



부 록

생태환경도시 사례 · 계획기법

제1장 생태환경도시 사례

제2장 생태환경도시 계획기법

제1장 생태환경도시 사례

1. 생태환경도시 사례

1) 국내

(1) 청미래마을(녹색대학 생태마을)

가. 마을개요

- 위치 : 대한민국 경상남도 함양군 백전면 대안리 일원
- 면적 : 38,000평
- 마을만들기
 - 청미래마을은 2003년부터 개교한 녹색대학과 연계하여 생태적이며, 인간다운 삶의 방식을 공유하는 대안교육 공동체로서 농사, 집짓기, 살림살이, 품앗이 등 제반 분야에서 친환경적 삶을 일구는 것을 목표로 조성되고 있다.
 - 2001년 10월 공동체 토지분양을 시작하여 2003년 3월 총26가구가 입주하기로 결정되었다. 생태건축 전문가를 중심으로 마을 기본설계안을 마련하고, 입주가구 중심의 자치위원회를 만들어 집짓기뿐 아니라 마을의 자치규약, 친목, 공동체 발전상 등을 스스로 꾸려갈 계획이다. 현재 입주할 사람들이 각각 황토, 나무 등 천연재료를 이용하여 생태적인 집을 짓기 시작하였다. 그리고 녹색 대학에서는 마을의 기본 설계 뿐 아니라, 마을길내기, 관정개발, 전기 끌어오기 및 행정적 처리 등을 지원한다.

나. 마을구조

- 마을길 초입에서 마주치는 첫 번째 마을부지(A지구)는 대지와 농사지이 땅이 함께 붙어있는 것이 특징이며, 길 건너는 공동공간으로서 마을회관, 공터, 놀이터, 연못과 같은 친수공간, 그리고 마을 정자 등 마을 사람들을 하나로 모아주는 공간들과 주차장, 도로 등을 만들고 공동 주차장에 차를 세우고 오솔길을 걸어 집에 다다를 수 있도록 계획되어 있다. 두 번째 마을부지(B지구)는 입주가구가 옹기종기 집을 맞대고 살게 될 곳이다. 이곳의 집들은 집터와 농지가 다소 떨어져 있는 것이 특징이며, 인근에 도자기 굽는 가마터와 대장간터, 외부손님들을 위한 숙소도 만들 계획이다. 언덕 윗자락인 B지구는 백두대간으로 내달리는 숲에 둘러싸여 있으며 녹색대학 생태마을은 이 숲에 명상센터를 만들 계획이다. 산자락은 각자 나눠서 배분하기로 했지만 그것은 소유권의 문제일 뿐, 마을사람들이 공동으로 사용하며, 이 '모두의 숲'에서 땔감과 나무도 얻고, 약초 등을 길러 마을의 공동수입원으로 삼을 예정이다.



〈마을 배지도〉

2) 국외

(1) 가비오파스

가. 공동체 개요

- 위치 : 콜롬비아수도 보고타로부터 동쪽으로 자동차로 16시간 거리에 있는 대평원지대(일명 야노쓰)
- 면적 : 10,000ha(30,250천평)
- 공동체 만들기
 - 1970년대 초반 가비오파스의 설립자인 파올로 루가리는 “사람들은 가장 편리하고 풍족한 곳에서 사회적 실험을 하곤 하지만 우리는 가장 힘든 곳을 원했지요. 여기서 무언가 이루 어낼 수 있다면 세계 어느 곳에서도 해낼 수 있을 겁니다.”라고 하며, 1950년대부터 지금 까지도 마약과 폭력이 난무하며 좌우 대립이 극심한 콜롬비아에서도 가장 척박하고 황량 한 초원지대에 가비오파스라는 공동체를 건설하기 시작하였다.
 - 주민들(과학자, 장인, 농민, 부랑아소년들, 원주민, 인디안 포함)은 자연과 융화하며 자급 자족의 공동체로서 척박한 열대지방의 특성을 살려 에너지를 거의 모두 태양열과 풍력을 이용해 발전은 물론 주방·정화탱크·정수기 등을 움직이도록 하였고 식수는 아이들이 타고 노는 동안 자연스레 펌프역할을 하는 ‘물 펌프 겸용 시소’를 이용하여 공급하고 있다. 또한 수천년 동안 사바나였던 산성이 강한 척박한 땅에 자생력이 있는 카리브산 소나무를 심어 2만5천에이커의 열대 우림을 만들고 여기서 얻은 송진으로 물감·화장품·향수·약품 등을 제조한다.
 - 현재 이곳은 수천 년 동안 볼 수 없었던 열대삼림이 살아났고 각종 동식물의 서식지가 부활 하였으며 민족 식물학 연구실도 개설됐다. 아무도 돌보지 않는 황무지에 자연을 정복하는 것이 아닌, 자연과 더불어 살아가는 사회가 형성됐다는 데서 우리는 인류의 희망을 볼 수 있으며 우리의 밝은 미래를 예견할 수 있다. 루가리와 가비오파스 주민들의 노력과 열정은 오늘날 생태주의에 입각한 공동체 건설이 어떻게 실현 가능한지를 명백히 보여주고 있다.

나. 빛나는 아이디어들

① 작물재배시스템

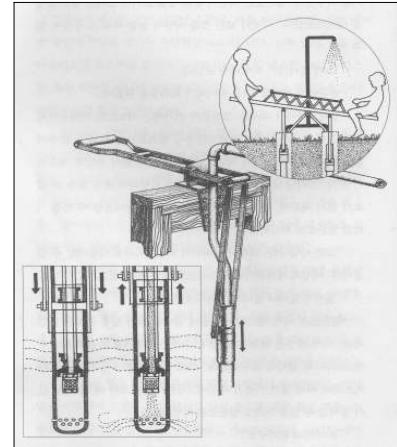
토양 없이도 식용 및 약용 작물을 재배할 수 있는 시스템으로서 브라질 정글속의 항구도시인 마나우쓰 인근의 숲속에서 카톨릭 선교사들이 매끈매끈한 정글의 진흙 바닥위에 블록을 깔고 그 위에 야자나무로 만든 묘상(정글의 부식토와 흙을 혼합하여 넣고 부족한 영양소를 보완하기 위해 코발트와 망간을 추가하고, 극소량의 마그네슘, 아연, 구리 등을 첨가)을 설치해서 상추와 토마토 등의 작물을 재배하는데서 착안, 척박한 토양으로 인해 작물을 재배하지 못하는 가비오파스에서 작물재배가 가능토록 개발한 시스템이다.

구조는 비닐 지붕을 씌운 올타리 아래 흙시멘트 블록을 놓고 그 위에 흙이 얕게 깔린 모판으로 덮여 있는 묘대를 올려놓은 것이다. 환경을 오염하는 농약이나 비료를 사용하지 않고 메타강변의 벼 재배 농가에서 나오는 폐기물을 이용하여 식물들이 필요한 무기질을 침가해 주어 양파, 토마토, 근대, 상추, 고추, 콩, 후추, 파슬리, 마늘, 양배추, 박하, 무 등을 재배하는 방식이다. 이것은 일종의 수경재배법으로 매우 간단하나 어려운 환경을 극복하기 위한 기발한 아이디어로서 높이 평가되고 있는 방법이다.

② 슬리브 펌프

야노쓰에서는 전기에 지하수면이 깊이 내려가 일반적인 수동 펌프로는 물을 퍼올릴 수 없는데 이를 해결하고 지역 원주민들 병의 80% 이상이 지표면의 오염된 물을 먹기 때문인 점을 감안하여 지하에서 깨끗한 물을 손쉽게 얻을 수 있도록 고안한 장치이다. 전통적인 수동식 펌프는 실린더 안의 피스톤이 올라오면서 물을 들어 올리는 방식인데 기압에 의존하기 때문에 대기압이 물기둥을 지탱할 수 있는 최대치의 높이(약 34피트) 보다 깊어서는 안된다. 또한 최대 깊이에서 물을 끌어올릴 수 있는 피스톤 축은 너무 무겁고 간혀있던 물을 끌어올리고자 피스톤을 움직이기 위해서는 물과 피스톤, 그리고 피스톤 축의 무게뿐 아니라 막힘현상을 이겨내고 그것들을 들어 올리기 위한 힘이 필요해 대부분의 사람들이 사용하기 어렵기 때문에 지하 깊은 곳의 깨끗한 지하수를 끌어올리기가 곤란하다. 슬리브 펌프는 대기압에 저항하여 무거운 피스톤을 들어 올리느라

애쓰는 대신 플라스틱 수관(sleeve)안에 피스톤을 그냥 놔두고 가벼운 수관을 들어 올리도록 고안하였으므로 플라스틱 수관의 길이에 따라 깊은 우물에서도 물을 품어 올릴 수 있으며, PVC관은 내부에서 꼼짝하지 않는 피스톤에 비해 훨씬 가볍기 때문에 기존의 펌프보다 몇 배 이상 땅속 깊이 내려갈 수 있고 또한 손잡이 길이를 연장시키면 더욱 깊이 내려 갈 수 있도록 한 것으로서 가비오파스에서는 이것들을 어린이들의 시소에 장착하여 사용하고 있다.



〈슬리브 펌프〉

③ 병원

가비오파스인들의 아이디어를 종합하는 건물로서 한낮의 뜨거운 열을 빌딩으로 집중시켰다가 반사시키는 기능의 실용적이며 상징적인 스텐인레스로 만들어졌다. 아치모양 지붕, 태양열 압력 솔이 설치된 주방, 분수가 설치된 안마당과 유리와 연마 강철로 만든 복도 사이에 늘 불어오는 북서풍을 맞아들이도록 방향을 잡아 설치한 짧은 통로 등 빛과 바람이 통할 수 있도록 설계되었다. 또한 하얀벽, 유리차양, 채광창, 표면을 연마한 강철기둥, 바람을 최대한 맞아들이기 위해 바닥에서 지붕까지 이어져 있는 판유리 창문블라인드, 푸른색과 노란색 애나멜로 마무리한 외부로 노출된 철제지주 등 일찍이 토머스 에디슨이 말한 것처럼 기술이란 자기를 발명한 인간을 배반하고 파괴하는 증기를 뿐만 아니라 인간 실존을 풍요롭게 해줄 수 있어야 한다는 가비오파스인들의 신념이 구체화된 것이다. 또한 중앙마당의 분수는 1미터 입방체 위에 흐르는 물의 피막으로, 대기에 서늘한 습기를 주기 위해 전통적인 집수구의 다섯 배나 되는 증발표면을 가지도록 고안되어 있다. 병원을 에워싼 테라스를 관통하도록 언덕에 위치한 지하터널은 불어오는 산들바람을 향해 열려 있어서 실내를 더욱 신선하게 해주는 역할을 하고, 각방의 꼭대기에는 분리된 아연도금 지붕이 손으로 크랭크를 돌려서 밀어 열 수 있도록 하여 날씨가 좋을 때 낮에는 환자들에게 신선한 공기와 푸른 하늘을 제공해주고, 밤에는 별자리들의 쇼를 보여주는 등 환자들의 심신치유를 위하여 다양하게 배려되어 있다. 그러나 나중에 이 건물은 콜롬비아의 의료제도 개편에 따라 병원으로 사용이 중지되고 대신 민족식물학연구실로 이용, 약용식물들에 대한 연구가 행해지고 있다.

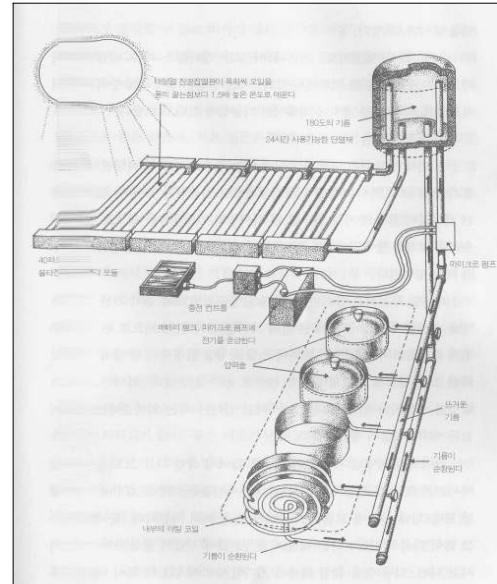
④ 태양열 주방

이 시스템은 점성이 적은 목화씨 기름으로 채워진 태양열 진공집열관을 사용하여 물의 비등점보다 훨씬 높은 온도로 데워진 기름이 열 사이펀을 통하여 저장탱크로 빨아 올려진다. 이때 막대모양의 스위치를 치면 광전지로 충전된 배터리로 작동하는 40와트짜리 마이크로 펌프가 여섯 개의 스텐인레스 압력솔 둘레를 감싸고 있는 코일 안으로 뜨거운 목화씨 기름을 흘려보내면 이 기름은 압력솔을 가열시키고 난 후 지붕위로 보내져 다시 가열되도록 고안되어 있다. 지붕 위의 기름탱크에 있는 절연체는 폐쇄시스템이 하루 스물네 시간 작동할 수 있을 정도로 충분히 뜨거운 온도를 유지시켜 준다. 또한 배터리에 쓰고 남은 전기를 가지고 12볼트 직류로 작동하도록 설계된 콤팩트 형광전구로 병원을 밤새도록 밝혀줄 수 있도록 되어 있다.

⑤ 태양열 정수기

살균처리되지 않은 물이 태양열 집열판으로 흘러 들어갈 때 이중의 구리 파이프로 된 방 중의 하나를 통하여 흐른다. 한편 집열판에서 이미 끓여진 물은 수도꼭지와 연결된 저장탱크를 통하여 파이프의 또 다른 방을 통하여 반대 방향으로 흐른다. 뜨거운 물과 찬물이 얇은 구리판을 사이에 두고 흐를 때 끓는 물은 식고 살균처리되지 않은 물은 데워져서 열교환이 이루어지는 것이다.

살균처리되지 않은 그러나 예열된 물이 태양열 집열판 안에 들어가면 물의 온도가 급속히 올라가 화씨 165도 이상이 된다. 여기서 물을 끓이기 위해서는 약간의 자극만 주면 되는데 그 약간의 자극이란 직사광선에 의해 제공된다. 이는 1평방 미터의 태양열집열기를 사용하여 열을 발생시키는데 직사광선을 1분만 쬐어도 물이 끓기 시작하여 외방향 밸브로 빠져나간다. 직사광선이 밸브를 통하여 정화된 수증기를 밀어올리지 않으면 위 탱크를 채울 수 없기 때문에 수도꼭지에서 나오는 물은 항상 깨끗하고 믿을 만하다.



〈태양열주방 구조〉

⑥ 기타 여러 가지 시도들

가비오파스인들은 앞서 소개한 아이디어들 이외에도 나선형 수동 우물굴착기, 포물선형 태양열곡물건조기, 회전식 드럼 땅콩까기, 황소가 끄는 땅 고르는 기계, 흙시멘트 벽돌을 만드는 수동압착기, 태양열온수페널, 폐달동력 까사바 분쇄기, 한 손으로 작동하는 사탕수수압축기, 태양열냉장고, 소나무에서 채취한 송진을 가공하거나 가열하여 정화시켜 테레빈유를 만드는 공장시스템 등 그야말로 “지속가능한 발전”이나 “적정 기술”과 같은 말들을 상투적인 구호가 아닌 현실로 이루어내는 노력을 함으로써 가비오파스를 이 세상에 존재하지 않는 ‘유토피아’가 아닌 실제로 존재하는 새로운 세상인 ‘토피아’를 창조해가고 있다.

(2) 빈 하우젠

가. 마을가꾸기 개요

- 위치 : 독일 하노버에서 남쪽으로 1시간 거리
- 규모 : 인구 약 1,200명의 농촌지역의 작은 소도시
- 마을가꾸기 배경

독일에서는 70년대부터 농촌중심으로 마을가꾸기 운동이 벌어졌으며, 그 덕분에 독일은 유럽에서도 아름다운 농촌의 모습을 만들어 냈다. 그러나 미관만 바뀐 것이 아니라 마을을 가꾸면서 자연을 훼손하지 않고 자연과 더불어 살 수 있는 방법을 모색하였던 것이다. 빈 하우젠도 그들중 하나로 주민들의 마을에 대한 애정이 곳곳에 드러나 있는 곳이다.

나. 생태계획

① 건축

처음 설계 단계에는 마을 건축위원회 위원과, 주정부에서 파견한 도시계획 담당관, 건축설계사가 함께 의견을 나눈다. 건축자재는 유해성분이 없는 것만으로 골라서 하며, 목재나 벽돌 등 모두 그 지방에서 생산된 것만 사용하고, 단열재료는 리사이클링 가능한 것을 사용한다. 집을 지을 때 공기의 흐름을 고려해 창문을 아래위로 길게 낸다. 긴 창문은 여름엔 바람의 통로로, 겨울엔 채광판으로 이용되어 난방과 환기를 동시에 해결하는 역할을 한다. 천장에는 채광을 위한 창문이 있고 단열효과가 뛰어난 재료를 사용해 별도의 난방시설이 없다. 또한 열교체원리에 의해 작동되는 보일러를 설치하는 경우도 있는데 이는 지붕에 설치된 관을 통해 바깥의 더운 공기를 빨아들여 그 열로 온수와 난방을 하는 것으로 가스보일러와 비교시 연료비와 가스설비비가 들지 않아 저렴하며, 무엇보다도 중요한 것은 이산화탄소가 발생하지 않는다는 장점이 있다.

② 하수처리시스템

1992년 주정부는 빈 하우젠, 슈바흐 하우젠 그리고 노르트북을 빈 하우젠의 대규모 중앙하수처리 시설로 통합하여 했는데 그렇게 되면 토지를 많이 가진 사람들이 부담해야하는 비용이 만만치 않았기 때문에 다른 방법을 강구하였다. 그 결과 주민들은 기존에 있던 하수처리시설을 개선하고 또 각자의 집에 생물학적인 정화장치를 설치하기로 의견을 모으게 되었다. 독일에서도 그 유래를 찾아보기 힘든 독창적인 빈 하우젠의 하수처리시스템은 하수처리비용을 줄이고 자연스럽게 물이 순환되도록 하는 원리로서 1단계로 가정집에서 나온 하수는 하수관을 통해 자기마당의 오수통에 모아서 오니를 제거하고, 2단계로 미생물에 산소를 공급하여 유기물이 분해되도록 돋는 갈대의 일종인 “슬프”가 자라고 있는 곳으로 보내진다. 여기서 미생물들에 의해 오염물질이 분해된 물은 땅으로 스며들어 하천으로 흘러가게 된다. 마지막으로 각 가정에서 처리하고 남은 찌꺼기인 오니는 매립지로 보내지고 여기서 필터로 걸러 큰 알갱이는 버리고 채를 빠져나온 슬러지는 일단 바닥에 있는 통에 저장된 다음 펌프로 슬러지 매립밭으로 보내진다.

그 바닥에는 모래층이 있어서 슬러지에 들어 있는 수분은 아래로 빠져나가지만 입자인 슬러지는 표면에 남아 오랜 시간 (10~15년)이 지나면 양분이 풍부한 거름이 된다. 이러한 하수처리시스템을 만들기 위해서 빈 하우젠 주민들은 한 사람 당 1,000시간-40일 이상을 자원봉사로 일했으며, 지하수를 사용하고 하수를 정화해 다시 땅으로 보내는 물 시스템의 정착으로 빈 하우젠은 2000년 하노버 국제박람회에서 대표적인 친환경 마을로 선정됐다.

③ 수력발전시설

빈 하우젠에서는 마을을 지나가는 알리강 지류에 소규모 수력발전소를 건설중인데 이는 새로 조성되는 20여 가구에 전기를 공급하기 위해 주민 12명이 투자하였다. 이러한 수력발전의 경제성을 조사한 결과 당초 투입된 비용은 약 15~20년 정도 후면 회수가 가능한 것으로 나타났다. 또한 알리강의 작은 지천에는 개인이 사용하는 소규모 수력발전 시설도 많이 세워지고 있다 자연에너지를 생활속으로 끌어들인 빈 하우젠은 적은 양이라도 자연에서 얻는 에너지가 자연과 더불어 살 수 있는 방법임을 이미 터득 했기 때문이다.



〈소규모 수력발전기〉

(3) 크리스탈 워터스(Crystal Waters)

가. 마을개요

- 위치 : 호주 퀸스랜드주 브리즈번 북서쪽 100km 지점
- 규모 : 약 78만평(83가구, 개인소유지 14%, 공유면적 6%, 나머지 80%는 공동소유)
- 마을개념

크리스탈 워터스(Crystal Waters)는 1989년에 설립된 세계적으로 대표할 만한 생태공동체로서 퍼머컬처(Permaculture)의 원리를 기본으로 미래의 지속가능한 주거설계에 관한 길잡이를 제시하고 있는 생태마을이다. 이 마을은 지난 1995년 터키 이스탄불에서 열렸던 '제2차 유엔 인간 주거 회의'에서 유엔으로부터 '세계 주거상 (The World Habitat Award)'을 수상한 바 있으며, UN Best Practices Database의 상위 40위안에 올랐던 적도 있다.

퍼머컬처라는 개념의 핵심은 땅을 살리고, 인간을 살리고, 이웃을 살리자는 것이다. 이 마을의 설계자는 스위스 출신의 엔지니어인 맥스 린데거이다. 1985년부터 이 마을을 설계해 1988년에 주민들이 입주하기 시작했다. 현재의 마을주민은 약 2백명 남짓이지만 18개국으로부터 환경에 삶의 우선순위를 둔 사람들이 모여 사는 다국적 공동체이다. 이들은 결코 원시적인 삶이나 농촌으로 돌아가자고 주장하지 않는다. 또한, 자연을 있는 그대로 보존하자는 환경론자들의 집단도 아니다. 다만 사람과 동물, 건물과 초목간의 <생태적 공존>이 불가능하면 인간의 지속적인 삶도 불가능하다고 주장한다.

린데거는 "주말에 한번 흙 만지는 것으로 인간이 결코 행복해질 수는 없다. 사람은 일주일 내내 땅을 밟고 흙을 만지며 살아야 한다. 땅에 사는 모든 생명체는 서로가 서로에게 의존적이며, 순환적이다."라고 말하며, 모두들 필요 없는 소비나 불필요한 기술에 얹매이지 않는 생활을 추구하고 있다.

