경관리지역으로 선정하여 환경보전형 도시로의 개발이 추진하고 있다.

그러나 우리나라의 경우 아직은 환경친화적인 도시의 개념이 정립되어 있지 않고 이에 대한 사례가 거의 전무하여 본 연구에서는 이에 대한 개념정립, 환경친화적인 도시 규모 및 형태에 관련된 사례, 그리고 이에 관련된 기반기술 등에 대한 요소를 확립하고자 한다.

1.2 연구내용 및 방법

환경모범도시 건설을 위한 개념정립 및 도시형태 그리고 기반기술 등의 요소확립을 위해 수행한 내용 및 방법은 다음과 같다.

1) 에코폴리스 관점에서 본 우리나라 도시조성 사례 분석

- 환경부에서 환경모범도시 조성을 위한 시범도시로 선정된 경기도 용인군 및 경북 포항시의 환경모범도시 조성현황
- 최근에 건설된 일산, 산본, 평촌, 분당 등 신도시 계획시 고려된 환경모범도시 개념

2) 일본 및 구미 선진국의 환경모범도시 조성 사례

- 일본 및 구미에서 에코폴리스 조성시 고려된 환경요소 조사 : 토지이용, 녹지, 수환경, 교통체계, 자원 및 에너지 재이용

3) 환경모범도시의 도시규모 및 형태 결정

- 기존의 도시규모 및 형태 결정시 고려된 사항과 환경모범도시 조성시 고려될 사항과 비교하여 최적 도시규모 및 형태 결정 방향 제시

4) 요소기반기술 조사 및 기술개발내용 제시

- 환경모범도시 조성에 있어서 에너지 절약형, 물순환형, 자연과의 공생형 등으로의 도시조성에 필요한 수처리 분야, 폐기물 분야, 에너지 분야 등 다각적 요소기술을 문헌 중심으로 서술하였으며, 우리나라 도시규모 및 형태에 필요한 적정기술의 제시

2. 환경모범도시 개념의 도입 배경 및 정의

도시는 인간 활동의 중심이 되는 곳으로, 자원의 최대 소비지인 동시에 오염과 폐기물의 최대 생산지라 할 수 있다. 따라서 오늘날 환경문제는 도시문제와 분리해서 생각할 수 없을 정도이다. 지구 환경문제에 대한 전지구적인 관심이 고조됨에 따라 도시환경문제 또한 중요하게 인식되기 시작하였으며, 문제 해결을 위한 하나의 대안으로서 환경모범도시의 개념이 등장하였다.

환경모범도시의 개념은 에코폴리스(Ecopolis), 환경도시(Eco-city), 환경시범도시, 환경공생도시 등의 다양한 용어로 불리어지고 있으나, 이들 용어들은 공통적으로 도시를 하나의 전체적인 계통으로 파악하고, 도시의 환경수용능력 내에서의 개발을 추구하며, 자연생태계의 자립성·안정성·순환성의 원리에 부합되는 방식으로 도시개발 및 관리가 이루어져야 한다는 내용을 포함하고 있다. 또한 도시의 중요한 구성요소인 도시민 개개인의 의식전환 및 적극적인 참여 역시 필수적인 것으로 강조하고 있다.

3. 환경모범도시 조성을 위한 부문별 고려사항 및 외국 사례

환경모범도시를 실현하고자 하는 움직임은 미국, 유럽, 일본 등지에서 다양한 형태로

나타나고 있으며, 국제조직의 차원에서도 환경모범도시의 추진을 위한 다방면의 노력이 기울여지고 있다.

환경모범도시 달성을 위해서는 토지이용, 녹지, 수환경, 교통체계, 자원 및 에너지, 시민 참여 등의 다양한 측면에서의 고려가 이루어져야 한다. 그러나 지속가능한 도시 조성을 위해서는 단지 어떤 특정 부문이나 항목만을 개선의 목표로 삼을 것이 아니라 모든 관련 분야를 종합적으로 개선해 나가야 한다.

4. 우리나라에서의 환경모범도시 개념 도입 현황

4.1 환경모범도시 개념의 도입 배경

우리나라의 국토개발은 1960년대부터 본격적으로 이루어지기 시작하였으며, 1972년부터는 국토와 관련된 제반 개발사업과 정책을 효과적으로 추진하기 위한 최상위 지침으로서 국토종합개발계획이 수립되어 추진되었다. 두 차례에 걸친 국토종합개발계획 집행의 결과, 경제 및 국토개발의 측면에서는 괄목한 만한 성장을 이루었으나, 국토개발의 기초가 너무 양적 팽창과 효율성만을 강조하다보니 상대적으로 인간 삶의 질적인 측면과 성장의 형평성 문제는 간과되었다. 그 결과 대도시로의 인구 및 산업 집중, 지역간 격차의 심화, 자연환경의 훼손, 환경오염의 심화 등 부정적인 문제들이 나타나게 되었으며, 이러한 부정적인 측면들이 결국은 인간 삶의 질을 악화시키는 역할을 하고 있다는 인식이 이루어지게 되었다.

특히 국민소득의 증대 및 환경오염의 심화 등에 따라 국민의 환경보전에 대한 관심은 더욱 증대되고 있으며, 개발과 보전의 관계를 상충적이 아닌 상호공존의 관계로 파악하는 방향으로의 인식의 전환이 이루어지고 있다.

이러한 배경하에 1992년부터 수행된 제3차 국토종합개발계획은 개발과 보전의 조화를 전제로 하는 지속가능한 개발 개념의 기초하에 수립되었다. 특히 환경보전을 국토계획 기본 목표 중의 하나로 설정하고 계획수립 단계에서부터 환경보전 대책을 강구함으로써 개발과 환경보전의 조화를 이루어가도록 하고 있다.