나. 삶의 방식들

① 급수시설(빗물의 사용)

크리스탈 워터스에서는 무엇보다도 원천적으로 오염을 줄이기 위해 소비자체를 줄이는 생활을 한다. 이곳에는 상하수도가 없다. 빗물을 상수원으로 사용하며, 이를 위해 집집마다 지붕에는 빗물을 받기 위한 홈통이 설치되어 있다. 빗물을 물탱크에 모아 두었다가 식수로 쓴다. 저수량은 약 2만3천 리터 정도이며, 이것은 4인 가족이 두달 가까이 쓸 수 있는 양이다. 이곳의 하루 물

소비량은 가구당 5백리터가 자율적인 상한선이다. 빗물을 수질검사 결과 아무 문제가 없다.



〈빗물을 받기위한 장치들〉



〈마을 뒷산의 물탱크〉

목욕이나 설거지에 이용하는 물은 마을을 끼고 흐르는 킬코이 계곡의 물을 끌어다 쓴다. 마을 뒷산에 세운 큰 물탱크에서 11개의 중간 수조를 거쳐 각 가정으로 분배된다. 이 중수는 사용 후 다시 정화조로 모아져 정수되면서 땅으로 스며들어 집 앞들과 텃밭에 심은 야채나 과실나무를 재배하는데 쓰인다.

② 건축재료

크리스탈 워터스의 집들은 대부분 흙지붕이다. 흙의 장점은 단열, 보온의 효과가 있다. 나머지 건물의 재료도 대부분 목재, 짚, 다져진 토양, 대나무, 진흙벽돌, 압축된 흙벽돌 등 자연재이다. 이것은 집이 숨을 쉬도록 한다는 것을 의미한다. 이들은 집을 사람의 피부와 옷의 연장으로 생각한다.



〈흙과 목재로 만든 집〉

③ 태양에너지 사용

이곳의 에너지 소비 중 약 95%는 태양에너지이다. 집열판과 축전지, 변압기 등을 설치하지만, 태양열만으로 부족할 경우에는 난로와 취사용으로 프로판가스를 보조적으로 사용한다.

모든 주거에 독립적인 태양전력시스템을 설치하기보다는 골짜기에 있는 기존의 메인 전기그리드의 전기원을 사용하고 있다.



〈태양열을 모으기 위한 집열판〉

④ 폐기물(하수와 오페수, 종이와 음식물 쓰레기)

크리스탈 워터스의 하부구조 감독 Dean Cameron이 커다란 콘크리트 폭우(stormwater)파이프, 플라스틱 파이프, 철근과 같은 부품을 사용하여 DOWMUS 퇴비 화장실을 개발하였으며 그 후 여러 차례 디자인을 수정 보완하여 현재는 재활용된 플라스틱으로 지어진 탱크와 건식 혹은 습식시스템 (dry or wet/flush system)의 화장실을 사용하고 있다.

하수와 오페수는 물론 각종 종이와 음식물쓰레기 등은 복합 화장실(Composite Toilet)이라는 곳으로 파이프를 통해 보내고, 이곳에서 처리된다. 이 화장실은 내부가 3중으로 이루어진 커다란 탱크 형태이다. 이곳의 쓰레기는 호주산 지렁이의 일종인 '버름'을 통해 1차 분해되고, 박테리아를 통해 2차 분해된 뒤엔 아래 모래를 거치는데, 이 과정에서 최종 나온 물은 파이프를 통해 별

도의 탱크에 저장해 두었다가 밭작물에 뿌리고, 남아있는 썩은 찌꺼기는 퇴비로 활용한다. 정화조에는 환풍기를 별도로 달아 집안으로 냄새가 들어오지 않게 한다.



〈DOWMUS 퇴비 화장실〉

⑤ 중수처리시스템

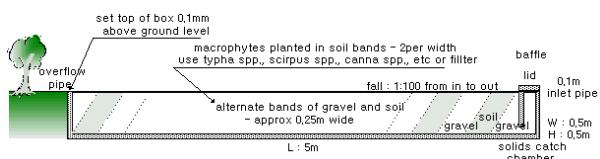
중수처리를 위한 매크로피터스(Macrophytes) 시스템은 최근 크리스탈 워터스의 주택들에서 복합화장실의 오수처리를 위해 사용되고 있다.

규격화된 이 시스템은 내구성이 강하도록 0.05m의 두께를 가진 콘크리트나 블록 또는 폴리에틸렌 같은 재료로 세워질 수 있는 길게 늘어난 박스의 형태로 구성되어 있다. 일반적인 크기는 5m(H) × 0.5m(W) × 0.5m(L)의 치수로 한 가정(4인 기준)에서 사용하기에 부족하지 않은 적당한 크기이다. 중수는 한쪽 끝의 작은 뒷개를 경유하여 이 박스로 들어간다. 이 끝 부분에는 필터로 들어가는 중수를 막기 위한 조절장치가 갖추어져 있다. 박스의 윗부분 전체는 열려져 있다. 다른 한쪽 끝의 위에는 작은 넘침관(overflow pipe)이 설치되어 있다. 대지 위로 흐르는 빗물이 이 장치로 들어가는 것을 막기 위하여 이것의 높이를 대지의 높이 보다가 약간(0.1m) 높게 한다.

이 박스 안에 있는 필터시스템은 10mm의 자갈과 표토가 들어 있으며, 연속된 사선 띠 모양으로 구성되어 있다. 각 띠의 두께는 약 200~250mm로 되어 있고, 박스의 가장 위 부분에서 25~50mm이 되는 높이에서 바닥까지 자갈과 표토가 채워져 있다. 첫 번째 띠는 자갈로 되어 있다. 중수는 이 띠를 통하여 여과되고, 여과된 물은 식물의 성장을 위해 처리된다.



〈중수처리시설〉



〈매크로피터스 시스템〉

이러한 중수처리시스템의 장점은 다음과 같다. 중수는 이 시스템으로 들어가는 즉시 여과되기 시작한다. 시간적으로 중수의 흐름을 방해하는 것은 성공적인 처리를 약화시키기 때문이다. 펌프는 필요 없다. 이 시스템은 중력으로 처리 된다. 저비용 장치이고, 대지 위에 세울 수 있으며, 유지 보수가 쉽다.

⑥ 에코-센터(Eco-Centre) 운영

2001년 세계적인 Eco-village Network Oceania/Asia (GENOA)를 통해서 세워진 Crystal Waters Eco-Centre는 단순한 교육장소가 아니다. 에코센터는 생태적인 시설로서 그 자체가 교육적일 뿐 아니라 건축가와 건설분야 종사자들의 세미나 강좌, 영화상영 및 회의를 위한 최고의

수업장소로서 환경적으로 지속가능한 최고의 수준을 성취할 수 있도록 계획되었다.

생태건축의 교육센터인 Eco-Centre에는 수업을 위한 두 개의 교실이 있다. 9.6m x 6m의 크기 를 가진 실내 교육공간은 60 명이 편안하게 앉을 수 있도록 설계되어 있으며, 건물은 다져진 흙과 목재를 사용하여 지음으로써 최근의 적당한 '그린(green)' 기술과 '자연형 태양열 설계 (passive solar design)'를 통합 시켰다. 흙벽은 여름철 냉방은 물론 겨울철 외부의 냉기로부터 따뜻함을 지켜준다. 겨울에는 나무를 연소시켜 열을 발생시키는 효율이 높은 베너에 의해 난방 을 한다. 건물에서 필요로 하는 전기에너지는 충분한 양의 광전지(photovoltaic) 패널에 의해 생 산된다. 학생들은 컴퓨터를 통해서 에너지의 입·출력을 감시 할 수 있다.

(4) 꾸리찌바(Curitiba)

가. 도시개요

- 위치 : 브라질 남부 빠라나주의 수도
- 규모 : 432km², 인구 약 230만명(광역도시권)
- 도시소개

21세기 인류의 주거 환경에 대한 관심이 높아지고 있는 가운데, 자연과 인간이 공생하며, 아름답고 쾌적하며 인간답게 살 수 있는 도시로 평가받는 대표적인 예가 바로 브라질의 환경수도라고 불리우는 꾸리찌바(Curitiba)시이다. 1842년 시로 승격한 꾸리찌바는 20세기 중반까지는 도시성 장이 매우 느렸으나, 1940년대부터 산업화, 도시화의 물결을 맞게 되면서 도시계획이 실시되어 Paran 주의 수도로서의 역할이 시작되었고, 1960년대에 산업도시로 탈바꿈하였다. 특히 1973년 꾸리찌바 공업단지가 만들어지면서, 브라질연방의 경제적 중심지로 활성화되기 시작했다. 20세기 중반의 꾸리찌바시는 제3세계 국가의 다른 도시들처럼 많은 문제를 안고 있는 도시였다. 도시민의 과반수가 문맹자여서 도시빈민이 많았고, 범죄 등 각종 사회문제가 많았었다. 특히 50년대의 급속한 공업화로 인해 도시환경문제는 최악의 상태까지 이르렀다. 그러나 70년초부터 자이메 레르네르시장의 비전과 강력한 리더쉽하에 지속적인 계획행정을 추진한 결과, 이제는 "지구에서 환경적으로 가장 올바로 사는 도시", "세계에서 가장 창의적인 도시" 등의 칭송을 들으며 전 세계가 부러워하는 가장 바람직한 도시의 모습을 갖추게 되었다. 그 결과 꾸리찌바시는 세계의 각 유명단체로부터 자원재활용, 에너지절약, 폐기물처리, 자연보호, 녹지 확충 등 환경보전 뿐만 아니라 도시계획, 사회보장, 교육 등 도시행정 전반에 있어서 10년간 열두 번이나 모범도시로 표창을 받았다. 꾸리찌바시는 환경적, 사회적, 경제적인 지속성을 균형있게 추구함으로서, 21세기의 이상적인 도시상으로서 '지속가능한 도시'에 가장 접근해 있다고 할 수 있다.

나. 독특한 계획들

① 버스중심의 공공교통시스템

꾸리찌바의 도시경관을 상징하는 첫째는 체계적이고 효율적으로 도시공간을 통합하고 있는 특유의 버스교통시스템이다. 이는

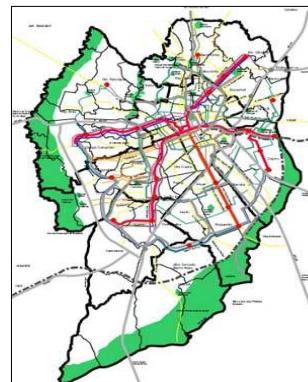
- a. 3중 도로망과 도로위계에 따른 종합적이고 체계적인 노선망,
- b. 승차전 미리 요금내고 들어가 대기하는 원통형 버스정류장,
- c. 4가지 색깔로 구분하여 각각 다른 기능(급행, 완행, 지구간, 직통노선)을 수행토록 하되, 한 번에 270명까지 수송할 수 있는 '굴절버스'의 채택으로 특징지을 수 있다.

기존 도로망을 이용하면서 지하철처럼 빠르고 편리한 장점을 가지도록 고안된 이 버스교통시스

템은 버스를 이용해 지하철 못지 않은 정확한 구획으로 편리하게 이동할 수 있도록 계획된 것이어서 '땅 위의 지하철'이라고도 불리운다.¹⁾ 이 버스 교통 시스템은 지하철 건설비용의 80분의 1에 불과한 사업비로 건설 되었으며, 이용객 1일 180만명, 여객교통분담률이 자그마치 75%에 이르러, 경비나 효율면에서 뉴욕의 지하철보다 300배나 능률적인 것으로 평가되어 진다.

이처럼 대중교통수단인 버스운송시스템으로 계획함으로써 결과적으로 승용차의 증가를 억제한 것은 대단히 현명한 도시정책의 하나로 평가된다. 도시전체로 볼 때 에너지 절약적인 교통시스템인 것은 분명하지만 버스에 경유를 쓰고 있는 것은 옥에 티라고 할 수 있는데, 시가지내의 풍부한 녹지 등으로 충분한 환경용량이 대기오염 수준을 낮추고 있다.

이와 더불어 버스교통시스템은 단순히 교통과 환경문제의 해결이라는 차원을 넘어서, 사회적 약자를 배려하도록 되어 있다는 데에 또 다른 의미를 갖는다. 한번만 요금을 내면 시내의 어느 곳으로도 환승할 수 있도록 단일요금체계(사회적 요금)를 갖춤으로써, 단거리 노선을 이용하는 중산층이 상의 시민이 교외지역 빈민가에서 장거리 통행을 하는 시민들을 보조하는 시스템으로 되어 있다. 그리고 정류장에서 휠체어를 타고도 자유롭게 승하차할 수 있도록 배려함으로써 사회적 약자인 장애인의 이동성을 보장하고 있다.



〈꾸리찌바시 도로망도〉



〈꾸리찌바시의 대중교통 수단인 굴절버스〉



〈원통형 버스정류장〉

② 시가지내의 풍부한 공원·녹지

인간과 자연이 공생하는 생태도시 꾸리찌바를 상징하는 또 하나의 키워드는 시민 1인당 녹지면적 52m²라는 풍부한 공원과 녹지이다. 시가지내 14개의 공원과 16개의 광장, 11개의 자연공원 등을 보유하는 숲속의 도시로 발전하게 된 것은 1971년에 수립된 '꾸리찌바 도시기본계획'을 토대로 하여, 가능하면 시가지내의 토지를 수용하여 공원으로 가꾸는 계획을 수립·시행한 덕분이다²⁾. 이와 더불어 '수목등록제'를 실시하여, 무허가 별도시 별금 또는 2배 이상의 식재를 하게 하는 엄격한 녹지보호시책을 전개하였다. 이러한 공원녹지의 확충은 부족한 녹지확보만을 위해서 이루어진 것이 아니라, 홍수를 예방하고 더 나아가서 일차적인 위생시설의 역할을 담당하도록 하

1) 꾸리찌바시는 5개의 주 교통축과 무료 환승이 가능한 25개의 통합 터미널 및 지선망으로 거리처럼 짜여 있다. 빨간색 급행버스는 5개의 간선축을 따라 운행하고, 녹색버스는 도시를 동심원을 그리며 운행하는 지구간 버스, 노란색은 시 외곽과 버스터미널을 연결하는 지선버스다. 시민들이 완행버스에서 내려 급행버스에 환승할 수 있는 중소형 버스터미널은 급행노선을 따라 1.4~2km마다 설치돼 있다. 반면 대형터미널은 지구간 녹색버스나 완행버스를 갈아탈 수 있게 5개의 급행버스 전용도로 끝에 위치해 있다. 지하철처럼 승객이 5분, 10분씩 이동하는 불편을 없애고 제자리에서 갈아탈 수 있다는 게 꾸리찌바 버스시스템의 경쟁력이다.

2) 레르네르시장은 다음과 같은 '녹지배가운동'을 전개하였다. 우선 도심외곽지역에는 모든 간선도로로부터 5m씩 후퇴하여 식재공간을 충분히 확보하도록 하고, 주거지의 건폐율은 50%이하로 하되, 비건폐공간은 토양수분 흡수능력 유지를 위해 자연상태로 남겨 놓도록 법령에 규정하였다. 또한 꾸리찌바 총면적의 1/3은 저밀도건물지구로 정하고, 전 도로망의 50%에 20만 그루의 가로수를 식재하도록 하였다.

기 위한 것이었다. 흥수통제를 위해 강의 양안을 콘크리트로 포장하는 대신 호수와 작은 도랑들을 만들어 유량을 통제하는 한편 자연형 하수처리가 이루어지도록 했다. 이를 위해 하천 및 호수를 따라 주변지역의 토지를 수용하고 이를 녹화사업을 통해 점차 공원용지로 확보해 나가는 정책을 펼쳤다.



〈이탈리아공원 전경〉



〈시가지 내 소하천〉

공원은 시민들에게 환경정보를 제공하고, 응급처치훈련을 받은 ‘공원경찰’에 의해 관리된다. 그리고 공원의 청소를 위해 가난한 10대들을 고용하여 청소년 비행문제를 해결하는 다목적 행정을 전개하였는데, 이는 오늘날 꾸리찌바시의 무직자를 위한 사회활동 프로그램의 하나인 “Everything Clean”的 주요무대가 되고 있다. 한편, 지역사회가 공원을 보호하고 유지관리하는 프로그램 ‘공원의 친구들협회’, ‘보이스카웃 자전거감시단’ 등이 시민참여에 의해 이루어지는 공원관리이다. 공원들은 생태학습장으로 활용되며, 이를 위해 공원간의 자전거도로망의 확보는 물론 공원까지 무료 ‘녹색공공버스’를 운행하기도 한다.

③ 철저한 재활용시스템

꾸리찌바를 상징하는 세 번째의 키워드는 미래세대와의 공존을 위한 경제적 지속성(economic sustainability)을 대표하는 철저한 재활용시스템이다. 더러운 도시를 깨끗하게 하는 방법으로 청소와 쓰레기 수거를 잘하는 것도 있지만, 근본적인 해결책은 쓰레기가 많이 발생하지 않도록 분리수거와 재활용을 철저히 하는 것이다. “쓰레기는 쓰레기가 아니다”라는 말로 시민을 설득하면서 이루어낸 재활용정책은 꾸리찌바를 세계 어느 도시보다도 높은 75%의 재활용률을 보여주는 자원절약형 도시로 만들어 왔다.³⁾

브라질의 경공업이 발달하지 못한 탓도 있지만, 가능하면 재활용할 것을 권장하되 이를 촉진하기 위해 여러가지 형태로 각종 인센티브를 주었다. 재활용 또는 재생산업에 대한 세제혜택과 대규모의 ‘재활용 센터’를 만들었다. 그리고 이와 결부시켜 빈민이나 장애인들에 대한 고용 및 복지 정책과 연계시키는 시책을 펼쳤다. 파벨라라고 불리우는 빈민촌에는 ‘환경탁아소’를 설치 운영하며, 재활용품 장난감을 만들어 파는 ‘환경빼아(PIAs) 프로그램’을 실시하고 있다. 그 밖에도 성인들을 대상으로 환경 교육을 실시하기 위한 ‘환경개방대학’이 폐문화구와 폐전주를 재활용해 만들 어졌고, 이를 통해 순환형사회를 위한 사회교육을 하고 있는 점도 특기할만하다.

쓰레기수거 및 재활용프로그램 중에서 가장 인상적인 것은 녹색 구매와 녹색교환이다. 녹색구매는 청소차가 들어갈 수 없는 빈민지역의 사람들이 생활쓰레기를 모아오면, 근교의 농민들로부터 사들인 달걀, 우유, 오렌지와 고구마와 같은 식료품이나 버스표 등 다른 쿠폰과 바꾸어 주는 시스템이다. 또한 녹색교환 (Green Exchange)은 재활용품을 모아오면 식료품 주머니와 교환해주

3) 시정부는 재활용의 활성화를 위해 어린이(특히 빈민)와 성인들을 대상으로 환경교육을 실시하며, 거리에는 “종이 50Kg이 나무 한그루와 같다. 우리 모두 재활용에 참가합시다” 하는 내용의 벽보를 붙이기도 했다. 뿐만 아니라 ‘나뭇잎가족’ 같은 이벤트를 만들어 재활용품을 가져오면 묘목을 나누어주는 행사를 하기도 하였다. 꾸리찌바시의 전가구의 70%이상이 이러한 프로그램에 참가함으로서, 리사이클링시책은 생활속에서의 환경교육은 물론 다민족사회를 끈끈하게 묶어주는 공동체의 행동 강령처럼 되어있다.

는 시스템이다. 이처럼 꾸리찌바에는 재생된 물건들은 지역기업들에게 판매하고, 잘게 조개어진 스티로폼은 가난한 사람들의 담요속을 채우도록 하는 등 자질구레한 것 같지만 알뜰한 시책들이 다목적 시책으로 전개되면서 환경적, 경제적, 사회적으로 건전한 지속가능한 사회를 만들고 있다.

④ ‘희망의 등대’ 소형시립도서관

꾸리찌바시의 도시경관의 특징은 저소득층 주거지역(파벨라)에 설치된 등대모양의 32개의 소형 시립도서관이다. 1990년대 중반 저소득층 시민들의 권리를 존중하고, 삶의 질을 높여가기 위한 문화사업과 사회복지사업의 하나로 추진된 ‘지혜의 등대’라고 불리우는 이 소형도서관은 현세대 내 구성원들간의 공생을 위한 ‘사회적 지속가능성’을 보여주는 또 하나의 좋은 예이다.

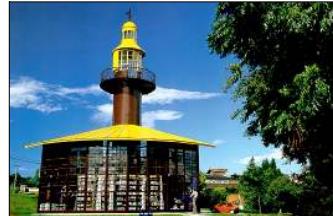
고대 이집트의 ‘파로스등대’와 대형도서관을 결합한 형태의 이 소형 도서관은 원통형의 탑과 2층 건물로 이루어져 있다. 1층에는 도서가 배열되어 있고, 2층에는 학습을 할 수 있는 책상과 의자가 마련되어 있는데, 이들은 항상 시립초등학교 옆에 건설되어 있고, 두개의 문중에서 하나는 학교와 연결돼 있어 학생들이 쉽게 이용할 수 있게 했다. 다른 하나의 출입구는 지역 빈민들의 출입을 위해 길거리로 향해 있다.

낮 동안 주민들의 ‘지식·정보의 장’인 이 도서관은 밤 9시가 넘으면 경찰관이 배치되어, 빈민가에서 시민들을 범죄로부터 보호하는 ‘치안의 등대’가 된다. 이를 통해 꾸리찌바시 시민들은 등대의 보호속에서 편안히 하루를 마감한다. 시민을 위해 더 나은 정책을 구상하는 매일 매일의 고심이 없었다면 이 창조적 발상은 나올 수 없었을 것이다. 그리고 이런 세심함이야말로 빈부격차가 심한 브라질의 한 도시를 지속 가능한 도시로 명성을 떨치게 한 원동력일 것이다.⁴⁾

지식사회에 대비하는 시민본위의 행정의 표본인 이 소형시립도서관은 ‘교육’과 ‘방범’이라는 다목적인 사업이라는 점과 기존 대형 시립도서관이 접근성이 낮은 점을 감안하여 주거지역에 작은 여러 개의 도서관을 지어, ‘시민에게 다가가는 행정’이라는 측면에서 모범적인 사례이다. 이 도서관 안에서 책을 읽고, 컴퓨터를 사용하는 서민층의 자녀들을 볼 때, 꾸리찌바 시민들은 도서관을 통해 정보화사회에 성공적으로 적응할 수 있을 것이다.



〈재활용쓰레기를 농산물과 교환하는 모습〉



〈‘지혜의 등대’라 불리는 소형시립도서관〉

⑤ 교육 (Educagao)

교육 분야 혁신자들은 미래의 시민으로 형성하기 위한 노력을 한 초점으로 모으는데 노력하였으며, 94.5%의 문맹퇴치율을 보장하는 것을 122개 시립학교에서 개발하였다. 뿐만 아니라 재래식 학교의 전과정과 특수학교에서도 동조한 것이다.

4) ‘시민권의 거리’ 와 더불어 마세도시장의 2대 역점사업의 하나인 이 ‘지혜의 등대’는 해당 약 1억 원 정도의 적은 비용으로 건설되었으면서도 평균 6000여권의 장서를 보유하고 있으며 월 평균이용자수 3천명, 대출도서수가 47,000권에 이르고 있다. 이 등대는 문화적으로 소외된 서민들과 어린이들의 가슴속에 희망을 싹을 심어주는 ‘문화의 나무’라는 평을 받고 있다. 이처럼 적은 비용으로 사회적 약자인 빈민과 어린이들에 대한 배려를 할 수 있다는 것은 시장이나 공무원들이 어떠한 시민들에게라도 존경하는 마음을 가지고 시정에 임하고 있는 가를 보여주는 좋은 예이다.

CEI(CenTro de Educagao InTebral, 중앙교육부)는 교육에 동반되는 지침을 만들어 제공하며, 스포츠 활동, 레크레이션을 통한 오락, 문화 등 많은 것들을 보충공급하고 있다. 불구 아동들과 배움의 어려움을 느끼는 어린이들은 정규 학교에서 특별지도하는 학급이 있으며 충분한 보충을 요하는 아동들을 위한 특별 교육 시청국이 있다.

이런 교육을 뒷받침하는 특별시청 교통운송 시스템이 있어 아동들의 편리를 제공하고 있으며, 이런 교육 방법의 명칭은 꾸리찌바 시민의 과제 ("Lisoes euric:bano")라 불리우며 초등학교 교재는 1학년에서 4학년까지 전과정 수료자를 위해 만들어졌다. 이것은 꾸리찌바 시민의 실제 교육 개발을 위한 중요한 시발점인 것이다.

⑥ 기타 자원재활용 사례들

꽃의 거리에서 폐전차를 재활용한 탁아소를 만들어 운영하고, 버려진 채탄장과 석산개발이 끝난 부지를 대상으로 자연복원사업을 벌여 땅구아 공원과 오페라 하우스, 환경개방대학 등을 조성하는가 하면, 쓰레기 투기장이었던 곳을 식물원으로 개조하는 등 일련의 노력에 힘입어 꾸리찌바 시는 전체에 자연건축물이 채워지게 되었고 생물의 종다양성이 매우 높게 되었다.



〈탁아소로 재활용되고 있는 폐전차와 땅구아공원〉



〈오페라하우스와 식물원〉

(5) 명상의 도시 오로빌(Auroville)

가. 도시개요

- 위치 : 인도 동부 해안의 첸나이 남쪽 160km 타밀나두 지역
- 규모 : 반지름 2.5km, 약 20km²의 지역, 계획인구 5만명
- 건설배경

오로빌은 국적과 정치, 종교를 떠나 남자와 여자가 서로 화합, 평화를 이루며 함께 사는 곳을 만들자는 뜻을 가지고 세운 마을이다. 인도의 영적지도자이며 사상가로서 “인류 최대의 적은 인간의 내부에 있으며, 자기성찰에 정진하면 인간의 의식도 신성을 향해 진화될 수 있다”고 가르친 스리 오로빈도(1872~1950)에 의해 구상되었고 ‘마더(Mother)’라 불리는 그의 정신적 동반자인 미라 알파사(1878~1973) 여사가 계획을 세우고 세계에 알림으로써 뜻을 같이하는 사람들이 모여들었다. 오로빌이라는 이름은 스리 오로빈도에 대한 존경의 뜻을 담고 있으며

‘해뜨는 마을’이라는 의미이다.

이 마을은 1968년 2월28일 124개국에서 2명씩의 대표들이 참석, 자신들의 나라에서 가져 온 흙과 인도 각 지방의 흙을 모아서 오로빌의 상징인 마티리 만디르 명상홀 옆에 묻은 다음 대리석으로 덮으며 시작된다. 앞서 유네스코는 1966년 오로빌의 탄생을 지지하는 총회 결의문을 채택했다. 오로빌이 문화 종교 인종의 차이를 극복하고 인류의 단합을 추구하는 유엔의 정신을 담고 있기 때문이다. ‘마더’는 사방을 둘러봐도 초목이라고는 뱅골 보리수 한 그루밖에 없던 척박한 땅을 오로빌의 터로 정했으며, 아열대의 태양에 덴 것처럼 붉은 대지를 사람들과 손으로 파헤쳐 씨를 뿌리고 여린 묘목을 심었다. 이것이 지금은 기적처럼 빽빽한 숲으로 바뀌었다.

오로빌은 전세계에서 모인 최대 5만명의 거주자를 수용하는 공동체 마을을 계획하고 있는데 지금은 전체 35,000명 정도가 거주하는 타밀마을에 둘러 쌓인 다양한 크기의 100여개의 거주지에서 30개국 1,500명이 정착해 살고 있으며, 유기농법과 교육, 환경 친화적 적정기술 연구, 대체의학, 에너지 재활용, 토양과 수자원 보존, 내면교육, 건축, 정보기술, 문화활동 등의 다양한 영역에서 활동을 전개하고 있다. 오늘날 오로빌은 인도정부는 물론 세계 각지의 비영리단체에 의해 생태적으로 잘 보전된 공동체 마을로 평가받고 있다.



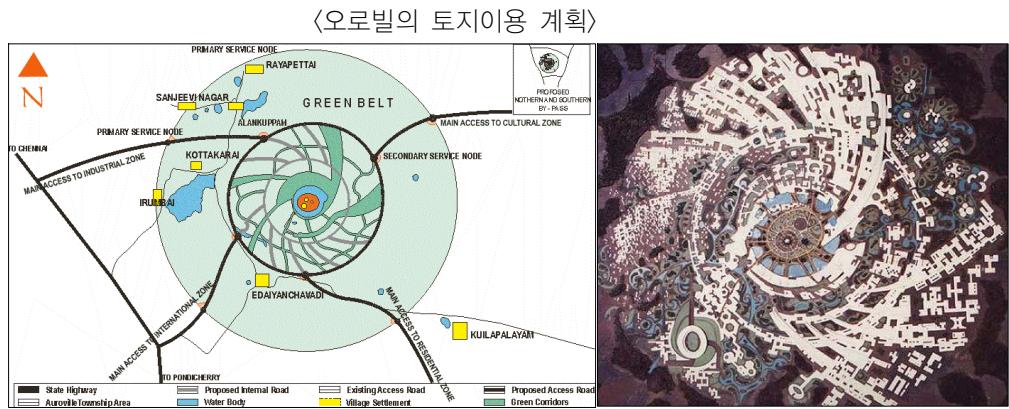
〈위 치 도〉

나. 토지이용계획

오로빌은 인구 5만명이 생태학적으로 생활할 수 있는 도시를 건설하기 위해 백년 이상을 내다본 구상을 가지고 있다. 이 계획들은 현실에 맞춰 유연하게 진행되고 있는데 중앙의 거대한 명상홀 마티리 만디르를 중심으로 한 직경 5km의 원형 도시이다. 밀림의 그린벨트가 외곽의 원주를 이루고 그 안에 주거, 문화, 산업, 국제의 네 개 지대가 마티리 만디르를 향해 물결치면서 전체적인 도시가 은하수를 닮은 모습이다. 북쪽은 산업지역으로 농장과 공장이 있고 남동쪽엔 문화지역이 있다. 그리고 남쪽은 거주지역, 서쪽은 국제교류지역이다. 세계 건축가들이 맘껏 상상력을 발휘한 멋스럽고 현대적인 건축물들이 곳곳에 세워지고 있는가 하면 코코넛나무로 만든 초가집도 있다. 사회주의의 장점과 자본주의의 장점이 결합된 독특한 이상도시인 오로빌은 양자의 갈등마저도 안고 있는 것 같다. 그래서 오로빌은 세계의 축소판이라고 한다.

〈토지이용계획표〉

용도구분	면적(천평)	비율(%)	비 고
계	5,938	100	
개발지 소계	702	11.8	
주거	287	4.8	
상업	57	1.0	
공업	30	0.5	
공공	198	3.3	평화구역, 공원, 공용의청사, 학교 등
도로	91	1.5	
레크리에이션	39	0.7	운동장 등 포함
미개발지	5,236	88.2	농경지, 하천, 계곡 등



다. 교육, 삶과 문화 등

① 교육

트랜지션(Transition) 스쿨은 초·중과정(8학년)에 해당한다. 각 학년은 열 명에서 스무 명 내외고, 과목별로 전문가 선생님이 지도해 준다. 학년은 나이에 따라 정해지는 것이 아니라 실력에 따라 정해진다. 다국적 공동체이기 때문에 프랑스, 스위스, 독일, 영국, 인도 등 세계 각국의 아이들이 함께 공부한다.

새로 오는 아이들은 환영그룹 선생님으로부터 영어를 배우고 자기 학년에 서서히 적응할 수 있도록 도움을 받는다. 이곳에서는 자신의 내면을 발견하고 창의성을 키우는 것을 중요하게 생각한다. 시험이 없고 능력에 따라 과제의 양도 조절한다. 그리고 여러 언어를 배우는 걸 중요하게 여긴다. 영어는 기본이고 인도의 정신을 이해하기 위해서 산스크리트어, 타밀어도 중요하게 여기고 프랑스, 독일어 등도 배운다.

고등학교에 해당하는 라스트 스쿨은 예술학교이다. 담당 교사뿐만 아니라 종종 오로빌에 있는 화가, 음악가, 조각가들이 와서 교육을 한다. 그러나 오로빌은 인도 정부에서 요구하는 교과과정을 하지 않고 있어서 학력을 인정받지 못하며, 대학이 없기 때문에 대학과정은 외부나 외국에 나가서 한다.

② 오로빌리안들의 삶과 문화

스리 오로빈도의 사상은 육체와 마음과 혼의 힘을 진리에 결합하는 인티그랄 요가로 불리는데 이는 깨달음을 얻어 최고의 평온한 상태에 도달하기 위해서 명상 요가, 헌신의 요가, 몸 요가, 일을 통한 요가, 경전 연구를 통한 요가, 주문을 통한 요가 등을 통합해서 행하여야 한다는 것이다. 이러한 오로빈도의 철학에 영향을 받아 오로빌에서는 5시간 일하고 5시간은 자신의 내면을 발견하고 창조하는 데 쓴다. 정해진 형식은 없으나 오로빌 한복판에 있는 마티리 만디르 명상홀에서 명상을 하는 등 고요함 속에 마음을 집중하여 명상을 하는 것을 중요하게 여긴다.

오로빌은 개인소유 의식을 떨쳐내고 무소유 공동체를 이념으로 한다. 초창기는 완전한 무소유 공동체였으나, 자체인구 및 유동 인구가 증가함에 따라 대논쟁을 거쳐 일정한 영역에서 자율권이 인정되고 있다. 그러나 오로빌 안에 있는 땅과 건물 등을 여전히 공동체 소유이다.

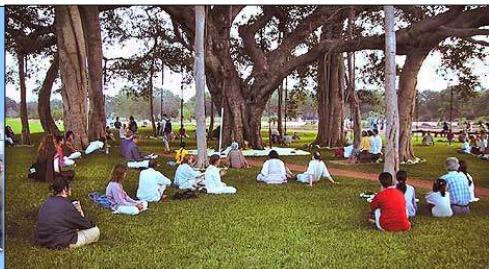
여기서는 하고 싶은 사람이 하고 싶은 일을 한다. 일은 자신의 내적인 신성을 발견하고 영적인 진보를 실현하는 과정이다. 일 관리하는 곳에서 일자리 목록을 정리해 놓으면 그 중에서 자신이 선택해서 일을 한다. 일을 하다가 즐겁지 않거나 자신의 적성에 맞지 않는다고 판단되면 다른 일로 바꿀 수 있다. 다양한 일을 시도해 봄으로써 진정 자신의 내면을 발견하는 일이 어떤 일인지

직접 경험을 통해 찾으라는 것이다. 규칙이나 강제가 거의 없으며 자발성에 근거해서 발전을 추구하는 곳이다.

오로빌리안들은 세계와 사람의 조화를 꿈꾼다. 세계인이 하나가 되는 진정한 지구촌, 인간과 자연을 한 몸으로 엮는 생태 마을, 인간 내면의 아름다움을 키워서 보다 풍요로운 삶으로 이끌려는 영적 공동체, 그리고 숙명과도 같은 빙곤을 스스로의 힘으로 이겨내도록 격려하는 금융시스템, 구소련 붕괴 후 10년이 넘도록 휘몰아치고 있는 미국을 비롯한 서구자본 중심의 신자유주의적 세계화와 폭력적인 반(反) 세계화운동 속에서도 이들은 꿈을 포기하지 않는다. 이들의 이상주의적 열정은 인간의 역사만큼 영원히 오래될 것이며 앞으로도 오래 지속될 것이다.



〈오로빌의 교육현장〉



〈한나무에서 여러 줄기와 뿌리가 나오는 반연나무〉

(6) 프라이부르크

가. 도시개요

- 위치 : 독일 남서부 바덴뷔르템베르크주
- 면적 : 153.06km²
- 인구 : 202,500(2001년)
- 도시소개

라인강과 슈바르츠발트숲(흑림) 그리고 와인과 545년 전통의 대학도시 등으로 유명한 독일 남부의 작은 도시 프라이부르크는 '독일의 환경수도'라고 불리운다. 프라이부르크가 환경도시로 된 배경은 주민들이 '빌 핵발전소'건설에 반대하면서 새로운 에너지 대안을 스스로 제시하기 시작하면서였다. 1986년 다른 도시보다 훨씬 먼저 환경청을 만들었던 프라이부르크는 같은 해 일어난 체르노빌 원전사고 후에 빌 핵발전소 건설계획에 반대하고 핵에너지 반대와 함께 에너지 이용과 난방, 대기와 수질관리를 통합하는 환경계획을 확립했다.

이 계획으로 프라이부르크는 지역내에 건물 수가 대폭 증가 했음에도 불구하고, 1980년에서 1991년까지 총6백3십만 마르크를 투자해 2천4백8십만마르크의 에너지 절약 효과를 거둘 수 있었다.

프라이부르크가 환경수도로 불리게 된 것은

1992년 독일환경 원조재단이 주최한 지방자치단체 경연대회에서 151개 자치단체 가운데서 1



〈위치도〉

위를 차지, 그 해의 “자연환경보호에 있어서 연방 수도”로 선정되면서부터 이다.

프라이부르크는 에너지, 교통, 쓰레기부문에서 특색 있는 환경 정책을 펴고 있다. 에너지는 원자력발전에서 탈피 ‘지역자가발전’을 지향하고 있다. 열병합발전시스템을 바탕으로 한 ‘소비전력 80% 자급계획’수립, 전력기본요금 폐지 및 대형 소비자 우대조치 철폐 등 절전유도 전력요금 제도의 도입추진, 태양에너지 등 재생가능 에너지

개발 및 에너지 절약 건축물 보급 등에 앞장서고 있다. 교통부문은 대중교통 확대와 자가용 이용 억제 및 도심상가 자동차 진입금지(상품반입만 허용), 자동차소음과 사고 예방을 위한 주택가 속도제한(시속 30km이하) 등 다양한 정책을 시행하고 있다. 자전거 전용도로만도 총 160km가 넘는다.

쓰레기정책은 쓰레기 분리수거와 재활용화, 각종 공공행사에서의 일회용품 사용금지 등을 철저히 시행하고 있다. 프라이부르크는 지난 1980년대 말부터 쓰레기 분리수거에 앞장서 독일 전역에 이를 퍼트렸으며, 재활용되지 않는 쓰레기는 기계·생물분해방식을 도입해 처리하는 등 다이옥신을 발생하는 소각처리문제에서 완전 탈피했다고 할 수 있을 정도로 앞서 있다.

이러한 프라이부르크를 뒷받침하는 힘은 BUND, 외코메디아, 외코인스티튜트, 국제환경지자체 등 60여개의 환경NGO단체와 시민들에 있다. 이들은 환경문제에 대안을 제시하며 시와 파트너쉽을 잘 형성하고 있다. 우리가 프라이부르크로부터 배울 것은 시민이다. 그들은 자신이 살고 있는 도시의 미래에 대한 주체로서 생활 속에서 환경보호를 몸소 실천하고 있기 때문이다.



〈프라이부르크시 전경〉

나. 생태도시 만들기

① 난방·대체에너지 개발

1992년 6월 시의회는 정부 건물이나 정부가 임대하거나 판매 하는 토지 등 시정부가 영향력을 행사할 수 있는 모든 경우에 대해 에너지 저소비형 건물만을 지을 수 있도록 하는 정책을 채택하여 단열제 확충, 태양에너지 이용, 건축 기준 확립을 골자로 하는 에너지 저소비형 건물을 짓도록 하고 있다. 건축 비용은 증대하지만 나중에는 결국 에너지 소비 절약을 통해 비용이 상쇄된다. 시당국으로부터 토지를 사는 사람들은 1년동안 1m²에서 사용하는 난방에너지가 65Kw를 넘지 않도록 지어야 한다. 이것은 오늘날 일반 가정에서 난방을 위해 사용되는 에너지의 2분의 1에 해당된다. 오염물질 방출도 마찬가지로 반감된다.

프라이부르크가 지속적으로 추진하는 에너지 절약운동은 시민들의 주거문화를 크게 바꿔놓고 있다. 새로 지은 집들은 대부분 벽을 두껍게 만들고 남쪽 면에 커다란 창을 내거나 온실을 만든다. 이른바 ‘자연형태양열주택’들이다. 이렇게 비교적 간단한 방법으로 난방연료의 50% 이상을 절감할 수 있다.

개조가 어려운 기존 주택들은 지붕에 집열판이나 태양전지를 얹어 물을 데우거나 전기로 적극 활용한다. 이웃한 수십 채의 집들이 지붕 위에 나란히 검은 집열판이나 태양전지를 얹고 있는 모습은 시내 어디서나 쉽게 볼 수 있는 풍경이다.

프라이부르크는 연간 1,800시간의 일조량 덕분에 태양에너지의 이용에 최적의 조건을 갖추고 있으며, 독일의 도시들 중에 태양에너지에 대한 연구와 실제 이용이 가장 활발하게 이루어지고 있는 곳이다. 높이 60m의 솔라타워를 비롯한 태양광발전시설이 60여개소 있으며, 최고출력은 340kw로서 시민 1인당 태양광 발전장치 시설수가 독일에서 가장 많다. 또한 “국제 태양열 에너

지 협회”, “프라운호프 태양열 에너지시스템 연구소 “이외 에도 태양열 에너지 관련 단체와 기업들이 몰려 있는 등 태양열 공학의 노하우와 조직망이 갖추어져 있어 “태양의 도시 프라이부르크”라고 불리고 있다.



〈술리어베르크의 태양광
연립주택〉

〈태양광발전
주차장〉

〈태양주택
헬리오토롭〉

② 전기

프라이부르크는 독일 최초로 시간제 요금제도를 도입한 도시이다. 기본요금은 없고 완전한 종량제이다. 이것은 에너지를 덜 쓰는 사람은 그만큼 적게 돈을 낸다는 것을 의미한다. 이 도시의 에너지와 수자원 회사인 PLG는 프라이부르크 모든 가정에 3가지 시간대별로 에너지 소비가 다르게 계산될 수 있도록 하는 새로운 전력 미터기를 설치했다. 시간대별로 다른 요금이 적용되는 것이다. 이러한 정책은 에너지 절약에 경제적 인센티브를 주기 위한 것이며, 이는 수요 관리와 함께 프라이부르크 전력정책의 기본을 이루는 "전력생산의 분산화"이다. 프라이부르크는 1980년대 중반에 자체적인 전력회사를 건립했다. 밤이건 낮이건 항상 필요한 전력은 외부의 큰 발전소에서 나오지만 활동시간대의 전력이나 피크타임대의 전력은 지역내에서 생산한다는 것이 이 회사의 목표이다. 활동시간대의 전력 수요를 위해서는 지역 난방과 결합된 석유나 석탄, 열병합발전소를 건설한다. 그것이 외부에서 전기를 수입하는 것보다 훨씬 경제적이고 효율적인 에너지 이용이기 때문이다. 피크타임 전력 수요는 개별적인 전기 생산 주체로부터 구매한다. 태양열이나 소수력, 풍력을 이용해 전기를 생산하는 개인이나, 단체는 사용하고 남은 전기를 프라이부르크 전기회사에 판매가의 90%가격을 받고 판매할 수 있도록 하여 많은 사람들이 필요한 전기를 스스로 생산하는 것을 장려하고 있다. 당연히 이렇게 소규모 발전시설을 만드는 사람에게는 재정적 지원이 뒤따른다.

③ 쓰레기

프라이부르크는 쓰레기 소각에 반대하고 있으며 환경친화적인 쓰레기 관리 시스템을 채택하고 있다. 이 시스템은 쓰레기 발생량을 원천적으로 줄이고 생물공학적 원리에 입각해서 쓰레기를 처리하기 위한 것이다. 시는 유치원과 학교, 일반 시민들과 각종 산업체에 쓰레기 관리에 대한 정보를 제공하고 쓰레기를 줄이도록 유도하고 있다. 시 당국은 영향력을 행사할 수 있는 모든 곳에서 음식물과 종이 분쇄기의 사용을 금지하고 있다. 다시 사용할 수 없거나 재생할 수 없는 쓰레기들을 모아서 조각내고 썩혀 발효시킨 다음 거름으로 사용하거나 작은 매립지로 가져간다. 이러한 계획은 쓰레기를 줄이는 것을 장려하고 소각로가 뿐만 아니라 다이옥신을 만들어 내지 않는다. 또한 이것은 소각보다 훨씬 더 싸고, 더욱 중요하게는 대중들에 의해 쉽게 수용될 수 있다. 프라이부르크대학의 커피자판기는 익숙하지 않은 사람한테는 사용이 불편하다. 1마르크를 넣고 무심코 자판을 누르면 커피를 모두 그냥 쏟아 버리게 된다. 개인 컵을 이용하는 사람들을 위한 것이기 때문이다. 컵이 없을 경우 0.5마르크를 더 넣고 자판을 누른 뒤 우물정자표시를 한 번 더

눌러야 한다. 그러면 노란 플라스틱 컵에 커피가 나오고, 이 컵을 옆 기계에 넣으면 0.4마르크를 돌려받을 수 있다. 일회용컵 사용을 줄이기 위해 고안된 복잡한 방법이다. 동네의 슈퍼마켓에서도 일회용품은 찾아보기 어렵다. 물이나 우유, 음료수 등 대부분이 캔이나 플라스틱 대신 병에 담겨 가지런히 진열돼 있다. 아무리 많은 물건을 사도 비닐봉지에 담아주지 않지만, 불편해하는 사람은 거의 없다. 프라이부르크시는 10여년 전부터 값비싼 쓰레기처리시설 투자보다 포장줄이기와 재활용 등에 주력했다. 그 결과 91년 43만여 t에 이르던 쓰레기량이 97년 28만여t으로 3분의 1이나 줄었다. 반면 자원재활용률은 90년 19%에서 97년 44%로 2배 이상 늘었고, 곧 50%를 넘어설 것으로 예상되고 있다.