제3차 국토종합개발계획 내 환경보전부문계획에서는 환경시범도시(Ecopolis)의 건설을

계획하고 있다. 여기서 환경시범도시란 물, 에너지, 자원 등이 효율적으로 이용되고 재활용되며, 청정에너지 사용 및 저공해 자동차 운행이 의무화되고, 하·폐수를 완전 처리하며 도시개발방식에 있어서 생태적 설계방식을 도입하고, 도시 전체를 단일 환경정보체계로 조성하여 쾌적하게 개발된 도시를 의미한다.

환경부에서는 도시의 다양한 기능이 자연 생태계와 조화를 이루는 이러한 환경시범도시를 조성하기 위한 기본계획을 수립하고, 환경시범도시 환경설계지침을 개발하여 중소규모 도시를 중심으로 연차적으로 시범사업을 실시할 예정이다.

4.2 환경보전시범사업 계획

환경시범도시 조성 계획의 준비 작업으로 환경부에서는 도시형 환경보전시범지역으로는 경상북도 포항시를, 종촌형 환경보전시범지역으로는 경기도 용인군을 선정하여, 1992년부터 환경시범사업으로 추진하여 왔다.

포항시와 용인군을 대상으로 한 환경보전시범사업 계획은 지금까지의 우리나라 환경정책이 환경오염의 종류별로 즉, 대기오염, 수질오염 등 부문별로 수행해왔던 방향에서 전환하여 하나의 단위지역을 대상으로 하여 종합적인 관점에서 환경문제를 다루고 있다는 점, 우리나라에서는 최초로 환경모범도시를 조성한다는 장기적 목표를 가지고 계획이 수립된 점 등에 있어 나름대로의 의의는 있다.

그러나, 환경보전시범사업 계획은 에코폴리스 개념이 도입된 환경친화적인 도시 구상보다는 환경기초시설 정비의 차원에만 머무르고 있으며 장래계획 내용에 있어서도 재이용, 재순환의 차원보다는 환경기초시설 설치에 역점을 두고 있다. 환경모범도시의 개념은 보다 근본적인 측면까지를 포괄하는 개념이므로, 환경보전시범사업은 환경모범도시의 개념에 부합되기에는 한계가 있다.

5. 환경모범도시 관점에서 살펴본 신도시 개발

5.1 신도시 개발의 역사

근대적 의미의 신도시는 19세기 말 영국의 산업화에 따라 악화된 인간 생존 환경의 개

선을 목표로 하는 이상주의적 사회개혁운동에서 비롯되었다. 신도시 개발은 주택난, 교통난, 환경오염 등 기존 도시가 지닌 문제에 대한 해결책으로서 뿐만 아니라 산업기지의 건설, 신수도의 건설, 연구과학도시의 건설 등 다양한 목적하에 이루어져 왔다.

우리나라에서의 신도시는 1960년대 이후 산업기지 개발에 따른 배후도시조성과 수도권 의 인구·산업 과밀 문제 해소를 목적으로 건설되기 시작하였다. 현재까지 추진되어온 신 도시 개발의 현황을 권역별로 살펴보면 (표 1)과 같다.

(표 1) 권역별 신도시개발 현황

권역별	도시명	성격
수도권	성남	무허가건물 철거민의 수용
	안산	수도권 공업시설 이전
	과천	종합청사 이전
	분당	수도권내 주택공급
	일산	수도권내 주택공급
	평촌	수도권내 주택공급
	산본	수도권내 주택공급
중부권	대덕	과학기술단지
	계룡	군사도시
동남권	구미	기계공업단지
	울산	중화학공업단지
	창원	수출공업단지
서남권	여천	중화학공업단지
	동광양	제철단지

5.2 수도권 신도시 개발의 내용

1989년 수도권 주택부족 문제 해결과 주택가격 안정을 주 목표로 수도권 주변의 분당, 일산, 평촌, 산본, 중동의 5개 지역에 신도시 건설계획이 이루어졌다. 수도권 5개 신도시

개발은 주택을 대량으로 공급함으로써 주택가격을 안정시키고, 부동산 투자를 억제하였다는 측면에서 긍정적인 평가를 받고 있기도 하나, 그외 여러 측면에서 부정적인 점들도 나타났다.

5.3 신도시 개발의 문제점 : 환경모범도시 관점에서

수도권 5개 신도시 개발은 환경적인 측면과 관련하여 환경기반시설 및 녹지에 대한 고려가 비교적 많이 이루어진 점, 합리적인 도로망 체계의 수립, 보행자 및 자전거 전용도로의 설치, 각 교통수단간의 효율적인 연계체계의 구축 등 환경친화적인 교통체계 수립에 의지를 보인 점 등에 있어 과거의 도시개발과는 구분되어진다.

그러나 다음과 같은 면에서 볼 때 아직도 이들 신도시는 환경모범도시의 개념과는 상당한 거리가 있는 것으로 보인다.

1) 절차상의 문제

신도시 계획은 너무 짧은 기간에 계획이 수립, 진행되었으며 계획과정을 공개하지 않고 정부에 의해 일방적으로 추진되었기 때문에 충분한 의견수렴이 이루어지지 못하였다.

또한 단기간에 계획 및 설계, 건설이 이루어짐에 따라 도시개발에 수반될 수 있는 부정적인 영향들에 대한 고려가 미흡하였고, 이로 인해 환경문제, 부실시공 문제 등을 야기하였다. 따라서 도시개발에 있어 참여의 측면이 강조되는 환경모범도시 개념에는 부합되지 않는 부분이라 할 수 있다.