④ 교통

프라이부르크 도심의 일부 거리는 차량통행이 금지되고 있다. 처음에는 거세게 반발하던 상인들이 오히려 매상이 오른다는 사실을 알고 곧 제한구역 확대를 요구했다. 또한 1985년 시는 대중교통 요금을 30% 내리도록 했다. 한해 뒤 자가용 이용이 23%나 줄었다. 요금은 내렸지만 승객이 늘어 교통업체들의 수입감소는 없었다. 1991년에는 지역내 교통수단을 승차권 한 장으로 묶는 레기오 카르테(지역승차권)가 도입됐다. 이 제도를 통하여 한달 66 마르크(약 46,000원)면 반경 50km안 지역을 춤춤히 엮는 연장 2,600km의 전차와 기차, 버스를 제한없이 이용할 수 있게 됐다. 이 제도는 프라이부르크 인근에서 대중교통 수단 이용의 불을 조성하는데 크게 기여했다. 이 패스는 다른 사람에게 양도할 수 있으며, 프라이부르크의 2,600km의 전 철구간과 그 인근 넓은 지역의 철도, 버스 등 대중교통 수단을 모두 횟수와 상관없이 이용할 수 있다. 일요일과 그 외의 휴일에는 두 사람의 어른과 4명의 어린이, 혹은 한 가족의 모든 어린이들이 한 개의 패스로 모두 이용할 수 있다. 레기오카르테 도입과 함께 강화한 차량 속도제한, 주차요금 인상 등으로 자가용은 자전거, 전차 같은 대안교통수단에 대한 비교우위를 잊었다. 자가용을 이용할 경우 비용이 5배는 더 들게 됐다. 1976년 각각 18.22%였던 자전거와 대중교통의 수송 분담률이 1991년엔 27.26%로 늘었고, 같은 기간 자가용은 13%나 줄었다. 특히 자전거는 최근 분담률이 30%까지 올라가면서 시민들의 가장 중요한 교통수단으로 자리 잡았다.

⑤ 드라이잠풀 살리기와 베히레

드라이잠풀은 프라이부르크의 흑림에서 발원해 3갈래로 갈라져 프라이부르크를 관통한 뒤 라인강으로 흘러들어가는 도심하천이다. 흑림에서 라인강까지 20~100m로 120km를 흐르는 이 하천은 프라이부르크 시내로 접어들어서는 강폭이 20~30m로 좁아지는데 도시화 과정에서 상당부분 직강화 되었기 때문이며 상당 구간은 자연스런 하천물길이 아니라 수로처럼 물살이 세다. 독일의 대표적인 환경단체인 '분트' 회원들이 이러한 드라이잠풀 강폭을 넓히고 녹지를 확충하는 '드라이잠풀 생태복원 프로젝트'를 추진하고 있다. 이 계획은 시의 광역마스터플랜 아래 하천 생태계 실태를 조사하고 이상적인 친자연형 하천모델을 만들어 내는



〈도심의 수로 '베히레'〉

일로 이 일대 하천 및 초지의 옛 모습을 담은 사료나 지도 등을 근거로 해 종합적으로 재구성하며, 하천녹화를 통해 인근의 자연보호구역, 도심의 숲 등을 하나의 생태축으로 연결하는 것이다. 프라이부르크 시내에는 하천 이외에 도심의 구석구석을 흐르는 '베히레'라는 특이한 수로가 있다. 이는 13세기에 만들어진 것으로 너비 50cm 정도, 총연장 15km에 이르며, 당시 목재건물들

의 화재시 대비 및 쓰레기를 버리는 시설로 이용하기 위한 것이었다고 한다. 현대에 와서는 잘 보존되어 있어 여름철이면 아이들이 물속에 들어가 장난을 치거나 어른들이 발을 담그며 더위를 잊기도 하는 등 정겨운 모습을 연출하고 있다. 흑림에서 나온 드라이 잠의 물이 경사진 프라이부르크 시내의 이 수로를 거쳐 흘러가게 함으로써 홍수를 방지하고 도심에 신선한 바람을 불어 넣는데도 일익을 담당하고 있다.

(7) 킬하세 생태주거단지

가. 단지개요

- 위치 : 독일 북부 슬레스비히 홀슈타인주 수도 킬시(市)
- 규모 : 21가구(3호 연립 형태로 6줄로 세워짐)
- 단지 소개

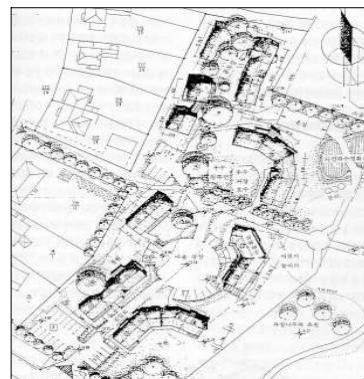
독일의 북쪽 작은 항구도시인 킬의 주민들이 이룩한 킬하세 생태 주거단지는 환경건축의 고전'이라 할 만하다. 마을회관·유치원 등 공공시설과 개인주택 26채가 들어서 있는 이 생태주거단지는 지난 86년 슬레스비히 홀스타인 주정부가 자연을 훼손하지 않는 조건으로 주민들에게 불하한 땅에 들어섰다.

건축가와 함께 마을 주민이 공동 설계한 이 마을은 건물 모두가 흙벽돌, 돌, 종이솜, 줄판지 등 자연재료를 사용했다. 마을길에는 시멘트·콘크리트를 깔지 않았다. 빗물을 자연경사로를 통해 지하로 들어가며 주민들이 쓴 생활하수는 지하유수관을 통해 갈대가 나부끼는 생활하수 전용 연못에서 자연정화한 뒤 다시 주민들에게 생활용수로 공급된다. 이로써 가구당 수도 사용량의 80%를 절감한다. 음식물 쓰레기는 분뇨와 섞어 퇴비로 이용하며, 자체발전기를 통해 마을에 필요한 전기를 공급한다.

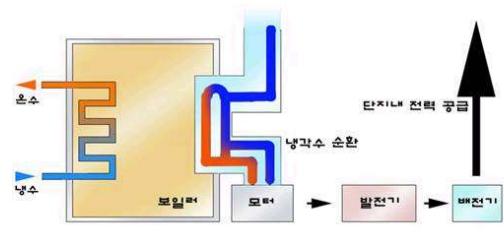
나. 생태계획들

① 태양열을 이용한 열병합발전 시스템

킬하세에서는 외부에서 전력을 공급받지 않고 자체적인 발전 시스템을 갖추고 있다. 간단하게 태양열을 이용해서 발전을 하고 있다고 생각하면 된다. 하지만 킬하세에서의 자체 발전은 그것으로 끝나지 않는다. 발전시 모터에서 생기는 열을 이용하여 단지내 난방까지 자체 해결을 하고 있다. 아래 개념도는 단지내 난방의 개념을 설명하고 있다. 모터에서 생기는 열은 보일러를 통해서 각 주호의 난방용수로 공급되어진다. 또한 냉각수 역시 자체적으로 순환되게 하여 불필요한 물의 낭비를 줄인다. 즉, 태양열의 이용과 열병합발전을 적절하게 사용하여 전기와 난방에 관한 문제를 자체적으로 훌륭하게 해결하고 있는 것이다.



〈킬하세 주거단지 배지도〉



〈태양열을 이용한 열병합발전 시스템 개념도〉

② 물처리 시스템

킬하세는 지어질 당시 정부로부터 2가지 약속을 하였다. 그중에 하나가 바로 자연을 훼손하지 않는다는 것이었다. 킬하세에서 이 약속을 이행하고 있음을 대표적으로 보여줄 수 있는 것이 바로 물 처리에 관한 부분이다. 먼저 킬하세에 내리는 빗물은 단지내의 대지로 흡수되어지거나(킬하세 단지에는 콘크리트나 시멘트 마감을 하지 않았다.) 자연 경사로를 이용하여 빗물을 생태 연못으로 자연스럽게 유도한다.

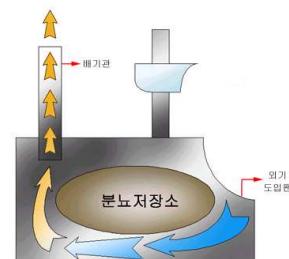
킬하세에서 발생하는 모든 생활하수는 주변의 다른 단지와는 달리 하수관으로 흘러들어가지 않고 단지내에 있는 생태연못으로 바로 흘러들어간다. 그렇지만 생태연못에 존재하는 생태계는 전혀 깨지지 않고 있다. 이것은 연못 주변의 갈대뿌리 끝의 미생물들에 의해서 생활하수들이 자연적으로 정화되기 때문이다. 갈대밭을 지나면서 1차 정화된 생활하수는 다시 연못에서 한번 자정작용을 가지게 된다. 따라서 단지내의 연못은 항상 자연그대로의 모습을 지니게 되며, 이 연못의 물은 단지내 주택의 허드렛물로 다시 공급되어진다. 이런 순환 과정을 통하여 킬하세 주민들은 자연을 훼손하지 않는다는 주정부와의 약속을 이행하고 있으며, 더불어 수도료를 80% 절감하여 경제적인 이득도 취하고 있다.



〈물처리 시스템〉

③ 분뇨처리 시스템

킬하세의 가정용 양변기의 가장 큰 특징은 물을 이용하지 않는다는 것이다. 즉 일반화되어 있는 수세식 화장실이 아니라 재래식 화장실의 모습을 가지고 있다. 하지만 이곳의 화장실은 재래식이라고는 하지만 전혀 악취가 나지 않는다. 팬에 의하여 외기가 도입되고 그 외기가 자연스럽게 악취를 제거하여 밖으로 내보내기 때문이다. 또한 저장된 분뇨들은 분뇨저장소에서 일정 시간이 지난 후에 다시 거름으로 쓰여진다. 즉 자연 사이클에 완벽하게 맞추어진 시스템이라 할 수 있다.



〈분뇨처리 시스템 개념도〉

④ 옥상녹화

킬하세의 생태주거 단지내의 모든 주택들은 지붕 녹화를 이루고 있다. 지붕 녹화는 이 단지외에 킬 지역의 대부분의 주택들이 시행하고 있다. 이런 지붕 녹화는 여름철의 냉방부하를 줄여주는

역할을 해준다. 또한 환경적인 측면에서도 다른 주택단지와 달리 이런 녹화 지붕은 단지내의 녹지율을 높여주는 역할도 한다.

킬하세 생태 주거 단지의 경우 녹지율이 거의 100퍼센트에 이르고 있는데 이것은 지붕녹화에 의한 것이라 할 수 있다.

옥상 혹은 지붕은 일반적으로 햇볕이 많이 들고 빗물이 차단되는 일 없이 균등하게 내린다는 점, 그리고 외부로부터 잡초 등의 씨앗이 날아들 가능성이 적다는 점등을 그 특징으로 들 수 있다. 그렇지만 사람이 강하여 소목의 높이나 전도 방지를 위한 대책이 충분히 고려되어야 하며, 건물의 하중에 의한 성토 가능한 두께가 한정적이기 때문에 그 보습력의 한계로 인하여 건조하며 수분이 부족하기 쉽다. 옥상 녹화에 적합한 수목으로는 일반적으로 건조에 강한 수목, 바람에 강한 수목, 뿌리가 얕은 수목, 성장이 느린 수목, 관리가 용이한 수목과 같은 조건을 만족시켜야 할 것이다.



〈킬하세의 지붕녹화〉

⑤ 쓰레기 처리 시스템

킬하세에서 발생하는 생 쓰레기는 대부분 퇴비로 바뀌어 쓰인다. 퇴비화 설비는 간단한 모습을 띠고 있다. 이 시스템은 뚜껑이 부착된 통에 생 쓰레기와 흙을 적절히 섞고, 경우에 따라서는 발산촉진제를 사용하여 시간의 경과에 따라 퇴비를 만든다. 생 쓰레기가 되는 데에는 약 3~6개월이 걸린다. 그 기간 동안에는 생 쓰레기에 수분이 침투하지 않도록 주의하여야 하며, 가끔 흙을 섞어 주는 작업이 필요하다. 또한 발산을 촉진시키기 위해 햇빛이 잘 드는 장소에 설치하는 것이 바람직하다.



〈쓰레기처리 시스템〉

2. 시사점과 생태환경도시 구성원칙

1) 생태도시·공동체 사례의 시사점

(1) 지역별 특성을 살린 생태 공동체

생태마을 조성은 그 나라의 자연환경과 사회, 경제, 문화적 배경에 따라 다른 방식으로 이뤄질 수밖에 없다. 녹색대학 생태마을의 경우는 교육환경 및 환경 공해로 인한 악영향을 극복하기 위한 새로운 시도이며, 열대 우림 지방에 있는 가비오파스는 척박한 토양과 뜨거운 태양 등 그 지역 특성에 맞도록 태양 에너지 사용을 위한 다양한 아이디어를 개발하고 있다. 명상의 도시 오로빌은 신비의 나라 인도의 특성에 맞는 영적 완성을 위한 측면을 중시하며, 공동체 의식에 더욱 힘을 기울이고 있다. 이는 도시화, 개인화 등에 따른 공동체 해체의 폐해가 심하기 때문으로 보인다. 물론 이러한 공동체들의 구성배경은 생태적으로 건전하고 지속가능한 삶을 추구하자는 것이며, 단지 환경친화적 공법을 적용하거나 신도시를 건설하자는 데 그치지 않으며, 지역특성에 맞는 다양한 아이디어들을 개발하고 더불어 살아가는 공동체 의식을 중시하는데 주목할 필요성이 있다.

(2) 자발적 참여와 창의적인 시도

가비오따스, 빈 하우젠, 꾸리찌바, 오로빌 등의 생태도시·공동체들은 방향을 제시하고 주민을 이끌어 주는 지도자가 있기는 했지만 강제하여 사람들을 동원한다고 해서 만들어지는 것이 아님을 보여준다. 각계 각층의 다양한 사람들이 자발적이고 민주적으로 참여하고 사람과 자연이 조화로운 삶을 지속하려는 미래를 향한 공동체적 지향이 있었기 때문임을 알아야 한다. 그리고 무엇보다도 공동체에 참여하는 개개인의 창의성과 그것을 실제로 현실화하려는 노력이 필요하다는 것이다. 바로 눈앞에 보이는 이익에만 눈을 돌려서는 새로운 것을 이룰 수 없으며, 부단한 도전정신이 필요함을 보여준다.

(3) 경제불안과 생태공동체

최근의 세계적인 경제불안은 생태공동체 조성에 좋은 조건이 될 수 있다. 성장지향적인 대규모 개발사업보다 적은 비용에 고용을 창출하고 주거와 교육문제 더구나 환경문제들을 동시에 해결 할 수 있는 자족적인 생태공동체가 도시개발의 한 대안이 될 수 있음을 시사한다. 녹색대학 생태마을의 경우 해방이후 현재까지 우리나라를 이끌어온 개발과 성장위주의 정책들이 국민들의 생활과 복지수준 향상에 한계가 있다는 현실을 자각하여 교육, 주거, 환경문제를 해결하는 새로운 삶의 방식으로의 전환을 시도하는 사례이며, 호주의 크리스탈 워터스, 브라질의 꾸리찌바 등에서 볼 수 있듯이 이제는 불필요한 소비위주의 생활과 기술에 얹매이지 않고 자연과 인간이 생태적으로 공존하여 지속적인 삶이 가능한 공동체 형성에 힘을 기울이는 것이 바람직함을 일깨워 준다.

(4) 전통적 생활방식 계승발전

가비오따스의 슬리브펌프, 작물재배시스템, 빈하우젠의 하수처리 시스템과 소규모 수력발전시설, 크리스탈 워터스의 흙과 목재를 이용한 건축과 생태적인 화장실 등 앞서 소개한 사례들은 자연소재를 이용한 건축양식, 물레방아와 같은 수력발전시설, 퇴비화를 통한 하수와 대·소변의 자연정화 등 우리의 전통적인 생활방식을 현실에 맞도록 계승발전시켜 나가는 것이 향후 생태적인 공동체를 구성하는데 매우 중요한 단서가 될 수 있음을 보여준다.

아울러 여러 생태공동체에서 행하고 있는 교육, 상부상조, 협동정신 등은 미국을 비롯한 서구자본 중심의 신자유주의와 세계화로 인하여 발생하는 다양하고 전통적인 생활방식의 파괴, 부의 집중과 절대적 빈곤의 공존, 획일화, 개인주의 등 이루밀할 수 없는 폐단을 줄이고 극복하기 위해서는 우리의 전통적인 품앗이, 두레정신 등을 새로이 조명해볼 필요가 있으며, 이를 살리는 것은 이웃과 더불어 상부상조하며 살아가는 생태공동체 조성에 커다란 밑거름이 될 수 있음을 시사한다.

2) 생태공동체 구성원칙

전세계적인 환경파괴와 생태계 붕괴 등 위기에 처한 현대사회를 생태학적인 원리에 입각해서 재구성한다는 것은 단순하고 쉬운 일이 아니지만 앞서 소개한 사례들은 위기를 자각하고 극복하기 위해서는 부단한 노력과 창의적인 도전정신이 필요하다는 것을 보여주고 있으며 거기서 추출, 정리한 다음의 내용들을 향후 단지계획에 있어 고려하고 배려함으로써 우리와 후손들에게보다 생태적이며 조화로운 삶의 터전을 제공해 줄 수 있을 것이라 생각한다.

(1) 새로운 과학 패러다임의 인식

자연계에는 엔트로피의 증가와 감소가 혼재하고 있다. 생명 현상과 관계된 체계와 자체적 조화를 지니고 있는 체계는 엔트로피 감소의 법칙을 따르고 있으며, 그에 반해 현대의 과학 기술은 전반적으로 달혀진 세계에 대한 엔트로피 증가의 기술이며, 이것은 생태계 파괴를 초래하고 있다. 가비오따스, 빈하우젠, 크리스탈 워터스, 꾸리찌바 등은 성장의 논리에 입각한 직선적 사고방식이 지배하고 있는 현대문명의 무질서함을 극복하기 위하여 대자연이 적용하고 있는 엔트로피 감소의 법칙과 현상들에 대하여 깊이 통찰, 생활방식을 물질순환적이며 생태적으로 전환한 결과 얻은 큰 성과라고 생각한다.

따라서 이상적인 생태공동체를 만들기 위해서는 현대문명과 기술들을 적당히 짜맞추는 엔트로피 증가가 아닌 이들에 대한 비판적 인식에 바탕을 두고 근원적으로 생태계를 살리는 엔트로피 감소를 위한 새로운 패러다임의 과학기술로의 인식전환이 있어야 한다.

(2) 생활요소가 완결적으로 갖추어진(full-featured settlement) 공동체

산업화된 사회 대부분은 인간들이 살아가는데 필요한 주거, 상업, 교육, 경제 등 다양한 기능들이 일정한 지역에 집중되어 있어 지역별 과부족의 제반 문제점과 환경문제를 야기하고 있다. 생태공동체, 생태도시는 그 규모가 인간적인 것이어야 하지만 녹색대학 생태마을, 가비오따스, 빈하우젠, 크리스탈 워터스, 꾸리찌바, 오로빌, 프라이부르크 등을 보면 그 규모에 대한 제한은 큰 의미가 없다. 다만 생태공동체를 하나의 소우주로 생각하여 조화로움을 추구, 일상적인 생활의 모든 부분이 균형 잡힌 비율로 통합되어야 생태적인 삶의 터전이 될 수 있으며, 이는 또한 다양한 사회문제, 환경문제를 해결할 수 있는 기본이 된다는 것이다. 그렇다고 그것이 100% 자족적 이거나 주변사회로부터 고립되는 것을 뜻하는 것은 아니며, 넓은 지역에 서비스를 제공하는 특수한 시설의 경우는 예외일 수 있지만 지속가능한 공동체가 되기 위해서는 내부에서 고용을 비롯하여 다양한 생활의 영역이 완결적이 되도록 하고, 사람들이 서로 알 수 있고 충만함을 느낄 수 있는 다양성이 겸비되도록 공동체를 구성해야 한다.

(3) 인간의 활동이 자연과 조화를 이루는 공동체

생태공동체는 진정 '생태적(eco)'이어야 한다. 가장 중요한 관점은 인간과 다른 생명은 동등하다는 것이다. 따라서 인간은 자연을 지배하려 해서는 안되며, 자연속에서 적당한 위치를 찾아 조화를 꾀해야 한다는 것이다. 또한 중요한 원칙으로는 자원을 파헤쳐 한번 쓰고 영원히 버리는 산업 사회의 직선적인 세계관을 버리고 물질자원을 끊임없이 순환시키는 윤회적 세계관이 필요 하다.

가. 건강한 교육시스템

현재의 제도교육을 통해서는 우리 아이들을 건강하게 교육한다는 것은 한계가 있다. 주거와 교육기능을 접목한 녹색대학 생태마을, 크리스탈 워터스의 에코-센터 등은 생명의 신비와 외경을 배우고 더불어 함께 살아가는 공동체 원리를 체험하며 몸과 마음이 맑고 건강하게 자랄 수 있도록 자연에 보다 가까운 환경과 학습환경을 제공한다. 이와 같이 생명의 모태인 자연이야말로 가장 뛰어난 교과서이며 교사임을 인식하여 생태공동체내에는 흙, 자연과 더불어 지적학습과 노작학습이 함께 이루어 질 수 있는 생태교육이 가능한 교육기관의 육성을 고려해야 한다.

나 자연으로 돌아갈 수 있는 건축소재와 양식

우리의 삶에 있어서 집의 형태와 성격 등 주거환경이 갖는 중요성은 생각보다 훨씬 직접적이다. 집은 우리의 생존뿐만 아니라 건강한 삶과 그 문화를 위한 기본 공간이기 때문이다. 지금처럼 시멘트, 콘크리트와 화학소재로 만들어진 대부분의 집들은 생명이 숨쉴 수 있는 건강한 생활공간이라 하기 어렵다. 따라서 집은 가능하면 주변의 자연생태계와 조화되면서 건강한 삶에 바탕한 자연소재 중심의 생태건축이 되도록 유도해야 하며, 저에너지 소비, 자원절약적인 생태기술과 적정기술의 도입을 권장토록 한다. 그러기 위해서 우리의 전통양식인 한옥과 재래식 화장실 등의 구조와 원리를 응용하는 것도 좋은 방법이다.

다. 저에너지 소비 환경 시스템 구축

에너지 사용, 물과 공기의 오염방지, 천연자원의 보존 등을 포함한 물질의 생산 및 소비, 생활의 전과정이 자연 및 환경 생태계와의 공존과 조화를 위한 재생과 순환의 원리에 따라 이루어져도록 해야 한다. 생태공동체에서는 화석연료보다는 태양열, 풍력, 수력 등 재생가능한 에너지원을 사용하고 쓰레기를 매립지나 소각로로 보내지 말고 재활용, 퇴비화한다.

오·폐수는 단순히 폐수처리장으로 보내기보다는 자연정화하여 땅으로 돌려보내며, 대소변을 퇴비화하는 시스템의 구축 등을 유도한다. 그리고 자원의 재생과 순환보다 더 중요한 것은 생산과 소비, 문화 등에서 기본적으로 절제와 단순소박한 생활 자세를 유포하고자 하는 것임을 인식토록 한다.

라. 지속가능한 토지이용계획과 교통시스템

주거지와 농지가 유기적으로 연결되어 있는 녹색대학 생태마을, 자체 작물재배시스템을 갖추고 있는 가비오파스, 농장과 공장 등 산업지역과 문화지역, 주거지역 등이 조화롭게 배치되어있는 오로빌 등과 같이 단지내 폐기물과 자원의 재순환을 도모하고 직주근접 등으로 교통발생을 최소화하는 토지이용 계획을 수립하여야 한다. 또한 넓은 도로와 고비용의 전철 같은 교통계획보다는 보행중 심적이며, 에너지의 절약과 저에너지 교통시스템의 계획을 수립한다. 꾸리찌바의 굴절버스와 같은 효율적이며, 자원절약형인 교통수단의 도입은 새로운 공동체의 계획이나, 기존의 도시 모두 적극 고려해볼 수 있는 기발한 아이디어이다.

제2장 생태환경도시 계획기법

1. 계획부문·계획요소

계획부문	계획요소
토지이용계획	개발지역 선정, 밀도배분, 용도별 배분, 지역특성 고려, 보존지역 설정
교통·동선시스템	도로망 구성, 유형별 구분, 교통수단, 주차시설
공원·녹지계획	공원, 녹지, 녹도, 그린네트워크, 생태녹화시스템, 기존수목 활용
건축계획	건축유형, 배치, 소재 및 구조, 건물녹화
자연에너지 이용	태양에너지, 풍력에너지, 수력에너지, 바이오매스·폐기물 등
자원의 순환	쓰레기, 물순환, 생태화장실 및 퇴비화, 물순환, 시스템운영
환경교육 및 주민활동 체계	생태교육기관, 주민참여활동 및 프로그램
생물서식처	비오톱, 동식물생태서식처
지형 및 토양	단위면적당 토공량, 자연지형·토양 활용, 지형고려한 배치, 표토재활용 등
기타	환경위해요소 처리, 생태자원의 지속성 확보

2. 계획기법

1) 토지이용계획

(1) 개발지역 선정

생태환경도시 조성에 있어 개발지역 선정은 우선적으로 고려되어야 할 중요한 요소이다. 이때 고려하여야 할 사항으로는 입지의 적합성, 인근 지역과의 연계성, 보존지역의 포함 등이 있다.

가. 입지의 적합성

일반적인 신도시조성 사업이나 택지개발사업에 있어서 입지선정은 사업에 중요한 과정이라 할 수 있다. 특히 생태환경도시의 경우 일반적인 도시개발사업과는 차별화되는 만큼 입지선정에 여러 가지 요소들을 감안하여야 하며 입지의 적합성 여부는 생태환경도시의 성패를 좌우하는 중요한 사항이라 할 수 있다.

① 개념

도시개발을 위해서는 수용인구 규모에 적합한 개발가능 토지가 있어야 하고 상·하수도, 전력, 도로 등 기반시설의 설치가 용이하고 법적 제한을 받지 않아야 한다. 생태환경도시의 입지는 일반적인 도시개발사업과 마찬가지로 국토계획법에 의한 용도지역중 주거·상업지역과 녹지지역 중

자연·생산녹지지역 등 개발이 가능한 용도의 토지를 주요한 대상으로 하여야 한다. 또한 입지선정단계에서 대상지역과 그 주변지역에 대한 현황을 검토하여 국립공원, 자연생태보전지역, 녹지자연도 8등급이상 지역, 상수원 영향지역 등 보전가치가 있는 지역은 대상지역에서 가급적 포함되지 않아야 도시조성에 따른 각종 제약사항을 피하고 효율적인 토지이용을 도모할 수 있다. 환경과 조화되고 지속가능한 생태환경도시의 기본적인 접근 방법인 생태계와 자원을 중시하는 생태·자원관리형 입지가 선정되어야 개발 후 환경에 대한 부하를 줄이고 생태환경도시의 합리적인 계획을 수립하여 쾌적한 환경을 창출할 수 있다. 입지선정은 도시조성에 있어 최우선 단계로 입지가 적절히 선정되지 않으면 계획수립, 조성공사 등 일련의 과정들이 원활하게 진행될 수 없다. 따라서 생태환경도시 조성에 적합한 입지를 찾는 것이 무엇보다 중요한 사항이라 할 수 있다.

② 적용원칙

- 생태환경도시의 대상지역은 평탄지형뿐 아니라 산지·구릉지를 포함하여 선정하고 산지·구릉지의 경우 대규모의 절·성토와 자연경관 훼손이 발생되지 않도록 환경친화적인 계획이 필요하다.
- 하천, 습지 등이 생태환경도시 대상지역내에 포함될 경우 수순환체계를 구축하여 친수형 하천이 설치될 수 있도록 지구경계를 결정하여야 한다.
- 보전가치가 큰 문화재와 자연생태계를 보전할 수 있도록 대상지 경계를 결정하여야 한다.
- 삶의 질 향상에 기여하며 안전하고 쾌적한 생활공간을 보전 창출할 수 있도록 대상지역 경계를 결정하여야 한다.
- 입지선정시 대상지역내에 분포하는 식생 및 자연환경조사 등을 실시하여야 하며 특히 보존가치가 있는 문화재의 출토가 예상될 경우에는 문화재 지표조사 등을 병행 실시하여야 한다.
- 대상지역 및 그 주변지역의 동·식물상의 분포, 천연기념물 및 문화재 분포 상황 등에 대한 검토를 실시하여 포함개발이 불가피할 경우 그 보존대책을 수립하여야 한다.
- 생태적으로 보존가치가 크고 인간의 간섭에 의해 훼손되기 쉬운 지역은 대상지역에서 제외함을 원칙으로 한다.

나. 인근 지역과의 연계성

① 개념

생태환경도시 조성에 있어 주변지역과의 연계가 중요하다. 생태환경도시는 자족성을 갖춘 도시로 개발함이 바람직하나 도시규모에 따라 유치할 수 있는 기능에 한계가 있으므로 주변 대도시 등에 활용할 수 있는 기능은 적극 활용하는 반면 주변지역에 긍정적 영향을 끼칠 수 있는 요소는 발굴하여 도시조성시 포함하여 해당도시를 비롯한 전체 지역의 바람직한 공간구조를 형성할 수 있기 때문이다.

② 인근 지역과의 연계성에서 고려사항

공간계획 체계상 상위 및 관련계획과의 연계성 여부를 검토하여 대상지역 선정시 고려한다. 또한 인근지역과의 공간적 연계성에 있어 다음과 같은 사항을 고려하여야 한다.

- 생태환경도시가 포함된 전체 지역의 도시발전방향과의 부합성
- 생태환경도시가 포함된 전체 지역의 교통계획, 도시기반시설 등의 연계성
- 자연환경, 지형조건 등을 고려한 녹지공간체계의 연속성
- 생활권역과 연계하여 쾌적한 주거생활 환경의 확보 가능성

공간적인 연계성 검토에 있어 특히 인근 지역의 생태녹지축과의 연계성 확보는 가장 중요하게 고려하여야 하며, 생태환경도시 건설로 지역 전체의 생태환경이 교란되지 않도록 하여야 한다. 이와 같이 생태환경도시 입지선정에 있어 모도시 혹은 인접 도시와의 공간구조적인 적절성 여부 검토가 필수적이며, 특히 모도시와 연계한 개발의 경우 모도시의 철도, 광역버스 등 공공교통과의 연계를 도모하여야 한다.

다. 보존지역 포함

① 개념

생태환경도시의 경우 일반적인 택지개발사업이나 신도시개발보다는 보존지역 포함여부에 제약을 받지 않고 입지를 선정할 수 있다. 생태환경도시의 경우 기존 개발사업보다는 저밀도로 개발되고 개발지 비율이 상대적으로 낮아 보존지역이 포함되더라도 공원, 녹지 등으로 보존할 수 있기 때문이다. 그러나 자칫 인간의 간섭에 의해 훼손되기 쉬운 지역이 포함되어 보존이 필요한 지역 인근 개발로 인해 보존지역 자체에 부정적인 영향을 미칠 수 있는 가능성은 사전에 제거하는 것이 바람직하다. 따라서 대상지역 내 보존지역 포함 유무를 입지선정시 고려하여야 한다.

② 생태환경도시에서의 적용

보존지역은 대상지역 선정시 현황조사와 함께 이루어져야 하며, 이러한 조사결과를 바탕으로 생태환경도시에 포함여부가 결정되어져야 한다.

생태적으로 보존가치가 크고 인간의 간섭으로 인해 훼손되기 쉬운 지역은 개발대상지에서 제외함을 원칙으로 하고, 지구계는 이러한 지역의 보존에 영향을 미치지 않는 범위에서 결정하여야 한다. 또한 일반적인 도시개발사업시 포함하지 않거나 포함하더라도 보존을 원칙으로 하는 녹지자연도 8 등급이상, 생태자연도 1,2등급, 별도관리지역, 문화재가 위치한 지역, 경관우수지역, 경사도 25° 이상 지역 등은 생태환경도시내 포함은 가능하나 보존지역으로 설정하여 원래 상태로 유지토록 함을 원칙으로 한다.

(2) 밀도배분

일반적으로 개발밀도의 척도로는 인구밀도와 용적률이 사용되며, 이중 인구밀도는 밀도산정에 사용되는 토지면적의 유형에 따라 총인구밀도와 순인구밀도로 구분하여 사용된다.

인구밀도는 통상 총인구밀도를 의미하며, 총인구밀도는 도시내 인구분포의 정도를 나타내며, 계획구역 전체에 수용가능한 인구로 측정되며, 순인구밀도는 주거지역 면적 또는 택지면적에 대해 수용가능한 인구를 의미한다.

따라서 총인구밀도와 순인구밀도가 주변의 지역에 비해 상대적으로 높을 경우 주거환경의 질은 떨어진다고 할 수 있다. 그런데 동일한 규모의 계획구역을 가진 지구내에서 공원녹지 등 기반시설의 규모가 클수록 순인구밀도가 높아지게 되지만 주거환경은 개선된다는 점을 감안하여야 한다.

용적률도 총용적률과 순용적률로 구분할 수 있는데, 인구밀도와 동일하게 주택건설용지만을 대상으로 할 경우에는 순용적률로, 계획대상지구 전체를 대상으로 할 경우에는 총용적률로 나타낸다.

가. 계획밀도

도시개발사업에 있어서 개발밀도는 저·중·고밀도로 구분할 수 있으며, 일반적으로 저밀도는 인구

밀도 150인/ha 이하, 용적률 100~150%를 제시하고 있다. 그렇지만 이러한 기준은 이론적인 기준일 뿐만 아니라 지역별·국가별 상황을 감안하지 않은 수치이므로 개별 개발사업에 그대로 적용하기에는 바람직하지 않다.

생태환경도시는 일반적인 택지개발이나 신도시개발과는 개념이 다르기 때문에 계획밀도를 일반적인 도시개발사업에서의 저밀도 수준보다 낮은 수준이 적합하다. 따라서 생태환경도시의 인구밀도는 100인/ha 이하로 하는 것이 바람직하다.

〈도시개발사업과 생태환경도시의 개발밀도〉

구 분	인구밀도(인/ha)	용적률(%)
생태환경도시	100 이하	100 이하
도시개발사업	저밀도	150 이하
	중밀도	250 이하
	고밀도	250 이상

나. 용적률 및 건폐율, 층고

수도권 5개 신도시 개발사업의 경우 공동주택지의 용적률 200% 내외, 단독주택지 100~180% 수준이며, 일반적인 택지개발사업도 수도권 5개신도시의 개발밀도와 비슷한 수준이다. 생태환경도시의 경우 도시성격이나 계획기법 등이 지금까지의 도시개발과 다르고 조성후 생태적 건강성을 유지할 수 있는 수준으로 개발되어야 하므로 개발밀도는 일반적인 도시개발밀도보다 낮아야 한다.

따라서 생태환경도시의 공동주택지는 전체적으로 130% 이하 수준으로 하고, 단독주택지의 경우 80%이하로 계획하여야 한다. 건폐율은 공동주택지의 경우 용적률 130% 이하 수준으로 할 경우 별도의 제한이 필요치 않으며 단독주택지의 경우 제1종 전용주거지역의 수준인 50%보다 낮은 40% 이하로 하여야 주택지내 충분한 정원 및 개방공간의 확보가 가능할 것으로 판단된다.

층고는 용적률을 감안하고 경관을 고려하여 공동주택지의 경우 10층 이하, 단독주택지 2층 이하로 계획하는 것이 바람직하다.

〈수도권 5개신도시의 주요지표 현황〉

구 분	단위	분 당	일 산	평 촌	산 본	중 동	
주택건 설지표	단독 주택	면 적	ha	72.53	136.97	15.60	
		세대수	가구	3,010	6,461	646	
		인 구	인	12,040	25,844	2,584	
		용적률	%	100	-	150	
	아파트	면 적	ha	483.71	308.96	177.49	
		세대수	가구	88,102	57,057	41,401	
		인 구	인	352,408	228,228	165,604	
		용적률	%	184	168	214	
인구밀도		인/ha	198	160	322	401	
						299	

다. 단지별 밀도배분

대상지역의 개발규모, 용도별 토지이용 비율 및 입지조건 등을 종합적으로 감안하여 주거유형별로 적정한 밀도계획을 세워 배분하여야 한다.

기준 도심과 인접한 지역이나 생태자연도, 녹지자연도 등급이 상대적으로 낮아 고밀의 시가화가

가능한 지역은 공동주택지를 배분한다. 또한 이들 공동주택지중 개발여건이 상대적으로 양호한 지역은 아파트를 계획하고, 빌라·연립주택 등 저층·저밀의 공동주택지도 적정히 배분한다.

전체 주택용지중 공동주택지의 비율은 택지개발사업시 일반시급 지역 (공동주택지 50%이상)보다 낮은 30%를 초과하지 않도록 하는 것이 바람직하며, 또한 생활자원의 활동이 활발한 녹지축 주변지역은 녹지축과 연계하여 저밀의 단독주택지를 배치한다.

라. 오픈스페이스

생태환경도시내 주민들의 수요에 적정한 규모의 공원녹지, 광장 등을 조성한다. 공원의 경우 자연경관이나 임상이 양호한 지역의 경우 보전형 공원 조성을 원칙으로 하고 주민들의 활동이 왕성한 지역에는 주민활동을 수용할 수 있도록 조성형 공원을 계획한다. 이때 공원녹지, 광장, 공공공지 등의 오픈스페이스는 경관 및 생태계를 고려하여 단절되지 않도록 축으로 연계시킨다.

공동주택지 계획시에도 주변 오픈스페이스와의 유기적 연계가 가능하도록 계획지침을 마련하여야 한다.

(3) 용도별 배분

가. 주택용지

생태환경도시의 면적, 밀도계획을 고려하여 주택수, 인구규모를 산정하고 주변 지역 및 교통체계와 고려하여 고밀주거와 저밀주거지를 적절히 배분한다.

① 고밀주택용지

- 접근성이 좋으며 생활편의시설과 상업지에 인접한 지역
- 대중교통시설에 대한 접근성이 좋으면서 대량으로 발생되는 교통수요를 원활히 처리할 수 있는 지역

② 저밀주택용지

- 중심상업지로부터 떨어진 지역 또는 지가가 낮은 지역
- 구릉지로서 자연지형의 스카이라인을 보존해야 할 지역
- 입주대상이 개인적으로 교통수단을 해결할 수 있고, 경제적 여유가 있는 지역

나. 상업용지

기본적으로 지형이 평坦하고 주민접근이 편리하며, 주변지역과 잘 연계되어야 한다. 이러한 상업용지는 크게 지구중심상업지역과 근린상업지역으로 나눌 수 있다.

① 지구중심상업지역

- 지구중심상업지역은 도시전체를 대상으로 하는 상업기능을 담당하며 주요 간선도로의 교차점으로서 집분산교통의 중심지 기능을 수행하는 지역에 배치한다.
- 위락·금융 및 사무실 기능을 집단적으로 수용할 수 있는 지역에 입지시킨다.

② 균린상업지역

근린상업지역은 지역주민들의 일상적인 상업서비스 기능을 담당하는 지역으로 보조간선도로에 인접해 있거나 주민들이 간선도로의 횡단없이 도보로 접근할 수 있는 위치에 배치한다.

다. 산업용지

생태환경도시에서 중요하게 고려하여야 할 항목으로 자족성 확충과 직주근접에 의한 원거리 통행의 방지를 들 수 있다. 이를 위해서는 업무시설과 더불어 도시내 주민들의 고용을 위한 적정한 산업시설이 유치되어야 한다. 따라서 생태환경도시 계획시 인구규모에 어울리는 산업시설의 규모를 산정하고 공해를 유발하지 않는 도시형공장, 아파트형공장 등을 적정 면적 배분한다. 이때 주거 지역과는 공원·녹지 등으로 일정부분 이격하여 산업시설로 인한 주거환경 악화가 발생하지 않도록 한다.

라. 녹지지역

생태환경도시내 공원·녹지·하천 등은 주민들의 레크레이션 활동을 위한 공원을 제외하고는 원칙적으로 자연 그대로 보전함을 원칙으로 한다.

주민활동을 위한 공원은 가급적 균린주구의 중심에 인접시키고, 서로 상반되는 용도 사이에는 완충녹지 등을 계획하여 용도간 간섭이 일어나지 않도록 분리·완충시켜주어야 한다. 또한 다른 레크리에이션시설간이나 공원은 보행자도로에 의하여 연결되도록 한다.

(4) 지역특성을 고려한 계획

가. 계획수립의 방향

① 지역의 기상특성 고려

생태환경도시의 토지이용계획을 위해서는 당해 지역의 기상특성을 계획요소로서 고려하여야 한다. 먼저 주거·상업지는 가능한 한 대규모 주택단지나 고층화보다는 주변지역의 여건이나 당해 지역의 대기흐름을 고려한 토지이용계획이 수립되어야 한다. 그리고 도시지역내 대기의 원활한 이동이 이루어질 수 있도록 하기 위해서는 토지이용계획 수립시 건축물의 배치, 층수, 건물의 간격 등을 적절하게 조절하는 것이 필요하다.

이에 따라 도심부의 열섬현상의 완화, 대기오염물질의 확산을 도모할 수 있을 뿐만 아니라, 에너지 절약과 이산화탄소의 배출저감 등의 기대효과를 달성할 수 있게 된다. 그리고 단위 지역에서는 바람을 받아들이는 길을 확보하기 위한 적절한 건물의 배치, 형태의 규제, 건물의 옥상 녹화, 건축물의 Setback, 하천공간의 활용방안 등 세부계획에 대한 수립이 병행 추진되어야 한다.

② 도시의 공기순환 확보

계획이 도시환경에 미치는 영향을 고려하여 도시조성으로 계절별 주풍향 및 산이나 하천에서 불어오는 바람의 방향, 강도가 변동되는지 여부에 대한 검토가 필요하다. 또한 바람에 영향을 주는 가장 큰 요인은 용적률의 변화, 건축물의 입지 방향, 도로의 방향, 녹지의 조성 등이므로 이들에 대한 변화내용을 간접지표로 활용하여 영향여부를 간접 예측하여야 한다. 하천 및 산림, 대규모

공원과 같은 오픈스페이스에 인접한 지역과 시가지 대형건축물에 의한 바람의 영향(돌풍, 협곡 풍 등)을 예상하여 토지이용계획시 반영하여야 한다.

이와 같이 생태환경도시 계획과 공기순환 개념이 상호 유기적인 연계가 이루어지기 위해서는 “바람” 환경요소가 자연환경의 일부분이 아닌, 생활환경의 주된 요소로서 정착될 수 있도록 인식 전환이 전제되어야 할 것이다. 또한 계획이 에너지절약, 도시기후에 미치는 영향을 분석하여 도시의 에너지소비와 이로 인한 환경부하를 줄일 수 있는지 방안을 검토해야 한다. 기후요소를 고려한 생태환경도시의 개발이 진행되기 위해서는 기본적으로 평가기준과 방법 등이 지구단위계획 지침의 일부분으로 규정되어야 할 것이다.

③ 기상특성 반영한 지구단위계획의 수립

도시기후는 시설의 입지 및 배치, 토지피복, 수목과 녹지율 변화, 에너지 소비 등의 인위적 요인에 의한 영향으로 인하여 쾌적한 생활공간의 기본단위요소인 미기후의 변화를 초래하고, 도시 미기후 변화는 부가적인 대기오염·에너지 소비 등과 연계되어 시민 건강에 위해요인으로 대두되고 있다.

이에 도시기후를 보전하고 쾌적한 도시공간을 창출하기 위해 기본적으로 자연기후순환 시스템의 도시내부 유입장치가 필요하며, 특히 a. 자연기후순환 시스템의 도시내부 유입방안, b. 찬바람 발생지역의 파악과 보호, c. 찬바람 통행구의 조성 및 찬바람 정체구간의 해소, d. 녹지축 조성, e. 기후생태학적으로 유리한 건축물의 배치, f. 불투수 토양피복의 상한 규정 등이 고려되어야 한다. 특히 녹지의 보전·확충 및 토양피복도 개선을 위한 도시기후의 변화는 근본적으로는 “녹지”의 피복을 통한 건축물 공간으로의 전환에서 기인한다. 녹지면적의 보전 및 확충이 기후를 고려한 도시계획의 핵심사항의 하나로 등장하게 되는 이유이다. 이에 생태환경도시에서는 지구단위계획의 테두리 속에서 녹지면적의 보전 및 확충이 필요하다.