2) 입지 및 기능상의 문제

5개 신도시가 서울에 인접한 지역에 집중 위치함으로써 수도권 확산을 초래할 우려가 많다. 또한 상업, 제조업의 부족과 대기업, 공공기관 등 업무기반의 부족으로 자족 기반이 결여되어 있어 침상도시의 성격을 갖게 되었다.

따라서 도시내에서의 물질과 에너지 순환을 지향하며, 직주근접을 통해 에너지 절약적인 도시형태를 추구하는 환경모범도시의 개념에는 부합되지 않는다.

3) 개발밀도 및 계획인구 설정상의 문제

신도시의 개발밀도는 개별여건과 공동여건을 고려하여 반복적 순환과정을 통해 산정하

도록 되어 있으며, 계획인구는 도시기능 및 토지 배분의 측면, 입지적 특성과 개발방식에 따른 가용지의 면적비 측면, 개발밀도의 측면 등을 고려하여 설정하도록 되어 있다. 그러나 신도시 건설의 가장 중점적인 목표가 부족한 주택의 공급에 두어졌기 때문에 개발밀도와 계획인구 설정에 있어 공급해야 할 주택의 수가 주요한 기준이 되었다. 따라서 개발지역의 환경용량에 대한 고려는 제대로 이루어지지 않았으며, 주택의 형태도 대부분 고층 아파트로 구성되어 획일화된 도시 경관을 형성하였다.

4) 환경영향 측면에서의 문제

신도시 입지 결정시 자연경관, 지형 등의 특수성, 야생 동식물의 생태 등에 대한 사전 조사를 실시하지 않은채 대규모 개발을 시행하여 생태계의 파괴 및 환경오염의 우려가 있다.

또한 환경영향평가가 최단 기간에 완료됨에 따라 환경에 미치는 악영향에 대한 적절한 평가가 이루어지지 못하였다.

환경영향평가의 추진 일정을 살펴보면 아래 (표 2)와 같다. 표에서 보는 바와 같이 분당 신도시의 경우는 용역착수부터 환경영향평가 협의완료까지 불과 4개월이 걸렸을 뿐이다.

(표 2) 환경영향평가 추진일정

구 분	분 당	일 산	평촌·산본	중 동
용역착수	1989. 6.	1989. 6.	1989. 3.	1989. 5.
협의신청	1989. 8.	1990. 1.	1989. 6.	1989. 12
협의완료	1989. 10.	1990. 3.	1989. 8.	1990. 1

자료 : 건설부 신도시건설기획실(1990), 업무자료.

대한국토·도시계획학회, 신도시 중간종합평가, 1994. 5, p.72에서 재인용

5) 자원 및 에너지 절약, 재활용 측면에서의 문제

신도시 개발계획 수립시 환경에의 부하를 줄일 수 있는 요소들에 대한 고려 역시 미흡하였다. 즉, 중수도체계, 우수저류시설, 투수성 포장 등 물의 재이용을 위해 필수적인 요소들, 태양열 등 기타 자연 에너지 활용 시스템, 주택에서 에너지 이용의 합리화 등에 대

한 고려가 미흡하여, 환경모범도시 개념에서 강조되고 있는 자원 및 에너지의 절약, 재활용 등의 측면이 적용되었다고 볼 수 없다.

6. 환경모범도시 규모 결정 방법

6.1 도시규모 결정이론에 대한 개론

도시 규모에 관한 논의는 이미 오래전부터 이루어지기 시작하였으나 실증적인 자료를 토대로 도시의 적정규모를 제시해 보고자 하는 학문적인 노력은 20세기 후반 이후 하우저(P. Houser), 워드(B. Ward), 존슨(I. J. Johnson), 그리고 메라(K. Mera) 등을 중심으로 이루어지기 시작하였다.

그러나, 경제학에 바탕을 둔 이러한 이론들의 가장 큰 취약점은 총비용과 총편익의 범위가 확실치 않고, 환경오염, 혼잡, 심리적 압박, 범죄 등의 외부불경제 요소는 측정 및 계량화가 용이하지 않다는 점에 있다.

또한 적정성이라는 개념은 시간적, 사회적 상황에 따라 변화할 수 있는 동태적 개념이므로, 적정 규모 역시 변화할 수밖에 없다는 견해도 있다.

6.2 적정도시규모 산정 방법

도시의 적정규모에 관하여는 그간 많은 연구가 수행되어 왔으며, 그 결과 다양한 방법론들이 개발되었다. 그간에 개발된 여러 가지 방법들을 그 특성에 따라 유형화하여 분류하면 아래와 같다.

- 1) 가용자원의 한계성에 의한 방법
- 2) 경제적 접근방법
 - 가. 최소비용 접근법
 - 나. 편익/비용 분석법
 - 다. 계량경제모형에 의한 접근법
- 3) 도시체계 등에 의한 접근 방법
- 4) 전문가의 직관에 의한 방법

6.3 도시규모 결정 연구 사례

(표 3) 방법론별 적정인구규모

접 근 법	적정 인구규모
부문별 시설투자의 평균 및 한계비용에 의한 접근	280만~350만
공공투자와 서비스 수준에 의한 분석	중소도시 : 12.5만~30만 대도시 : 30만~260만
서비스/역서비스 수준에 의한 접근	중소도시 : 15만~16만 대도시 : 55만~120만
총비용에 의한 접근	대도시 : 400만~550만

자료 : 국토개발연구원, 대도시 적정규모에 관한 연구, 1980

(표 4) 도시별·방법론별 인구수용 한계와 적정규모

(인구단위 : 만인)