④ 권역별 바람통로 확보

골짜기와 산, 언덕 등을 관통하여 조성된 통로의 방향이 도시를 향하게 될 경우, 신선한 공기 운반을 위한 양호한 자연조건이 만들어지게 된다. 다만, 시원한 공기의 강도는 유입영역의 크기, 경사, 골짜기와 자연적인 방해물의 폭 등에 좌우되기 때문에 신선한 공기의 도시내부 유입을 위한 방안 마련이 필요하다. 도시내부로의 신선한 공기의 원활한 유입과 이동을 용이하게 하기 위해서는 기후생태학적으로 유리한 건축물의 배치를 고려하여야 한다.

먼저 주거지역 개발형태의 조정을 고려할 수 있다. 특히 도시의 바깥으로부터 약하게 흐르는 공기를 스며들게 하고, 유입된 공기의 원활한 통풍을 위해, 대규모 개발 및 고밀 주거지역의 개발을 지양하도록 한다. 그리고 고층건물 신축의 경우에는 주변지역에의 바람환경 영향을 고려하여 건물설계 단계에서 바람환경영향을 평가하여야 한다. 또한 통풍길이 차단된 교외주변에 대한 개발수요는 억제한다. 경사지 개발의 경우 도시기후를 위한 경사지 개발의 종류와 규모는 계곡과 분지지형에 위치한 도시에서 한층 의미가 있다. 이에 원칙적으로 저밀도 수준으로 유지하고, 자연적인 방해물의 높이(예: 수목 높이)는 지면 근처에서의 바람흐름을 유지하는 수준에서 결정하도록 한다. 또한 평평한 경사지에서는 양호한 통풍 및 찬 공기 생성을 위해 큰 녹지지역과 공지를 가진 점 형태의 개발을 절충하도록 한다.

⑤ 기존 지형을 활용한 건물 배치

앞에서도 언급한 바와 같이 생태환경도시 계획시 구릉지, 하천, 습지 등 기존지형을 최대한 활용

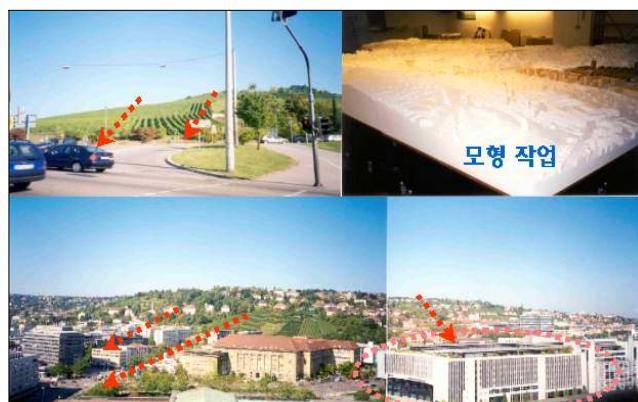
한 건물배치가 되도록 하여야 한다. 산지·구릉지의 경우 절성토량이 최소화될 수 있도록 하고 자연지형과 경관에 어울리는 저밀도 주거지의 배치가 필요하다. 이와 같이 지형을 활용한 건물배치는 미기후, 바람의 통로 등을 고려한 계획과 연계한 방식이 되어야 한다.

나. 기상과 지역특성을 고려한 계획 사례 : 독일 Stuttgart시

① 쾌적한 생활공간 조성을 위한 도시계획의 발상전환

깨끗한 공기를 유지·보전하기 위해 「대기청정법(Clean Air Act)」을 제정·시행하고 있음은 각국의 공통된 사항이다. 독일의 경우 대기환경 분야와 비교할만한 특별한 “기후보호법” 또는 “기후지침”은 별도로 제정되어 있지 않으나, 연방정부의 건축법 규정을 통해 공기와 기후를 고려할 수 있는 근거를 마련하고 있다. 그러나 시민의 일상생활 주거공간에서 나타날 수 있는 미기후의 변화에 따른 도시열섬, 에너지 과다소비, 대기오염 증가, 불쾌감 등을 최소화하기 위해 도시계획·건축계획과정에 기후요소를 도입하는 “기상특성 고려 도시계획”(Urban Design with considering Micro Climate)에 각별한 관심을 두고 있다.

Stuttgart시는 북동쪽을 제외하고 3면이 높은 산으로 둘러싸인 분지에 위치하고, 평균 풍속이 $0.8\text{m/s} \sim 3.1\text{m/s}$ 로 다른 지역과 비교하여 바람흐름이 느리기 때문에, 이에 대응하기 위해 오랫동안 도시기후요소를 도시 및 건축계획에 반영하고 있다. 특히 찬 공기 흐름은 통풍을 가능하게 하여 과밀 개발지역을 시원하게 할뿐만 아니라, 청정지역으로부터 불어오는 찬 공기는 대기환경이 악화된 지역의 공기를 청정하게 만들어 주기 때문이다. 그러나 찬 공기가 대기오염물질과 혼합되어 주거지역으로 이동될 수 있으므로, 지역개발 계획을 추진할 경우 찬 공기 흐름을 파악하고, 이를 정량적으로 분석하는 것이 필요하다. 한편 찬 공기의 생산비율은 토지이용에 크게 좌우되며, 개방 공공용지(open field)는 찬 공기를 가장 많이 생산하고(약 10m^3), 반면에 시가지 지역은 찬 공기를 생산하지 않고, 오히려 도시열섬과 같은 부정적 효과를 낳게 된다. 이에 찬 공기의 적절한 활용은 Stuttgart시 도시개발 수준의 결정과 쾌적한 생활공간 조성의 기본전제가 되고 있다.



〈찬바람 흐름을 위한 Stuttgart시의 건축 제한〉

② 기후요소 고려 도시계획과정

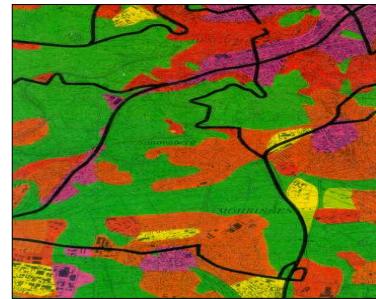
⑤ 기후톱(Klimatop) 분류와 토지이용에의 적용

기후학적으로 동일한 성질을 가지는 지역을 기후톱(Klimatop)으로 정의하며, 주로 토지이용에 의해 구별되나, 그밖에 낮 동안의 열 수지, 거칠기(바람장 장애), 지형적인 상황 등을 모두 포괄하는 개념이다. 특히 주거지역의 경우, 미기후는 토지이용과 개발유형에 의해 결정되

기 때문에, 기후톱 개념은 토지이용의 주된 특성에 따라서 결정된다. 이에 기후톱 구분은 토지이용 패턴의 이용보전을 가늠하는 척도가 되므로 그 의미가 부여된다.

① 환경친화적 도시계획을 위한 기후지도의 활용

기후분석지도는 기후톱의 평가내용을 수록한 지도로서, 도시계획과정에서 주로 이용되며, 건설기본계획에서 기후영향분석의 구체적인 조건과 기준을 제공하게 된다. 특히 기후학적인 측면에서 많은 영향을 미치는 건축 관련 토지이용 영향분석에 많은 정보를 제공하는 기능을 담당한다. 지구상세계획과 같이 세밀함을 요구하는 계획에서는 전문가의 의견을 통한 정밀한 판단이 재차 요구되고, 기후학적인 측면과 대기환경 민감지역을 대상으로 적극 활용된다.

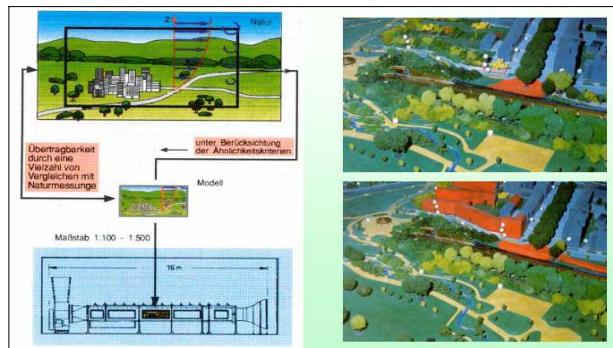


〈도시기후를 고려한 계획도〉

③ 도시 기후를 고려한 도시계획적 적용

① 신선한 공기의 도시 유입을 위한 찬바람 통로 조성

골짜기와 산, 언덕 등을 따라 조성된 바람통로의 방향이 도시를 향하게 될 경우, 신선한 공기의 도시내부 유입을 위한 양호한 자연조건이 만들어지게 된다. 한편 찬공기 흐름을 방해하는 요소는 좁아지는 골짜기, 제방, 소음 방지 벽, 계곡에 비스듬히 있는 횡목(横木), 큰 건축물 혹은 틈새 공간을 가로막는 건축물 입지 등이다. 특히 바람흐름을 차단시키는 요소는 전후 공간의 기온을 현저하게 저하시키고, 공기교환을 감소시키며 찬 공기를 정체시키기 때문에, 건축물 입지지역으로의 찬공기 흐름이 억제되어 에너지 소비부하가 증대되는 요인으로 작용하게 된다.



〈Stuttgart시의 도시 미기후 관리를 위한 풍도실험〉

이에 도시의 토지이용 기본계획은 신선한 공기의 도시유입을 억제하는 요인에 대비하고, 이를 통해 찬공기 발생지역의 기능을 확보할 수 있어야 한다. 예를 들면, 개발사업 또는 조림을 위해 남겨진 공지(空地)를 그대로 존치시키는 방안이 필요하다. 또한 경사진 비탈면을 따라서 도시까지 이미 숲으로 덮여있거나 또는 조림이 미리 계획되어 있는 경우, 주간에 숲 중심으로부터 방출되는 찬공기를 확보하기 위해 삼림지와 개발지 중간에 충분히 큰 공지의 조성도 포함된다. 그리고 계곡과 신선한 공기수송을 위한 그 밖의 주요한 계곡 통로는 신선한 공기의 이동통로로서 유지, 개발사업의 금지 및 보호가 우선적으로 시행되어야 한다.

② 기후생태적으로 유리한 건축물 배치

- 주거지역 개발형태 조정 : 도시의 외곽으로부터 약하게 흐르는 공기를 스며들게 하고, 유입된 공기의 원활한 통풍을 위해, 대규모 개발 및 고밀 주거지역의 개발을 지양한다. 특히 교외주변의 개발은 통풍길을 차단할 수 있으므로, 가능한 한 신규건축을 억제하도록 한다.
- 경사지 개발 : 도시기후 보호를 위한 경사지 개발의 방법 및 규모는 계곡과 분지지형에 위

치한 도시에서 한층 의미가 있다. 개발이 불가피한 경우 경사지역에 고층고밀 개발을 지양하고, 개별 건축물이 큰 간격을 가지면서 위치하도록 한다. 특히 경사를 향해 평행하게 늘어선 개발열은 경사지의 바람흐름을 근본적으로 방해하기 때문에, 경사를 향해 수직인 건축열 배치가 적극적으로 고려되어야 하며, 통풍길에 수직인 경사지역은 반드시 비어둔 채 유지되어야 한다. 경사지 개발은 원칙적으로 저밀도 수준으로 유지하되, 자연적인 방해물의 높이(예: 수목 높이)는 지면 근처에서의 바람흐름을 유지하는 정도를 벗어나지 않도록 한다. 또한 평평한 경사지는 양호한 통풍 및 찬공기 생성을 위해 큰 녹지지역과 공지를 가진 점 형태의 개발을 절충하도록 한다. 기후생태학적으로 유리한 건축물 배치를 위한 계획지침으로서 “도시기후 고려 계획지도”를 작성하여 기후학적 관점에서 계획이행의 방향을 정립하기 위하여 활용하면 좋을 것이다.

(5) 보존지역 설정

생태환경도시를 계획함에 있어 우선적으로 보존하여야 할 지역으로는 생태자연도, 녹지자연도가 높은 지역, 문화재 분포지역, 경관우수지역 및 습지·갯벌 등이 있다. 우수한 자연경관의 보전과 생태적 배후지(습지, 산림, 갯벌 등)의 보존은 환경의 자정 능력을 확보함으로써 도시조성으로 인한 생태계의 파괴를 막고 균형과 지속성을 유지한다는 데 의의가 크다.

가. 생태자연도에 의한 보존지역

생태자연도란 자연환경보전법 제2조 및 제34조의 규정에 의하여 환경부장관이 토지이용 및 개발 계획의 수립이나 시행에 활용할 수 있도록 하기 위하여 산·하·천·내·륙·습·지·호·소·농·자·도·시·해·양 등에 대하여 자연환경을 생태적 가치·자연성·경관적 가치 등에 따라 1~3등급과 별도관리지역으로 4개로 등급화한 도면을 말한다.

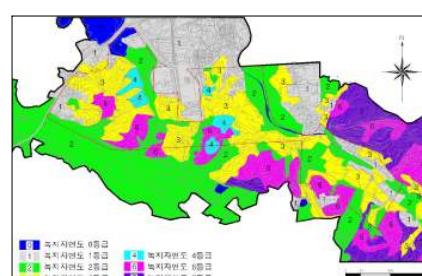
생태자연도의 “별도관리지역”은 자연환경보전법 제34조 및 자연환경보전법시행령 제25조에 의하여 역사적·문화적·경관적 가치가 있는 지역이거나 도시의 녹지보전을 위하여 관리되고 있는 지역으로서 의한 산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률에 의한 산림유전자원보호법, 자연공원법에 의한 자연공원, 문화재보호법에 의하여 천연기념물로 지정된 구역과 그 보호구역, 야생동·식물보호법에 따른 야생동·식물특별보호구역, 국토의 계획 및 이용에 관한 법률에 의한 수산자원보호구역, 습지보전법에 따른 습지보호지역, 백두대간보호에 관한 법률에 의한 백두대간보호지역, 자연환경보전법에 따른 생태·경관보전지역 및 사·도 생태·경관보전지역을 말한다.

생태환경도시를 계획함에 있어 생태자연도 1등급 및 별도관리지역은 개발대상지에서 제외하거나 절대 보전하고 2등급지역은 가급적 보전을 원칙으로 한다.

나. 녹지자연도에 의한 보존지역

녹지자연도(Degree of Green Naturality - DGN)란 일정 토지의 자연성을 나타내는 지표로서, 식생과 토지 이용 현황에 따라 녹지공간의 상태를 등급화 한 것이므로, 그 지역의 자연생태 및 환경적 가치를 판단할 수 있는 중요 지표로서 사용되어 왔다.

녹지자연도는 미래의 자연자원 이용과 보호를 위한 기본방향 설정 및 환경계획 수립의 기초 자료로서의 중요한 역할을 담당하고 있다.



〈녹지자연도 작성사례〉

신도시개발이나 택지개발사업시 녹지자연도 8등급이상 지역은 개발대상지에서 배제함을 원칙으로 하고 있으나 생태환경도시의 경우 녹지자연도 7등급이상은 보존을 원칙으로 하고 6등급이상도 가급적 보존하거나 저밀의 단독주택지 등을 배치하여 양호한 식생을 훼손하지 않는 방식으로 진행되어야 할 것이다.

〈자연환경기초조사의 등급판정기준〉

지역		성층	등급	명칭	등급별의 내용 및 이해의 개요
육 지 권	개발지역	단층	1	시가지 조성지	녹지식생이 거의 존재하지 않는 지역(해안, 암석나산지 및 해안사지, 염전 등)
			2	농경지	논 또는 밭 등의 경작지구
			3	과수원	경작지이나 과수원 묘포지 등과 같이 비교적 녹지식생의 분량이 우세한 지구
			4	이차초원 (A)	잔디 군락이나 인공초지(목장) 등과 같이 비교적 식생의 키가 낮은 이차적으로 형성된 초원지구
	반자연지역	단층 또는 복합층	5	이차초원 (B)	갈대, 조릿대 군락 등과 같이 비교적 식생의 키가 높은 이차초원지구
			6	조림지	각종 활엽수 또는 침엽수의 식림지구 은수원사시나무-낙엽송-소나무-잣나무 등
			7	이차림 (A)	일반적으로 이차림이라 불리는 대상식생지구 서어나무-상수리나무-줄참나무 군락 등; 소위 유령(幼齡)지, 약 20년생까지
			8	이차림 (B)	원시림 또는 자연식생에 가까운 이차림지구 신갈나무-물참나무-가시나무 맹아림 등; 소위 장령(長齡)림, 약 20-50년생
자 연 지 구	다층	9	자연림	다층의 식생사회를 형성하는 천이의 마지막에 이르는 극상림지구 가문비나무-전나무-분비나무 군락 등의 임상 고령림, 약 50년생 이상	
	고산 단층	10	고산자연초원	자연식생으로서 고산성 단층의 식생사회를 형성하는 지구	
수권	수역	무층	0	수역	저수지, 하천유역지구(하중사구 포함)

다. 문화재 분포 지역

① 문화재의 분류

② 문화재의 종류

문화재의 종류는 유형문화재, 무형문화재, 기념물, 민속자료 등으로 분류할 수 있다.

- 유형문화재 : 건조물, 전적, 서적, 고문서, 회화, 조각, 공예품 등 유형의 문화적 소산으로서 역사적, 예술적 또는 학술적 가치가 큰 것과 이에 준하는 고고자료
- 무형문화재 : 연극, 음악, 무용, 공예기술 등 무형의 문화적 소산으로서 역사상 또는 예술상 가치가 큰 것
- 기념물 : 패총, 고분, 성지, 궁지, 窯址, 유물 포함총 등의 사적지로서 역사적, 예술적, 학술적 가치가 큰 것. 경승지로서 예술적, 관상상 가치가 큰 것 및 동물(서식지, 번식지, 도래지를 포함), 식물(자생지를 포함), 광물, 동굴로서 학술적 가치가 큰 것
- 민속자료 : 의식주, 생업, 신앙, 연중행사 등에 관한 풍속, 관습과 이에 사용되는 의복, 기구 가옥 등으로서 국민생활의 추이를 이해함에 불가결한 것

③ 지정문화재

- 국가지정문화재 : 문화재청장이 지정한 문화재

- 시·도지정문화재 : 국가지정문화재 이외의 문화재 중 특별시장·광역시장 또는 도지사가 지정한 문화재
- 문화재자료 : 국가지정문화재, 시·도지정문화재 이외의 문화재 중 시·도지사가 지정한 문화재

④ 보호구역

지상에 고정되어 있는 유형물이나 일정한 지역이 문화재로 지정된 경우 당해 지정문화재의 접유 면적을 제외한 지역으로서 당해 지정문화재를 보호하기 위하여 지정된 구역

〈문화재의 분류〉

유형별 지정권자별	유형문화재		민속자료	기념물				무형문화재
	국보	보물		중요 민속자료	사적	명승	사적 및 명승	
시도지정 문화재	지방 유형문화재		지방 민속자료	지방기념물				지방무형문화재
문화재자료								

② 생태환경도시 추진단계별 문화재의 조사와 보존

① 조사설계단계

- 지표조사와 시굴조사

조사설계 단계에서 문화재 조사는 지표조사와 시굴조사로 구분된다.

지표조사는 토지의 현상 변경없이 문화재의 유무를 파악하기 위한 고고학적 조사방법으로 문현조사 및 현장조사 실시, 문화재관리청의 허가는 불필요하다. 시굴조사 지표조사 결과를 토대로 하여 유적의 정확한 성격과 분포범위를 부분적으로 시행하는 조사로서 반드시 문화재관리청의 허가를 득하여야 하는 사항은 아니다.

- 문화재지표조사 의무화

현재 문화재보호법상 문화재 지표조사의 의무대상은 지표의 원형변경 등(절토, 복토, 굴착, 수몰 등)의 현상변경을 초래하는 3만m² 이상의 건설공사 및 3만m²이하의 건설공사 중 매장 문화재가 포장되어 있는 것으로 인정되어 당해 개발사업 인허가를 하는 지방자치단체의 장이 지표조사를 명하는 건설공사에 한하고 있으나 생태환경도시 사업계획 수립시에는 이러한 법조항과 관계없이 문화재관련 전문기관으로 하여금 의무적으로 문화재 지표조사를 실시하도록 하여야 한다.

② 사업 착수단계

사업착수단계에서는 발굴조사 실시를 실시하여야 한다. 발굴조사는 지표조사, 시굴조사에 의해 확인된 유적의 세부적인 정보를 밝혀냄으로써 훼손되거나 사라지는 과거의 문화유적에 대한 기록을 남기고, 공사착공, 유적보존, 이전복원 등 문화유적에 대한 최종처리방안을 수립하기 위하여 실시하는 조사이다.

③ 조사된 문화재 보존 등의 처리

문화재 조사결과 가치가 있다고 판단되면 당해 문화재를 현장보존하거나 이전복원하여야 한다. 즉 유적, 유물의 중요성에 비추어 단순히 기록으로만 남길 수 없는 경우 유적이나 유물의 현장 보존, 이전복원 등을 통하여 그 현상을 보존한다.

현장보존은 도시조성사업에 영향이 최소화되도록 현장보존 여부를 가능하면 조기에 결정하여 공원, 녹지 등으로 토지이용계획에 반영하고, 현장보존은 유적, 유물의 가치를 손상, 저하시키지 않는 보호구역을 정하여 보호구역 내부가 건설공사로 인해 형상이 변경되지 않도록 조치해야 한다.

이전복원은 유적, 유물이 위치한 지역의 지형을 부득이하게 변경시킬 필요가 있을 때 유적, 유물의 원형을 별도의 장소로 이전하여 실제 모습을 복원시키는 방식으로 문화재를 이전복원 할 경우에는 고도의 전문성을 요하는 만큼 반드시 문화재관리청 또는 관련 전문가의 자문을 듣하여 실시하여야 한다.

현장보존은 부득이한 경우를 제외하고는 토지이용계획상 공원이나 녹지에 포함시켜 보존하며 보존지역에는 문화재에 영향을 줄 수 있는 지하시설물의 설치나 뿐리가 깊게 들어가는 나무를 심지 못하도록 제한하고, 자연유실의 가능성이 있을 때는 일정두께 성토를 해야한다. 이전복원은 일반적으로 해당 문화재를 공원이나 녹지로 이전하여 복원시킴으로써 문화재단지 등을 조성하여 교육자료 및 조형물로서의 기능을 갖도록 하는 것이 바람직하다.