도시 방법론	서 울		부 산		대 구		광 주		대 전	
	적정	한계	적정	한계	적정	한계	적정	한계	적정	한계
가 용 토 지 한 계	615	1136 ~1325	254	421 ~492	184	446 ~521	82	225 ~262	78	215 ~251
최 소 비 용	650 ~780	-	270 ~310	-	-	-	-	-	-	-
집 적 이 익	700 ~780	-	290 ~320	-	-	-	-	-	-	-
편 익 비 용	700 ~750	-	230 ~250	-	160 ~180	-	-	-	-	-
텔 파 이	700 ~800	1000 ~1200	300 ~350	400 ~500	200 ~270	300 ~400	120 ~150	170 ~200	120 ~160	200 ~250
순 위 규 모 법 칙	782 ~887	-	391 ~443	-	261 ~296	-	156 ~177	-	130 ~148	-
평 균 범 위	691 ~769	1068 ~1263	289 ~321	411 ~496	201 ~233	373 ~461	119 ~136	198 ~231	109 ~129	208 ~251
적 정 범 위	700 ~770	1050 ~1250	290 ~320	410 ~500	200 ~230	370 ~460	120 ~135	200 ~230	110 ~130	210 ~250
평 균 치	735	1150	305	455	217	415	128	215	140	230

자료 : 국토개발연구원, 대도시의 인구수용한계와 적정규모, 1985. 12., p.200

우리나라에서 수행된 도시 규모 결정 연구 중 가장 다양한 방법론을 사용하여 수행된 연구 사례에서의 방법론과 분석 결과에 대해 살펴보면 (표 3), (표 4)와 같다.

6.4 환경수용능력 분석에 대한 연구사례

환경수용능력분석(Carrying Capacity Analysis)은 어떤 지역이 수용가능한 성장의 양에는 한계가 있다는 전제하에, 환경질과 공공 복지에 있어 사회적으로 용인가능한 수준을 유지할 수 있는 최대의 성장수준을 결정하는 분석방법이다.

수용능력 분석에 있어 일치된 방법론이나 용어는 아직 존재하지 않지만, 비교적 유용하게 사용될 수 있는 용어가 성장변수(growth variable)와 제한요인(limiting factor)이다. 성장변수는 인구 또는 인간활동의 정도로 나타낼 수 있다. 그리고 제한 요인은 자연자원, 물리적인 기반시설 같은 공급에 한계가 있어 성장을 제한할 수 있는 요인들을 의미한다.

수용능력 분석에 있어 자주 사용되는 제한 요인들은 환경적 제한요인, 물리적 제한요인 및 심리적 제한요인의 세 가지 범주로 나눌 수 있다.

수용능력 분석을 수행하기 위해서는 각 제한요인에 대한 최대치 또는 최소치가 설정되어야 한다. 환경적 제한요인에 대한 최대치 또는 최소치는 정치적 과정이나 전문가의 판단에 의해 결정된다. 물리적 제한요인의 최대치는 적절한 기반시설 체계의 현재 용량에 의해 결정된다. 그리고 심리적인 제한요인은 전문가의 판단이나 대상 지역인들을 대상으로 한 표본 조사에 의해 결정된다. 고려되는 제한요인의 수에 따라 분석하는데 많은 시간과 노력이 필요하므로 일반적으로 몇개의 제한요인들만이 검토된다. 수용능력 분석에 있어 어떤 요인이 성장을 제한하는 가장 중요한 요인지에 대한 판단이 이루어져야 한다.

수용능력을 추정하기 위해, 각 제한요인의 최대치가 성장의 관점에서 보았을 때 의미하는 바를 예측해야 할 필요가 있다. 또한 제한요인과 성장변수들 간의 정량적인 연계가 이루어져야 한다. 제한요인과 성장변수들 사이의 정량적 관계는 수학적 모델이나 전문가의 의견에 기초한 과정을 기반으로 하여 설정될 수 있다. 그러나 이러한 연계를 세우는 것이 용이하지 않기 때문에 수용능력에 관한 연구는 쉽지 않다.

이러한 환경수용능력의 개념을 도시계획 및 지역계획에 적용하고자 하는 많은 시도들

이 있었다. 그 몇가지 예를 살펴보면 아래와 같다.

1) New Jersey 지역에 대한 Nieswand와 Pizor에 의한 접근방법

Nieswand와 Pizor는 수용능력을 결정하기 위해 현재계획용량(current planning capacity)이라는 용어를 사용하였다. 한 지역의 현재계획용량이란 현존하는 기반시설과 자연자원 능력에 의해 한정되는 한계 내에서 수용할 수 있는 성장과 개발의 능력이다. Nieswand와 Pizor는 지역 성장을 제한할 것으로 예상되는 제 조건에 대한 평가를 통해 물 공급, 수질, 대기질의 세 가지를 제한요인으로 선정하였다.

또한 그들은 가설적인 지역사회를 설정하여 현재계획용량을 산정하고, 일정 수준의 수질과 대기질을 유지하면서 수용가능한 인구를 산정하였다.

2) Florida Sanibel 지역에 대한 연구

수용능력에 관한 더 광범위한 연구는 Florida Sanibel 지역을 대상으로 이루어졌다. 성장변수는 인구였으며, 제한요인은 추가되는 오염물질을 흡수할 수 있는 섬 습지의 능력, 허리케인이나 심한 폭풍의 경우 섬으로부터 대륙으로의 안전한 피난을 위한 길의 용량이었다. 수용능력에 대한 연구를 통해 각 제한요인에 대한 인구가 추정되었다.

3) Tahoe호 지역에 대한 분석

1970년대 중반 캘리포니아 Tahoe 지역계획청(California Table Regional Planning Agency : CTRPA)은 Tahoe 지역내 캘리포니아 지역에 대한 수용능력 연구를 수행하였다.