〈근린공원내 지석묘 보존〉

라. 경관우수지역

생태환경도시 조성시 산지, 습지, 호수, 하천 등 자연자원 뿐 아니라 사적명승, 사찰, 성터 등 인문자원 등 우수한 경관자원으로 인정된 곳은 반드시 보전함을 원칙으로 한다. 이때 경관우수지역 인근으로 건축물 등이 들어설 경우 경관을 해치지 않는 범위내에서 층고, 용적률 등을 규제하여야 한다.

또한 계획단계에서 개발사업으로 인한 경관적 영향을 정성적·정량적으로 분석할 수 있도록 경관시뮬레이션을 작성하여 분석하고 이에 대한 저감방안을 수립한다. 이때 역사적, 문화적으로 중요한 지역의 시설물을 보전하고, 기존의 이미지를 살리도록 한다. 또한 지역의 독특한 건물형태, 색채, 소재, 생활양식 등을 고려하여 주거단지의 계획에 반영하도록 하고 도시경관 형성에서 가장 중요한 요소 중 하나인 모서리 부분의 건물에는 랜드마크적 기능을 부여할 수 있도록 계획하여 경관적 조화를 꾀한다.

건축물 규모 형태, 소재, 색채 등은 원경에서 근경으로 변화를 고려하여 디자인한다.

〈경관자원의 종류〉

구분	자원	추출의 기준
자연자원	산지	지형도에 ○○산으로 표시된 지역으로 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	고원·평야	○○고원, ○○평원 등으로 불리며 넓은 면적의 평탄지 또는 완경사지로 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	습지	고층습지, 중층습지, 저층습지 등으로 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	호수	지형도에 호수로 명명되어 있으며 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	협곡	○○협곡, ○○곡으로 불리며 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	폭포	지형도에 폭포로 표시되어 있으며 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	하천	하천의 종류·상류의 하천경관으로 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	해안	모래사장, 모래언덕, 낭떠러지 등에 의해 구성되는 해안경관으로 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	섬	지형도에 기재되어 있는 도서로서 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	식물	산림, 식물대, 식물군락, 자생지 등으로 우수한 경관자원으로 인정된 곳
인문자원	사적명승	유적 및 문화 등의 명승지로서 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	사찰	유서깊은 사찰, 건축물이 우수한 사찰, 문화재를 소장 또는 부속하고 있는 사찰 등 우수한 경관자원으로 인정된 곳
	성터·성곽	성터 또는 수복·복원된 성곽으로 우수한 경관자원으로 인정된 곳

마. 습지 및 갯벌의 보전

① 습지

① 습지의 개념

습지는 육상과 수생 생태계의 전이지대로서 종류가 다양하므로 보편적으로 인정되는 정의는 없다. 각 국에서는 풍토에 따라 형성된 습지의 특성과 습지에 대한 인식이 서로 달라 여러 가지로 정의되고 있다.

우리나라에서는 “습지보전법” 제2조(정의)에 습지를 다음과 같이 정의하고 있다. ‘습지’란 담수, 기수 또는 염수가 영구적 또는 일시적으로 그 표면을 덮고 있는 지역으로 내륙습지와 연안습지를 말한다. ‘내륙습지’라 함은 육지 또는 섬안에 있는 호 또는 호와 하구 등의 지역을 말한다. ‘연안습지’라 함은 만조시에 수위선과 지면이 접하는 경계선으로부터 간조시에 수위선과 지면이 접하는 경계선까지의 지역을 말한다.

생태계 내에서 화학물질들의 이동을 “생물지화학적 순환(Biogeochemical cycling)”이라고 하며 습지 생태계가 육상 생태계보다 복잡하다. 습지에서 물질의 순환과정에 대한 이해는 인간 활동의 습지 영향, 습지의 보전은 물론 습지를 이용한 오염수 처리 등의 활용을 검토하는데 필수적이다. 습지는 화학적 변형체(chemical transformers)로서 영양물질이 습지를 경유할 때 증가, 감소 또는 변형될 수 있다. 일반적으로, wetlands는 침전, 생물의 이용 등을 통한 정화기구(Sinker)로서, silt 입자와 용존 무기영양물질의 축적기구(accumulators)로, 용존 또는 입자상 유기물의 원천(Sources)으로 활동한다.

습지는 지구상에서 가장 생산적이며 생명력이 왕성한 지역이다. 습지는 생물 다양성의 근원지이며 무수한 동식물종의 생존을 위한 근거지일뿐 아니라 생물적, 생태적, 환경적, 수리적, 경제적으로도 그 보존이 매우 중요하다.

〈습지보전법상 용도지역〉

법률	용도지역	지정목적 및 기준
습지 보전법	습지 보호지역	자연상태가 원시성을 유지하고 있거나 생물다양성이 풍부한 지역과 희귀하거나 멸종위기에 처한 야생동식물이 서식도래하는 지역, 특이한 경관적지형적 또는 지질학적 가치를 지닌 지역
	습지주변 관리지역	위 지역의 주변
	습지 개선지역	습지보호지역 중 습지의 훼손이 심화되었거나 심화될 우려가 있는 지역 중인위적인 관리 등을 통하여 개선할 가치가 있는 지역

습지는 육상과 수생생태계의 복합체로서 습지생태계는 독특한 관광, 교육, 문화적 가치를 가지고 있다. 부가하여 습지는 인류 문화유산의 한 부분으로 특별한 기여를 한다.

가장 최선의 관리는 습지 생태계의 자연적인 순환을 증진시키는 것이다. 또한 가장 간단하며, 저렴하고 지속적인 관리 방법은 습지주변에 방책을 둘러쳐 외부로부터 영향을 받지 않도록 자연 그대로 놓아두는 것이다. 우리는 습지에 대하여 모르는 것이 너무나 많기 때문에 이용만을 강조하거나 조급히 보호 조치를 취한다면 방치하는 것보다 불리할 수도 있다. 습지에 불리한 영향이 예상되거나 또는 진행중이거나 습지 훼손이 진행중인 경우 이를 해결하기 위해 취해질 수 있는 관리 종류들은 크게 ‘회복’과 ‘경감’으로 구분하거나 서로 중복하여 검토될 수 있다.

① 습지의 보전 및 활용 방안

최근 자연환경의 보전과 지속가능한 이용이라는 새로운 개념들이 대두되고, 습지가치에 대한 관심과 이해가 증진됨에 따라 습지를 적극적으로 활용하려는 시도가 모색되고 있다. 생태환경도시 조성시에도 습지의 기능을 수질정화에 이용하여 오염물질을 정화시키는 방안, 습지가 동식물들의 집단개체군으로 부양하는 기능을 활용하는 방안, 생태관광의 자원으로 활용 등 그 활용방안을 고려해야 한다.



〈습지를 활용한 근린공원내
생태연못 조성〉

② 갯벌

① 갯벌의 개념

갯벌이란 '조수가 드나드는 바닷가나 강가의 모래 또는 개펄로 된 넓고 평평하게 생긴 땅'을 말한다. 일반적으로 조류로 운반되는 가는 모래나 점토 등의 미세한 입자가 파랑의 작용을 적게 받는 해안에 오랫동안 쌓여 생기는 평坦 지형으로 조수의 들고 남에 따라 공기 중의 노출과 물속에 잠김을 반복한다.

갯벌도 자연의 일부분이므로 기능은 자연생태계가 가지는 기능과 비슷하며 다양한 생물이 살고 있고 이들 생물에 의해 유기물이 생산되며 또 생산된 유기물이 분해되는 등, 자연생태계라면 어디서나 볼 수 있는 현상이 관찰된다. 다만 갯벌이 다른 생태계와 구별되는 환경을 가지므로 이런 환경에서 가질 수 있는 특수한 기능들이 있다.

갯벌에서 염생식물 초원지의 생산성이 숲이나 쌀, 밀, 감자의 경작지보다 몇 배나 높아 간석지가 하나의 자원의 보고로 간주됨을 우선 강조할 수 있다. 우리나라에는 염습지가 없을 뿐 아니라 나머지 갯벌지역도 인근 어민들에 의해 집중적으로 이용되고 있다. 비록 염습지가 아닐지라도 식물은 살고 있다. 저서구조류란 뼈, 모래 틈 또는 모래 곁에 부착하여 사는 약 0.3mm 미만의 크기를 가지는 아주 작은 미세식물로 생산성이 여타 지역에 비해 높지는 않으나 그 역할은 중요하다. 즉 갯벌에 사는 조개와 갯지렁이 등, 유용 수산생물의 먹이로써 기능한다.

또한 갯벌은 육상기원 오염물질의 정화지로 오염물질이 축적되는 곳은 주로 염습지이다. 염생식물 초원이 거름(filter)작용을 하고 있으며 이때 걸려진 오염물질은 염생식물 초원지에 쌓여 분해되고 염생식물에 의해 이용된다. 우리나라의 경우에는 비록 뼈과 모래로 된 갯벌만이 존재할 지라도 이러한 갯벌에서 역시 정화작용이 일어나고 있다. 삼림과 더불어 갯벌을 비롯한 습지들이 지구의 허파 기능도 한다.

② 갯벌의 보전 및 활용

생태환경도시가 해안을 포함하여 조성될 시에는 갯벌이 포함될 수 있다. 이러한 갯벌은 생태계의 보고일 뿐 아니라 경제적으로 큰 가치를 지니기 때문에 현황대로 보존함을 원칙으로 한다.

또한 갯벌이 가진 어업, 관광, 문화, 교육 다양한 기능과 가치를 활용하여 지역주민들에게 경제적으로 도움이 될 수 있는 활용방안을 모색하여야 한다.

특히 갯벌의 다양한 동식물의 서식처라는 생태적 특성을 활용하여 도시내 대안학교, 생태교실 등에서



〈갯벌 생태체험학습〉

생태교육장으로 활용할 수 있으며, 이를 통해 주민과 학생들의 생태의식과 공동체 의식을 제고할 수 있다. 또한 갯벌생태연구소 등을 설립하여 갯벌생태자원의 활용방안을 지속적으로 모색하는 것도 필요하다.

2) 교통·동선시스템

(1) 도로망구성

가. 도로계획

① 개념

- 도로건설에 따른 자연환경의 변화 및 그에 대한 영향을 완전히 해결한다는 것은 불가능하다. 생태환경도시에서는 환경훼손을 최소화하면서 환경친화적인 도로계획을 위하여 사전에 충분한 조사를 하여 노선계획단계에서부터 저감방안 및 대책 등을 고려하여야 한다.
- 「자연친화적이며 자연과의 접촉을 소중히 여긴 도로」「생태계 혹은 가까운 야생동식물의 서식을 배려한 도로」라는 의미로 「에코로드(Ecoroad)」를 정의하고 있다. 에코로드(Ecoroad)의 접근방법으로 자연환경의 보전과 창조로 대별될 수 있다.
첫째 「보전」은 자연환경이 풍부한 지역 등에서 기존의 자연의 변화를 가능한 한 줄여서 생태계에 대한 영향을 적게 하는 방법이고, 둘째 「창조」는 도로건설전에는 자연환경이 빈약했던 지역에 도로건설에 따라 새롭게 수림, 초지, 수변 등을 창조하고 생물에게 서식 가능한 환경을 조성해주는 것이다.

② 적용원칙

- 도로건설이 갖는 사회경제적 편익을 고려, 그 계획단계에서의 기술적 경제적 검토와 아울러 환경적으로 개발에 따른 지역적 환경피해를 최소화하며 그 개발목적을 충족시킬 수 있는지 여부를 다음사항을 중심으로 분석한다. 이러한 사전입지분석은 노선별 대안평가로서도 활용되어야 한다.
 - 계획노선 및 주변지역의 토지이용상황 조사, 분석
 - 향후 소음·진동, 대기질 등 환경영향에 대한 피해 대상지역 등의 평가, 분석
 - 절·성토, 노반조성에 따른 지형변화 및 주변경관과의 관계
 - 특정야생 동·식물, 천연기념물, 문화재 등의 분포상황
 - 지역적 단절, 배수단절 등 자연환경, 사회경제환경 등의 문제점분석
 - 기타 민원발생 여부 등
- 도로구조를 연구하는 목적은 건설사업으로 인한 자연환경변화의 면적을 최소화하는데 있다. 광범위한 성토구간에서는 교량구조로하여 구배부분의 변화를 축소할 수 있고, 또한 광범위한 절토구간에서는 터널구조로 하면 원래 자연환경을 보전할 수 있다.

③ 계획기법

도로건설사업과 환경적으로 직접 관련된 항목을 중심으로 사업시행 전후의 환경변화를 분석하기 위한 계획노선 주변의 환경현황을 조사분석한다. 조사된 자료는 설계시 환경친화적 설계를 위한

기초자료, 그리고 환경항목별 환경보전대책 등의 실시여부 등의 판단의 기초자료로서도 활용한다.

- 지형·지질분야
 - 절·성토 단면노선의 발생여부 및 규모
 - 자연환경보전상 보전가치가 있는 지형·지질의 계획노선의 통과여부
 - 지반침하, 지하수유출 등 지형변화를 야기하는 지형·지질의 특성 파악
 - 토사유출, 퇴적 등에 따른 주변환경의 변화
 - 지형의 단절 및 하천횡단 등
- 동·식물상
 - 계획노선 및 주변지역의 동·식물상 현황파악
 - 동·식물의 이동로, 서식지, 철새도래지 등의 차단 및 훼손여부
 - 동·식물상 종의 분포 및 종의 다양도 분석
 - 자연식생의 녹지자연도, 현존식생도 등의 분석
 - 하천 및 해양 횡단구간의 동·식물상 조사
- 토지이용분석
 - 주변 토지이용상황을 고려한 노선선정에 관한 분석·평가
 - 도로건설에 따른 토지편입, 지장물 등의 조사분석
 - 도로건설에 따른 대기질, 소음·진동 등 영향권내에 있는 인구, 가옥 등의 조사분석
- 대기질, 소음·진동 등
 - 공사시 건설장비에 의한 대기질, 소음·진동 등의 영향분석
 - 도로건설완료후 자동차 주행에 따른 대기질, 소음·진동 등의 영향분석
 - 휴게소 등 부대시설 설치에 따른 환경유발 요인의 분석
 - 기타 민원방지대책 수립(이주, 철거 등)
- 폐기물
 - 건설폐자재의 적정관리 체분

나. 생태시스템 도입을 위한 동선 구상

① 도로조성 구상

- 흘어진 토지이용을 활용하도록 주도로를 격자형 패턴으로 조성하되, 거리의 폭 및 경관 등의 도시 설계는 인간의 스케일을 고려해야 하며, 거리의 형태는 다양해야 한다.
- 보도와 차도를 분리한다.
- 큰 면적의 자연서식처를 도로가 둘로 나누는 것은 서식처의 손실을 가져오며, 가장자리 종의 이입과 혼란으로 남아있는 부분의 서식처의 가치 또한 떨어지게 되므로 피해야 한다.
- 두 팻치를 강하게 연결하는 도로는 그들 사이에서 내부 종의 움직임을 억제하므로 피해야 한다.
- 도로의 소음은 새나 야생동물에게 영향을 끼치며, 팻치 서식처의 질을 감소시키므로 도로에서 거리가 가능한 멀리 떨어져야 한다.
- 연결된 두 팻치의 식생코리더를 끊는 것은 팻치간의 이동을 감소시키고, 코리더 서식처를 감소시키며 인접한 코리더 서식처의 질을 낮추므로 이를 잘 고려해야 한다.
- 초기 지천(first-order stream) 주위의 도로는 무기양분의 유출이나 침식을 통한 피해를 유발할 수 있으므로 주의해야 한다.
- 큰 하천이나 작은 강을 따라 인접한 도로는 하천둑의 식생이나 서식처 하천생태계를 파괴할 수 있으나, 다리로 조성된 도로는 생태적 파괴가 덜하므로 이를 고려해야 한다.

- 도로조성으로 인해 죽어가는 동물이 줄어들 수 있도록, 도로에 의한 영향을 최소화시킬 수 있게 조성해야한다.

② 교통시스템 도입 구상

- 교통 네트워크는 지역사회 내외로 사람과, 야생생물, 물류의 이동을 통합하도록 설계되어야 한다.
- 사람과 물류의 이동이 통합적으로 될 수 있도록 계획함으로써 교통수단 기반시설을 최소화하도록 해야 한다.
- 교통정책은 지속가능한 도시를 위한 중요한 부분이며, 자가용보다는 대중교통에 의한 이동이 훨씬 지속 가능한 형태이다.
- 지구의 중심에 지하철을 배치하고 인근에 상업지역을 배치하며, 대부분의 지구에서 대중버스가 주거지역을 경유하도록 하고, 버스 승차장에서는 버스베이를 계획해야한다.
- 주거단지의 경우 보행우선의 체계 구축에 보다 많은 노력이 필요하며, 단지와 지구 전체의 보행로가 연결되도록 체계화해야한다.
- 지구는 물론 도시전체의 자전거 도로망이 연계되어야 한다.
- 보행자와 자전거가 지역사회에 들어설 때 인근 역안에 다양한 상가와 회사가 제공됨으로써 자가용과 교차하지 않게 우선적으로 다닐 수 있는 보행자 및 자전거 전용도로를 충분하게 설치하되 적정규모의 폭으로 조성해야한다.
- 자동차가 지나다니는 길옆에서 매연과 소음을 들으면서 가는 것보다 숲이나 초지를 비롯해 꽃이 보이고, 새소리를 들으면서 친구와 얘기를 하면서 거리를 걷거나 자전거를 타고 지나갈 수 있도록 조성해야 한다.
- 단지내로의 접근성이 용이해야 한다.

(2) 유형별 구분

가. 컬데식

① 개념

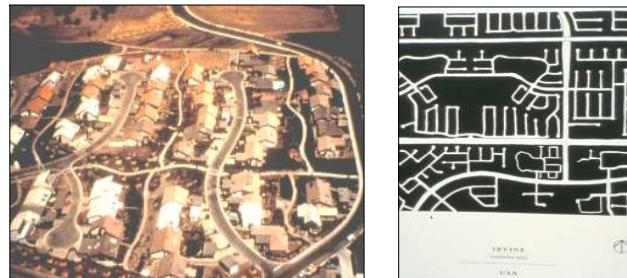
부정형한 지형을 그대로 살릴 수 있는 막다른 도로의 형태로 통과교통이 최대한 배제되고 도로 주변 주민들이 독점적으로 활용할 수 있는 구획도로를 형성할 수 있는 도로의 형태이다. 생태환경도시 계획시 지형여건에 따라 단독주택지의 가로망으로 적용가능한 형태이다.

② 필요성

- 통과교통이 차단되므로 어린이들이 안전하게 놀 수 있으며 주민들의 일체성이 확보되는 형태이다.
- 구획도로와 별도로 보행자전용도로를 설치할 수 있어 쾌적한 동선이 확보될 수 있다.
- 부정형한 지형에도 적용하기 용이하여 도로건설에 따른 자연환경의 변화를 최소화 할 수 있다.
- 보행자 전용도로, 녹도 등을 도입하고 회차부분을 조성하여 활기찬 공간으로 조성할 수 있다.

③ 계획기법

- 일정한 도로폭을 유지하여야 차량의 회전과 생활공간의 확보가 가능하므로 차량의 회전반경을 고려하여야 한다.
- 막다른 도로의 길이가 길 경우에는 자동차회전 및 보행공간을 위해서 가급적 반경 8m 이상되도록 계획하는 것이 바람직하다.



〈컬데삭도로 위주의 단지〉

나. 루프형

- 불필요한 차량진입이 배제되어 주거환경·안전성은 확보되나 외곽부에서 내부로의 진입이 제한되므로 차량의 우회교통이 발생하고 도로율이 높아지는 단점이 있다. 생태환경도시 계획시 컬데삭 형태와 더불어 단독주택지의 가로망으로 고려해 볼 수 있으며 특징은 다음과 같다.
 - 통과교통을 차단하여 안정된 도로공간이 조성되므로 구획도로를 생활공간으로 이용하는 것이 가능하다.
 - 가구내부에 주민에게 독점적으로 활용되는 쾌적한 도로공간이 형성되므로 가구의 규모에 따라 정돈된 경관의 연출이 가능하다.

다. 티(T)자형

- 격자형이 갖는 택지의 이용효율을 유지하면서 지구내 통과교통의 배제, 주행속도의 저하를 위하여 도로의 교차방식을 T자형으로 한 형태이다.
 - 교차점에서는 격자형에 비하여 안전하다.
 - 통과교통의 발생이 줄어든다.
 - 격자형에 비하여 주행속도가 낮다
 - 구획도로와 국지도로의 교차가 많다.
 - 손실되는 토지가 적다
 - 단조로운 가구가 형성된다.
 - 티자교차점이 많아 방향성이 불분명하다.
 - 보행자에게 명확한 방향성을 제시해 주기 위하여 교차점에 특성을 부여하는 것이 바람직하다.

라. 격자형

- 가로망의 형태가 단순명료하고, 가구 및 흙지구성상 택지의 이용효율이 높기 때문에, 계획적으로 조성되는 시가지에 가장 많이 이용되어 온 형태이다. 생태환경도시의 상업지역이나 산업지역에 적용할 수 있는 유형이며 특징은 다음과 같다.
 - 통과교통이 허용되어 안전성이 떨어진다.

- 도로의 위계가 불명확하다.
- 각 택지에 대한 서비스가 용이하다.
- 부정형한 지형에 적용이 곤란하다.
- 도로형태가 균일화되어 단조로운 가구가 형성된다.
- 필요없는 택지가 생길 우려가 적어 토지이용 효율이 증대한다.
- 공간의 폐쇄성이 결여되어 장소적 특징이 약하다.
- 보행자전용도로, 녹도 등으로 단조로운 공간에 특성을 부여하는 것이 바람직하다.

(3) 교통수단

생태환경도시의 교통수단은 화석연료의 소비를 줄여 환경에 부하가 적은 녹색교통시스템(Green Transportation System)을 중심으로 이루어져야 한다. 이를 위해서 보행자자전거전용도로의 네트워크화, 신교통수단을 중심으로 한 대중교통수단 확충 등 지역실정에 맞는 녹색교통시스템을 구축하여야 한다.

가. 보행

① 개념

단지내 보행자전용도로는 주민들의 보행동선을 구성하는 주요 요소로써, 직접적으로 거주자가 일상생활에서 이용하는 중요한 동선체계이다.