CTRPA에 의한 연구는 환경질 목표와 물리적 기반시설에 의해 부과되는 한계를 계획과 의사결정에 통합시키기 위해 이루어졌다.

(표 5)는 이 연구에 포함된 15개 제한요인에 대한 CTRPA의 수용능력 분석 결과를 정리한 것이다. 표에서는 1970년대 중반 현재 상황하에 각 요인들에 대한 지탱가능한 인구의 최대치를 나타내 주고 있다. 1975년경 이 지역의 인구는 대략 145,000명으로 7개 제한요인의 수용능력을 초과하고 있다.

CTRPA에 의한 수용능력 분석을 통해 Tahoe 지역에서의 계속되는 개발이 환경에 미치는 악영향에 대한 인식이 가능하게 되었다.

(표 5) Tahoe호 캘리포니아 지역에 대한 수용능력 추정

제한요인	수용가능한 최대인구
환경질 ◦ 대기질 ◦ 토지 용량 ◦ 수질 ◦ 소음	부적절* 175,000 부적절 알 수 없음
자연자원 ◦ 물 공급 ◦ 에너지 공급 - 전기 - 천연가스	223,000 부적절 185,000
하부구조와 서비스 ◦ 하수 처리 ◦ 고형 폐기물 처리 ◦ 교통 ◦ 건강 ◦ 교육 ◦ 경찰에 의한 보호 ◦ 정의 ◦ 화재로부터의 보호	167,000 부적절 부적절 185,000 227,000 부적절 145,000 부적절

주 : *'부적절'이란 1975년도의 대략적인 최대인구치인 145,000인을 수용할 수 없음을 의미함.

자료 : Ortolano, L., Environmental Planning And Decision Making, John Wiley & Sons, 1984, p.251

6.5 합리적 적정도시규모 결정 방법

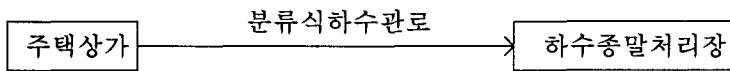
전술된 기존의 도시적정규모 산정 방법은 가용자원의 한계, 경제 활동의 경제성 및 효율성, 도시체계 및 서비스 시설 이용체계 등, 인간활동의 편리성에 치중한 경제적 지수를 근거로 하여 결정하였다. 최근에는 지구 온난화 현상, 수질오염, 대기오염 등의 등장으로

도시규모결정에 있어서 적정 환경용량이 최대의 관심사로 대두되었다. 그러나 아직은 적정 환경용량에 대한 개념이 확립되어 있지 않고 환경용량 결정시 지질, 수질, 대기 등 다양한 지·화학적, 생물학적으로 복잡한 요소들을 고려해야 하기 때문에 아직은 정량화된 수학적 모델이나 가이드 라인이 제시되지 못하고 있는 상태이다.

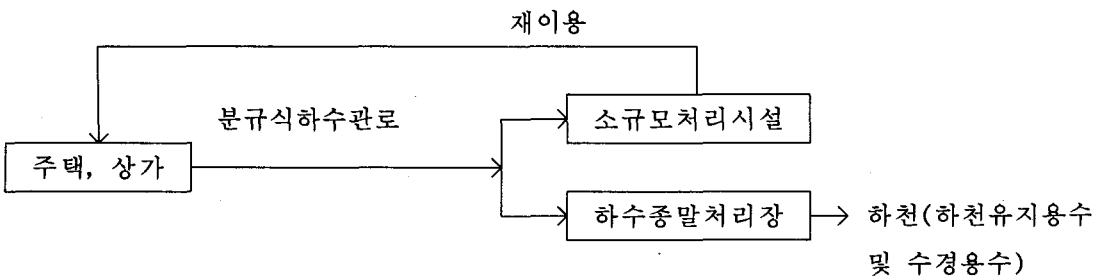
그러나 에코폴리스의 개념하에서 도시계획이 이루어질 때에는 기존의 적정도시규모 결정방법에 환경용량 개념을 조합한 복합적인 방법에 의해 도시규모가 결정되어야 한다.

7. 환경보전형 기반기술

7.1 하수처리



〈기 존〉



〈환경모범도시〉

(그림 1) 환경모범도시에서의 하수처리방안

기존의 도시하수처리개념과 환경모범도시에서 개념과 차이점은 기존도시의 경우는 발생된 하수의 대부분은 하수종말처리장에서 처리하여 공공수역으로 방류시키나, 환경모범도시에서는 발생된 하수의 일부분은 생활용수를 재사용하기 위하여 다시 순환시켜야 한다. 특히 순환방법에 있어서 환경모범도시에서는 사용용도가 화장실 용수 뿐아니라 조경

용수, 상수용수 등 생활용수에 근거를 둔 다양한 목적으로 사용되기 때문에 개별순환방식 보다는 지구순환방식이 필요하며, 이에 따른 하수처리에 대해서는 단지별, 블록별로 처리 체계를 갖춘 중·소규모의 하수처리방안이 필요하며 재사용 이외의 하수는 하천유지용수 및 수경용수를 목적으로 종말처리장에서 처리한다.

따라서 환경모범도시에서 추구하는 하수처리는 종말처리장에서의 대규모 처리시설 방안과 생활용수에 필요한 용수확보를 위한 중소규모 처리방안이 복합적으로 이루어져야 한다.

환경모범도시에서의 하수처리 방안은 (그림 1)과 같다.

7.2 처리수 재이용

급속히 늘어나는 물수요량과 쾌적한 수환경 조성을 위해서는 기존의 공급량 및 방법으로 해결할 수 없으며 최적의 방법으로는 한 번 사용한 물은 재사용하는 중수도의 도입이 가장 절실하다. 특히 향후 환경모범도시 조성시 물공급의 원활 및 쾌적한 수환경 조성을 위한 기술개발 방향으로서는 사용용도별 처리기법 개발과 적정분배 시스템 구축이 가장 절실하다.

기존도시 지역내에 물의 재이용을 통한 잡용수를 공급하고자 할때는 개별순환방식이 적합하지만, 앞으로 쾌적한 환경모범도시를 건설하거나 도시를 재개발 할때는 하수처리수의 재이용 방안이 본격적으로 연구되어야 한다.

막대한 투자비를 들여 건설하는 하수처리장이 단순히 하수의 위생적 처리기능으로 그칠 것이 아니라 한정된 수자원의 재생, 재이용 기능을 갖는 생산시설로서 효율을 갖추기 위해서는 처리된 하수의 재이용을 촉진하는 일이 중요하다.

현재 31%에 머물고 있는 하수처리율이 96년에는 65%까지 제고될 것이므로 이로서 정화되는 막대한 양의 하수는 그 자체가 바로 훌륭한 수자원이 될 것이기 때문이다.

도시의 진전이나 산업의 발달에 따른 수질의 악화와 유량의 감소 등에 의해 소실되어 가는 수변환경의 재정비나 보전, 창조에 하수처리수를 도입함으로써 도시내에 open 수로인 개울을 회복하고, 운택하고 풍요로운 생활환경을 창조할 수 있다.

처리수를 재이용하여 물공급의 원활을 기하는 것은 한정된 수자원의 보존, 확보와 오염 부하량의 경감 나아가서는 쾌적한 도시환경을 창조하는데 크게 기여할 것으로 판단되므

로 다음과 같은 처리수 재이용 기술이 적극적으로 연구개발 되어야 한다.

1) 처리수 재이용 기술

사용한 수돗물을 생활용수, 환경용수 등으로 재이용 가능하도록 경제적이고 효율이 높은 처리수 재이용 시스템을 개발해야 하는데, 그 기술개발 방향으로는 첫째, 중수도 수요 추정 및 보급전망 파악, 둘째, 처리수수질 및 수량 특성 파악, 셋째, 재생수 용도별 목표수질설정 및 처리기법 개발, 넷째, 처리수의 compact한 반응조 개발 등이 있다.

2) 처리수 도입에 따른 활용기법 개발

대도시의 시내를 관통하고 있는 기존의 여러 도심하천은 대부분 오염되어 있거나 지하 배수로로 매립되어 생활로부터 멀어져 왔다. 최근에는 겨우 도시에 주변환경을 회복시키는 사회적인 필요성이 고양되어 도시중에 친수공간의 창출을 하는 시도가 눈에 띄게 있어 왔다. 이러한 도심하천에 처리된 수자원을 재이용하여 맑은 물을 하천에 공급하여 줌으로써 물고기가 살 수 있고 주민들에게 친근한 휴식공간을 제공할 수 있다. 개발유형으로는 주로 분수, 수로, 호수 등을 단지내에 도입하여 친수성 환경을 조성하는 것인데 이러한 친수성 주거단지의 도입은 인간생활을 풍요롭게 할 뿐 아니라 새로운 물 문화 창달을 위해서 중요하다.

3) 중수도의 관종 개발

중수도에 의해 공급되는 물은 수돗물보다 불순물의 농도가 높기 때문에 이를 수송하는 관로에 스케일이나 슬라임을 발생시키고 부식을 촉진하게 된다. 따라서 이러한 악영향을 최소화하면서 내구성과 안전성을 높일 수 있는 중수도 배관자재의 개발이 중요하다.

4) 중수도 수급모델 개발

중수도에 의하여 공급되는 물은 수질이 떨어지므로 그 용도가 생활 잡용수나 조경용수 또는 냉각수 등에 한정된다는 점에서 중수도의 원수량과 공급량간의 물수급성 균형을 이루도록 하는 것이 중요하다.

만일 건물이나 시설 또는 단위구역만으로는 이와같이 중수도의 수급성 균형을 맞추기가 어렵기 때문에 지역내에서 중수도 원수원과 수요처간의 네트워크를 형성하는 것이 필요하다.

5) 우수이용기술

건물의 옥상 등으로 내리는 비는 비교적 오염도가 적어, 저류해서 필요한 곳에 적당히 이용하는 것이 가능하다. 또한 이 목적으로 필요한 설비도 비교적 간단하다. 즉, 옥상에 내리는 비에 포함되어 있는 쓰레기를 filter에서 제거한 후 건물의 기초 등을 이용한 수조한 탱크에 저수하여 펌프를 이용하여 화장실의 세정과 식목에 살수하고, 세차 등에도 이용한다.

특히 단독주택에서는 옥상을 우수저류에 유용하게 이용할 수 있다. 우수의 이용은 수자원을 절약할 수 있을 뿐만 아니라 비상시의 저수조로도 가능하다. 또 우수이용은 역사적으로 오래되고 하수처리수와 비교하여 저항감이 적고, 연소가 혼입되어 있지 않기 때문에 동식물에는 상수도보다 적당하다는 점 등 환경과의 공생을 개인차원에서 적용하기 쉽다. 또 주택단지에서는 단지내의 광장의 분수와 소하천 등에 수경용으로 활용하여 윤택한 주택환경을 연출하는 것도 가능하다.

6) 우수 침투시설

종래의 콘크리트, 아스팔트 등의 포장재를 대체하여 우수침투성이 탁월한 재료와 공법에 의해 포장을 하는 것이다. 포장재로서는 다양한 재료가 개발되어 있는데, 벽돌과 포장용 블럭으로 전체를 포장하는 공법이 일반적이다. 투수성 포장은 종래는 도시하천의 범람 방지를 위한 것이지만, 도시기후의 완화, 도시 수환경의 재생, 수질오탁의 저감, 지반침하의 경감 및 지하수의 함양, 토양 미생물의 보전, 식물의 육성, 타이어 소음 저감, 보행성의 개선 등의 환경보전 측면에서도 유효한 시스템으로 인식되고 있다.

투수성 포장은 주택지와 같은 통과 교통량이 비교적 적은 도로와 보도, 대규모 주택단지의 공유통로와 광장, 주차장 등에 적당하다.

7) 절수형설비

일반가정에서 소비되는 물은 1일 1인당 약 220리터 정도이며, 그 용도내역은 목욕, 세척, 화장실, 세정 순으로 많이 사용된다. 일상생활에서 물을 절약하여 사용하는 것은 물론 말할 것도 없지만 절수형 기기와 장치를 이용하는 점에서 무리없는 보다 적극적인 절수가 가능하게 된다. 그러한 절수형 설비로서는 절수 코머, 절수 변기, 정량정지기구 부착형 욕조수전, 급탕용 부스터 히터, 목욕수 재이용을 위한 배수 설비 등이 있다.

7.3 하천 환경

우리나라는 지금까지 하천의 치수 및 이수 기능 확충에 노력해 온 반면 하천환경에 대한 정비노력은 소홀했던 것이 사실이다. 특히 도심부를 관류하는 도시하천의 경우, 인구 집중 및 생활수준 향상에 기인한 용수량의 증가, 가정배수를 위시한 폐수의 증가로 인해 하천의 수질 악화가 커다란 사회문제로 제기되고 있고, 도시화에 의한 Open Space 감소와 공원 및 녹지의 절대량 부족으로 인해 하천부지의 공원적 이용에 대한 요구가 높아지고 있다. 즉, 도시하천은 인공화된 도시환경 중에서 유일하게 남은 자연공간 및 여가활용의 장으로서 자연과 손쉽게 접할 수 있는 공간으로 정비되어야 한다는 목소리가 높다. 따라서 하천환경은 휴식공간, 친수적 이용공간, 하천경관 및 생태계 서식공간 제공 등을 망라한 종합적 관점에서 정비될 필요성이 높다. 하천환경은 크게 이수, 치수 및 환경기능이 있으며, 이 중에서 환경기능은 자연보전기능, 친수기능 및 공간기능으로 대별된다. 각각의 기능은 복합적으로 작용하며 제기능이 원활히 네트워크화될 때 높은 효과를 기대할 수 있다. 도시하천의 환경기능 개선을 위한 요소기술은 아래와 같다.

▷자연보전기능

- 주요기능 : 동·식물의 서식공간, 하천의 자정작용
- 요소기술 : Biotop(습지) 조성, 소규모 하천정화기법 적용, 저수로 정비, 다공성 저수 및 고수호안 정비, 하천의 자정기능의 보강(Pool & Riffle의 조성, 낙차공, 수변 식생), 둔치내 식물군락 형성

▷친수기능

- 주요기능 : 수변경관, 수상위락, 정서함양
- 요소기술 : 완경사 제방, 계단호안, 인공여울, 연못, 친수공원 조성, 하천 접근로 설치, 자연식물원, 학습공간(생태계, 지역문화), 수변 테라스, 거석을 이용한 벤취

▷공간기능

- 주요기능 : 공간이용
- 요소기술 : 둔치의 공원화(산책로, 사이클로, 공연장, 운동장, 제방 상부의 식목, 피크닉, 야영장), CG(Computer Graphic Technology)를 활용한 경관조성 기법

▷도시 소하천 정화기법

- 하상설치형 소하천 정화기법 : 전도형 및 고정형(섬유상, DCF, 기타), 식생정화
- 둔치 설치형 소하천 정화기법 : 산화지, 토양침투형, 역간 및 목탄접촉법, 기타
- 제내 설치형 소하천 정화기법 : 고효율 하천정화법

7.4 하수관거

하수를 수송하는 하수관거는 설계 및 시공측면 뿐만 아니라 도시기능을 수행하는 역할 측면에서도 과거로 부터 많은 변화를 하여왔다. 본 연구에서는 이러한 변화요인을 감안하고 외국의 신기술 등을 종합 검토하여 새로운 시각에서 환경모범도시 특성에 적합한 새로운 개념의 하수관거 형태 및 시스템과 이에 대한 향후 과제를 제시하였다.

미래의 하수관거가 갖추어야 할 필수 조건으로서는 오·우수의 완전분리, 구조물의 규격화로 인한 시공의 용이성 확보 및 시공시 공정의 단축, 대량생산을 통한 원가절감, 유지관리가 용이한 구조로 하고, 도로 보수 등에 따른 하수도 구조물의 보강이 용이한 구조를 갖추어야 한다. 이를 위해서는 향후 신재질의 개발 및 구조물의 규격화 관련 연구가 지속되어야 할 것이다.

그리고, 도시 생태환경 보전 및 지하수 함양을 위한 우수유출 억제형 하수도 시스템을 도입하여 우천시 하천의 오타경감, 하수도 시설의 부담 경감, 우천시 하수처리장 오수량 감소로 운전비 경감, 관거의 용량 축소를 도모하도록 하여야 한다. 또한 지하수를 함양시켜 수순환계 지하수의 이용, 지반침하 방지, 하천 자류량 회복, 도시의 사막화 해소를 위해 우수침투시설을 적극적으로 도입할 필요가 있다.

우수유출억제의 기본적인 방법은 침투와 저류이다. 이 양방의 특징을 각각 살려 함께 이용하는 것이 필요하고 한쪽만으로는 그 효과가 불충분하며 실용화할 수 있는 시설로서 투수성 포장의 설치, 투수성 받이 및 맨홀, 투수성 관거, 투수성 측구 및 U형거 등이 있으며 이에 대한 세부기술 내용을 제시하였다.

7.5 폐기물 처리

환경모범도시에서의 폐기물 처리는 매립, 소각, 재활용의 어느 방법으로 처리·처분하는 단계를 넘어서서 폐기물을 성상에 따라 가장 합리적으로 처리하여 최종의 가시적 처분 방법인 매립을 대폭적으로 줄이기 위한 방법인 통합폐기물관리로 나아가야 한다.

통합폐기물관리는 매립, 소각, 재활용을 어떻게 활용하느냐가 중요하다. 폐기물을 태울 것은 태우고 묻을 것은 묻되, 재활용할 수 있는 것을 최대한 재활용하기 위해서 재활용, 소각, 매립을 따로 따로 취급할 것이 아니라 하나의 연관된 시스템적인 접근으로 매립의 최소화, 소각의 효율화, 재활용의 극대화를 이루어야 한다. 가능한 폐기물 관리 단지를 조성하여 한 곳에 재활용, 자원화(퇴비화), 소각 및 매립을 유기적으로 하여 젖은 유기성 폐기물은 퇴비화하여 토양과 식물에 유용한 자원으로 순환시키고 재활용품 수거를 대폭 증진시키고 보조연료를 넣어가며 태우던 소각장을 열회수 시스템으로 돌려 주변 지역의 난방이나 위락시설 등에 제공할 수 있도록 하면서 매립량을 줄여야만 한다.

한편, 가정 유해폐기물의 적정관리를 위해서는 지역사회 차원의 영구적인 수거 및 처리, 처분, 재활용 시스템의 구축이 요구된다.

특히 신도시 조성시는 아래와 같은 방향으로 폐기물관리가 이루어져야 한다.

- 폐기물 처리 및 관리는 반드시 폐기물 자체 뿐만 아니라 수질, 대기, 토양오염 등을 고려하는 총체적 접근을 통하여 이루어져야 한다. 특히, 모든 생산활동은 환경적으로 건전하고 안전해야 하며, 생산된 제품에 대한 전과정평가(Life Cycle Assessment)가 이루어져야 한다.

- 폐기물 처리·처분시설을 국토의 손실이라고만 바라보는 시각에서 벗어나 국토를 효율적으로 관리함으로써 유효한 국토의 개발이라는 시각으로 방향 전환을 하여야 할 것이다. 이렇게 함으로써 국토량과 국토질을 동시에 제고시킬 수 있을 것이다.

- 폐기물 처리 및 관리 뿐만 아니라 환경오염방지 관련 모든 시설이나 사업은 반드시 모든 국민, 나아가서는 온 인류가 평등하다는 원칙에 입각하여 추진되어야 할 것이다. 환경보호나 보전과 함께 국민의 행복추구권을 보장하여 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발(ESSD)이 이루어지도록 하여야 한다.

8. 결론

(1) 환경부에서 환경시범계획도시로 선정하여 진행중인 용인군과 포항시의 향후 도시계획을 검토한 결과, 환경오염방지 기초시설의 정비차원에서만 계획되어 있고 환경모범도시의 개념은 도입되어 있지 않았다.

- (2) 수도권의 배후도시로 조성된 신도시의 경우 교통체계에서는 환경친화적인 요소의 의지가 있었지만 생태도시의 개념인 물순환형, 에너지 절약형, 자연과의 공생형 도시로의 고려는 미흡하였다.
- (3) 기존의 도시규모 결정방법은 가용자원의 한계, 도시경제의 효율성, 서비스 시설 이용체계 등을 근간으로 하여 결정하였으며 최근에는 환경용량을 기준으로 결정하는 방법이 대두되었으나 최적의 방법은 기존의 방법과 환경용량을 조합한 복합적인 방법에 의한 것으로 판단되었다.
- (4) 환경모범도시에 적당한 수처리 기술은 하수처리수의 재이용 등을 고려하여 인구밀도가 높고 단지로 되어 있는 주택시설 및 상업용지 등에서는 소규모 하수처리시설의 도입이 필요하였고, 기타 지역은 하수종말처리장에서의 처리가 가장 적절하였다.
- (5) 하수처리수의 생활용수로서의 재이용 및 어미니티용수로의 재활용을 위해서는 중수도 시설의 도입이 필수적이며 중수도 시설의 실용화를 위해서는 사용 용도별로의 처리방안 확립 및 물의 합리적 분배망 구축이 가장 절실하였다.
- (6) 환경모범도시에서의 하천환경기능은 자연보전기능, 친수기능, 공간기능 등을 목표로 하여야 하고 이를 위해서는 소하천 정화기법에 대한 요소기술이 개발되어야 한다.
- (7) 환경모범도시 조성에 필요한 우·오수의 관거시설은 우수유출억제형 하수도 시스템의 적극적 도입이 필요하고, 이의 방안으로 투수성 포장에 장려되어 수순환계의 지하부분회복이 가장 필수적이었다. 또한 초기우수의 경우는 오탁 부하량이 심하여 하수도로의 유입이 필요하고, 우수의 경우는 가능한 저류시켜 재사용 방안을 강구하여야 한다.
- (8) 폐기물의 운영관리 방안은 재이용, 재사용 그리고 폐기용으로의 합리적인 분리를 위한 통합관리체계가 가장 합리적이었으며, 수거 체제로는 관거 시스템에 의한 방안이 환경, 위생적 측면에서 가장 적합하였다.