② 필요성

- 생태환경도시의 주거단지 내에 보도와 차도를 분리하여 보행전용공간을 조성하는 것은 보행공간의 확보와 보행을 통해 커뮤니티를 증진시키는데 그 목적이 있으며, 나아가 차량통행의 감소를 통한 에너지 절감과 단지내 주거환경의 개선효과가 있다.
- 보행전용로의 계획은 우선 차량과 분리된 보행전용공간을 조성하는데 그 목적이 있으며, 보행로 네트워크를 조성하고 이를 바탕으로 녹지네트워크와 생물이동통로를 연계하여 종합적으로 계획하면 큰 상승효과를 얻을 수 있다.
- 단지내의 공원이나 놀이터 등과 연계시키고 보행로를 중심으로 식재를 집중시킴으로써 이용성을 높이고 보행공간의 환경을 제고시킬 수 있다.

③ 경관구성을 위한 설계방향

- 보행로는 생활공간의 축으로서 명쾌한 식별성이 필요하다.
 - 포장재의 통일, 수종에 따른 배식방법 등을 고려
 - 보행로의 진행방향이 변화하는 곳에는 식별성 제공
 - 조형물이나 수목의 식재 혹은 바닥포장에 변화를 도모
- 보행로가 주동 사이에 배치될 경우에는 폐쇄적인 공간이 되지 않도록 조성한다.
- 보행공간에서의 경관을 고려하여 인접한 건물의 입면을 계획한다.
- 보행로의 연속적 변화는 50~70m의 가시거리 단위를 표준으로 구성한다.

④ 입구부 및 교차 접속부 계획

- 차도와 교차되는 부분에는 험프 및 조명등 겸용 블라드 등을 설치한다.
- 보행자전용도로의 레벨은 일정높이를 유지하고 차도보다는 높게 조성한다.
- 포장재와 포장패턴 등은 연속되도록 계획하여 보행자전용도로의 연속성을 유지한다.
- 입구부 연석 등 경계부는 장애자 및 유아의 이용을 위해 턱이 없는 경계석 처리를 한다.
- 블라드는 연석의 경계로부터 최소한 60cm 이상을 이격한다.
- 블라드의 간격은 2m 정도로 설치하며 비상시의 차량 통행을 고려한다.
- 보행로에 계단을 설치하여야 하는 경우에는 휠체어나 유모차의 통행을 위한 별도의 경사로나 엘리베이터의 설치가 필요하다.

⑤ 보행로 구조 및 설치기준

- 보행자전용도로의 폭은 최소 1.5m 이상으로 하며, 최대구배는 10% 이내로 조성한다.
- 보행자전용도로가 차도와 접하는 곳에는 안전보호시설을 설치하고 신체장애인, 노약자 등의 이용에 불편이 없도록 계획한다.
- 녹도형 보행자전용도로를 조성할 경우에는 최소 3m 이상(자전거이용 고려시 6m 이상) 도로폭을 확보하고 부정형의 부드러운 곡선으로 계획한다.
- 넓은 폭원의 녹도에 자전거도로를 분리하여 설치할 경우에는 곡선형 중앙분리대나 식수대 등을 이용하여 변화 있게 조성하여야 한다.

⑥ 포장

- 보행자전용도로는 공간의 성격과 기능을 고려하여 포장재료의 질감, 색채, 포장패턴, 크기 등을 결정한다.
- 포장재료는 내구성이 크고 어느 정도의 질감을 가지고 있어 미끄러지지 않는 소재를 사용되 가급적 투수성 포장을 선택한다.
- 포장재의 색상은 밝은 색조가 무난하며, 2개 이상의 포장재를 조합하여 패턴을 구성할 수도 있다.
- 일반적으로 소형고압블록을 적용할 경우에는 회색, 흰색 등 차분한 색조를 주조색으로 하고 밝은 계통의 색조를 강조색으로 사용하는 것이 무난하다.
- 보행자 전용도로에 자전거도로가 병행될 때에는 일반 차도용 아스콘 또는 콘크리트 포장보다는 밝은 색조를 사용한 특수콘크리트 등으로 포장하는 것이 바람직하다.

〈포장재에 따른 주요 고려사항〉

구분	시설물 종류	설치요구도	주요 고려 사항
포장	석재타일 인터로킹블럭	●	• 색채, 강도의 개발 • 포장패턴 개발
	판석포장	○	• 기타 시설과의 조합방안 설정
	맨홀뚜껑 수목보호 덮개	○	• 타시설과 관련하여 디자인 모티브 적용을 고려

〈설치요구도 : ● 반드시 설치 ○ 필요시설치〉

⑦ 시설물

- 시설물은 그 이용의 성격에 따라 단일행위를 위한 것과 복합행위를 위한 것으로 구분된다.

- 단일행위 목적 시설물 : 식재대, 벤치, 휴지통 등
- 복합행위 목적 시설물 : 단일행위 시설물 외의 시설물들로서 의사소통, 안전, 정보 전달 등 복합적인 목적을 위해 설치된다.
- 여러 시설물을 설치할 때에는 설치물의 디자인이 일관성 있도록 계획한다.
- 특히, 야간에 보행자의 편리한 이용과 안전성 확보를 위해 조명시설 설치가 필요하다.

〈보행로 시설물의 종류 및 고려사항〉

구 분	시설물종류	설치요구도	주요 고려 사항	
시설 물	안내표지 시설	보행안내	○	<ul style="list-style-type: none"> · 안내표지시설간 형태, 색상의 조화를 고려 · 정보의 체계 및 위치 결정 · 심볼, 로고, 서체 등 그래픽 요소의 개발
	조명 시설	장식등	○	<ul style="list-style-type: none"> · 광원 및 조도 고려 · 다른 목적의 설치물(깃대 등)과의 복합설치 고려
		보행등	●	<ul style="list-style-type: none"> · 표면 방수처리 필요 · 플랜터 및 하부벤치와의 조합을 고려
		녹지등	○	<ul style="list-style-type: none"> · 장소 및 주변시설과의 조화를 고려
	휴게 시설	파고라, 쉘터	●	<ul style="list-style-type: none"> · 휴게시설주변에 설치, 수거방식의 개선
		벤치	●	<ul style="list-style-type: none"> · 야간조명 필요
		휴지통 재떨이	●	<ul style="list-style-type: none"> · 내구성, 유지관리의 용이성 고려
		공중전화	●	<ul style="list-style-type: none"> · 도난방지장치 부착
		음수전	○	<ul style="list-style-type: none"> · 시설의 성격에 따른 구성방식, 경제성 고려
		자전거 보관대	●	<ul style="list-style-type: none"> · 건강증진 및 여가선용을 위한 레저·스포츠 용도로도 사용된다.
		문주, 담장	●	<ul style="list-style-type: none"> · 조명 및 벤치기능의 겸용을 고려
		블라드	●	<ul style="list-style-type: none"> · 자재건설, 디자인의 조화를 고려
		화분대	○	<ul style="list-style-type: none"> · 일상생활 활동을 위한 주교통수단으로서 기능을 분담한다. · 대중교통과 연계된 보조교통수단의 기능을 수행한다.

〈설치요구도 : ● 반드시설치 ○ 필요시설치〉



〈성남분당의 보행자도로〉



〈안양평촌의 보행자도로〉

나. 자전거

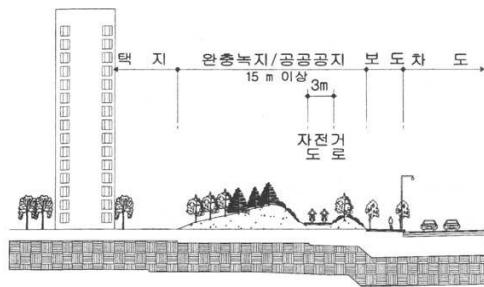
① 필요성

- 일상생활 활동을 위한 주교통수단으로서 기능을 분담한다.
- 대중교통과 연계된 보조교통수단의 기능을 수행한다.
- 건강증진 및 여가선용을 위한 레저·스포츠 용도로도 사용된다.

- 도시교통난 해소 및 환경보호역할을 수행한다.
- 안전하고 공간을 효율적으로 사용할 수 있어 경제적이다.

② 자전거이용 활성화 기본방향

- 자전거도로가 중간에 단절되지 않도록 명확한 동선체계를 구축하며, 대중교통수단과의 연결성을 확보한다.
- 주행공간 주변의 조경 및 경관이 좋은 곳을 활용하도록 하며, 급경사가 많은 지역은 배제한다.
- 자전거 이용이 편리하도록 학교, 상가, 주요 교통 정거장 등에 자전거 주차시설을 마련한다.
- 자동차 등 다른 교통수단의 위험과 지형, 지물에 의한 장애요소로부터 자전거 이용자의 안정성을 확보한다.
- 일반도로에 자전거전용도로를 설치할 경우 차도와의 분리대 등 안전시설을 설치하며, 차도와의 경계를 명확히 한다.
- 포장면은 평탄성을 유지하고 다른 교통 부분과 구분되도록 색깔, 질감, 무늬 등을 달리하여 다른 공간과 쉽게 구분되도록 한다.



〈자전거도로 설치 예〉



〈성남분당의 자전거도로〉

③ 자전거도로 포장

- 자전거도로의 포장은 원칙적으로 간단한 구조로 하여야 하며, 색깔, 질감, 무늬 등을 이용하여 다른 공간과 구분될 수 있도록 하여야 한다.
- 자전거도로의 노면에 물이 고이지 않도록 적당한 횡단구배(1.5%~2.0%)를 붙여 포장해야 한다.
- 포장은 평탄성 및 유지관리 등을 고려하여 포장의 두께, 종류 등을 결정한다.
- 포장면은 교차도로와 단차가 나지 않도록 접속구배는 5~10%로 한다.

④ 기타시설

- 교통을 원활하게 하고 안전사고를 방지하기 위해서 차도와 자전거도로사이에 분리대를 설치하거나 단차를 조성하고 자전거 차선의 경계를 명확히 하여야 한다.
- 일반도로와의 교차점, 교량, 절곡부, 화장실, 급경사지에는 조명시설을 갖추어야 한다.
- 자동차의 진입을 막거나 급커브, 높은 성토부분, 벼랑, 제방 등의 위험한 곳에서는 이탈을 방지하기 위해 적절한 자전거 안전시설을 설치한다.
- 철도, 자동차, 유람선 등의 교통수단과 연결되는 지점 또는 공원, 수변 공간 등의 자전거도로와 연결되는 지점에는 자전거주차장, 화장실, 휴게실, 옥외벤치, 음료수(수도물, 자동판매기 등)등의 편의시설을 설치하여야 한다.

- 자전거교통의 안전과 확실한 유도를 위하여 필요한 지역에서는 자전거전널목 표지, 자전거도로 표지, 자전거차선 (비교차로 지역은 자전거차선표지, 교차로는 중단된 자전거차선표지)등 자전거 교통관련시설에 대해 명확히 표시하여야 한다.

다. 신교통수단

- 생태환경도시는 보행자와 자전거가 우선하는 단지내 동선체계가 이루어져야 하고, 효과적인 대중교통수단이 단지까지 연계되어야 한다. 하지만 현재 우리 나라의 대중교통수단은 지하철, 버스로 극히 제한적인 시스템하에서 운영되어 있고 대중교통의 수단 분담률이 다른 나라에 비해 상당히 낮은 편이다. 세계적인 생태도시인 브라질의 쿠리찌바시는 전체 통근자의 75%이상이 버스를 이용할 정도로 대중교통이 보편화되어 있다.
- 생태환경도시에서는 개발에 따른 신규통행 수요를 추정하고 이를 토대로 신교통 시스템 도입에 대한 타당성을 검토하여 도입 가능한 신교통 시스템에 대한 운영 및 개발전략을 수립하여야 한다.
- 신교통 시스템 도입과 관련하여 도입의 타당성을 검토하여 대중교통중심의 교통체계 도입하고 버스전용도로, 버스도착안내시스템(BIS : Bus Information Systems)등의 첨단교통운영시스템의 도입으로 이용자 중심의 대중교통체계를 갖춘 생태환경도시를 건설하여야 한다.

① SLRT(Street Light Rail Transit : 노면 경전철)

- SLRT는 도시 내 고속대량 수송철도에 비해 수송력, 속도 등은 떨어지지만 도로부 등을 이용하기 때문에 구조물, 신호 보안시스템의 설치가 용이하여 건설비용의 부담을 낮출 수 있는 철륜식 전차시스템이다.

〈SLRT의 특징〉

구 분	특 징
SLRT	<ul style="list-style-type: none"> • 도로면에 궤도를 설치하여 노면교통과 공유 • 지상차량으로 계단이 없어 승하차 편리 • 고령자, 신체장애인 등이 이용하기 편리하며, 훨체어 등의 승강도 가능 • 노상에서의 승하차시 차량 박막면과의 단차가 적어 승하차시간이 단축되므로 표정속도 향상 • 높은 플랫폼을 설치할 필요가 없어 건설비가 저감 • 소음, 진동, 매연 없는 환경친화적 교통수단 • 보행자와 함께 하는 새로운 교통수단 • 교차로 및 짧은 역간거리로 속도저하

〈노면전차와 SLRT의 특성비교〉

	노면전차	SLRT
수송로 형태	<ul style="list-style-type: none"> • 기본적으로는 가로상을 일반도로 교통과 경합하여 운행 • 경우에 따라 우선장치의 설치, 궤도의 전용화를 통해 다른 교통과 분리시킴 	<ul style="list-style-type: none"> • 노면전차와 같은 가로상을 주행하는 형태이나 도로와 분리된 전용궤도를 이용 • 부분적으로는 지하고가화를 적극적으로 실시하여, 효율적인 운행을 지향
운행 특성	<ul style="list-style-type: none"> • 승객의 편리성은 높지만 정시성, 주행속도는 연선의 주행조건에 크게 좌우됨 • 표정속도는 일반적으로 15km/h 정도임 	<ul style="list-style-type: none"> • 전용궤도 주행과 고성능 차량에 의해 정시성 및 높은 표정속도의 확보 가능 • 표정속도는 25km/h 이상이며, 운행빈도는 노면전차에 비교하여 높음

	노면전차	SLRT
차량 및 편성	<ul style="list-style-type: none"> 4~6축으로 길이가 14~21m, 승차인원은 100~180인 정도이며, 그 중 20~40%가 좌석으로 구성. 편성은 1~3량으로 편성 최고속도는 40~60km/h정도 	<ul style="list-style-type: none"> 차량은 6~8축의 분할 연절구조차량, 4~6축 차량의 4량편성, 8축 차량의 2량편성 등 다양하게 운행 분할 연절형 차량의 길이는 20~30m 정도이며, 정원은 110~250인 정도로 20~50%가 좌석임 최고속도는 70~80km/h 정도이고, 100~125km/h 정도의 것도 있음

- SLRT는 독일의 켈른, 프라이부르크, 영국의 맨체스터, 프랑스의 글루노블, 미국의 LA등에 도입사례가 있다.
- 이중 독일의 프라이부르크시는 산림보호를 중심으로 한 에코폴리스로 유명하며 환경대책이 실시되어 있고, 자동차 대수는 증가에도 불구하고 도시내의 자동차 교통은 과거 15년간 거의 변화가 없다.



〈독일의 Tram〉

〈호주의 SLRT〉

〈체코의 SLRT1〉

〈체코의 SLRT2〉

라. 모노레일

모노레일(Monorail)은 한 궤도에 차량이 과좌 또는 현수하여 주행하는 교통기관으로 궤도위로 주행하는 과좌형 모노레일(Straddle type), 궤도에 차체가 매달리는 방식의 현수형 모노레일(Suspended)이 있다.

〈모노레일의 특징〉

	장점	단점
모노레일	<ul style="list-style-type: none"> 부지 면적이 적게 소요되고 구조물도 작기 때문에 공사비가 적게 들 주행 바퀴로 고무타이어를 사용하기 때문에 금구배나 작은 곡선 반경으로 주행할 수 있어 지형 변화에 적응력이 우수함 건설비용도 저렴하고 전용궤도를 주행하므로 운전속도도 빠른 쾌적한 교통수단임 차량은 고무타이어를 사용하고 있기 때문에, 보기 대차의 공기 용수철 채용과 서로 어울려서 승차감이 좋음 	<ul style="list-style-type: none"> 운행 방식이 궤도를 주행로로 하는 기술적 특성으로 인하여 차량의 회차나 신규투입 등에 필요한 방향 전환이 어렵고 시간이 많이 걸려 노선을 순환형으로 설치해야 하는 단점이 있음 운행 중 승객 수의 변동에 따른 열차 운행의 변경이 다른 시스템에 비하여 어려움

자료 : 도시신교통시스템, 1999, 서울특별시지하철건설본부

- 모노레일은 일본의 동경, 쇼난, 기파큐슈, 오사카, 씨바, 호주의 TNT 하바링크, 미국 등에 도입사례가 있다.
- 오사카 모노레일은 교통망이 방사선으로 발달한 오사카 도시권에서 도심부로의 교통 집중완화와 주변지역에 대한 교통 서비스 향상을 피하기 위해 설치한 과좌형 모노레일임. 방사형의 철도교통과 유기적으로 연결하기 위해 오사카 도심에서부터 약 반경 10km에 있는 오사카 중앙환상선 도로를 따라서 “도시모노레일법”에 의하여 건설하였다.



〈독일의 모노레일(현수식)〉 〈오사카의 모노레일(과좌식)〉 〈동경의 모노레일(과좌식)〉 〈호주Sydney의 모노레일(과좌식)〉

마. AGT(Automated Guideway Transit : 안내 궤도식 철도)

- AGT는 고가 위 등의 전용궤도를 소형경량의 고무타이어 부착 차량이 가이드 웨이를 따라서 주행하는 중량 수송 시스템을 말하며, 컴퓨터 제어에 의한 무인 운전도 가능한 시스템이다.
 - 안전성측면에서 콘크리트구조로 된 전용궤도를 주행하여 교통사고나 교통지체의 우려가 없다.
 - 쾌적성, 편리성측면에서 고무타이어를 이용함으로써 소음, 진동이 적다.
 - 저공해성 측면에서 전기를 동력으로 사용하여 배기ガ스가 없으므로 공기오염의 문제가 없다.
 - 자동무인운전 측면에서 무인역으로 운영되며, 승객수요에 따라 운행 스케줄 조정이 가능하다.
 - 경제성측면에서 차량의 소형경량화로 궤도 구조물의 건설비 절감된다.
 - 도로상부 공간을 이용하여 용지비가 적게 소요된다.
- AGT는 일본 고베의 포트아일랜드선, 산만 유카리가오까선, 요코하마의 가니자와 씨 사이드 라인, 도우가 다이의 도우가 다이선, 히로시마의 아스 드럼라인, 동경 임해 신교통 유리까모메 등이 있다.
- 동경 임해 신교통선 유리까모메는 동경만의 매립지를 중심으로 한 임해 부도심과 기존의 도심부를 연결하는 길이 11.9km의 공공교통기관으로 1989년에 건설을 개시하여 1995년에 완공하였다.



〈동경의 유리까모메〉 〈유리까모메 (레인보우브릿지)〉

바. Linear 지하철(Transit: 안내 궤도식 철도)

- Linear 지하철은 수송수요에 대응한 차량의 소형화가 검토되어 리니어모터 방식으로 개발된 차량
 - 지지, 안내에 특별한 구조가 필요 없으며 또한 주행저항이 적어짐
 - 철차륜은 대량 수송능력과 저렴한 유지비용, 계절에 의한 운행장애 없음
 - 차량 크기가 가볍고 작아 기동력이 우수하며 소음 진동이 없음
 - 자동운전이 가능하여 대량수송수요에 적합한 경전철을 경제적으로 확보 가능
 - 차량의 크기가 지하철보다 작아 터널, 구조물, 곡선반경이 작아 건설비 절감됨
 - 리니어모터를 사용하므로 회전모터에 비해 크기가 작고 동력 전달장치가 필요 없어 차량의 구동장치 크기가 대폭으로 감소하게 됨
 - 바퀴는 단순 지지의 역할만 하므로 크기를 축소할 수 있어 열차 바닥의 높이를 낮춰 차량의 전체 단면을 축소할 수 있음
- Linear지하철은 오사카 민영 지하철 나카호리 쓰루미 녹지선, 동경 도영지하철 12호선, 고베

- 시영지하철 해안선, 후쿠오카 시영지하철 3호선, 캐나다 밴쿠버의 스카이 트레인 등이 있다.
- 밴쿠버는 팽창하는 도시권 수송, 자동차 교통대책 및 공영교통의 경영개선을 위하여 세계 최초의 리니어 지하철인 스카이 트레인을 개통하였으며, 중량수송 도시교통기관으로서 위력을 발휘하고 있다.



〈밴쿠버의 스카이트레인〉



〈일본 오사카 7호선〉

사. Guide Way Bus(궤도버스)

- 궤도버스 시스템은 철도와 버스의 중간 교통수요에 대응하기 위해 개발한 것으로 버스만으로는 수요대응이 불충분한 지역에 설치할 수 있는 시스템으로 버스가 궤도 또는 선로 위를 운행하는 시스템이다.
 - 승객은 일반버스와 같이 시점과 종점에서 타고 내림
 - 전용주행도로를 가지고 있어 주 노선에서의 고속운행이 가능함
 - 버스와 LRT의 중간수요를 갖는 지역에서 적용 가능한 교통수단임
 - 궤도 또는 선로를 달리기 때문에 경량전철 시스템으로의 전환이 용이함
- 독일의 엣센시, 호주의 에들레이드시, 일본의 나고야시 등에서 운영중이다.
- 독일의 O-Bahn은 외관상 일반 버스와 동일하나, 바퀴 안쪽으로 버스전용도로에서 다닐 수 있도록 장치(보조바퀴)가 부착되어 있으며 일반도로에서는 일반버스와 같은 형태로 주행이 가능하다



〈일본 yutorito의 shidami〉



〈독일의 에센 O-Bahn〉

아. Trolley Bus(트롤리 버스)

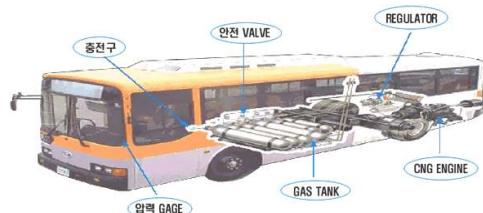
- 트롤리 버스는 가공선(架空線)에서 trolley에 의해 전기를 공급받아 모터를 돌려서 주행하는 버스로 무궤도(無軌道) 전차라고도 한다.
 - 유럽 및 여러 나라에서는 관광명소를 순환하는 순환버스로 이용하고 있음
 - 가공선 이외의 궤도는 필요하지 않아 시설비가 절감됨
 - 전기모터와 고무타이어의 조합으로 주행음이 적고 배기가스 방출이 없음
- 트롤리버스는 러시아를 비롯한 오스트리아, 헝가리, 체코 등 유럽 각 국은 오래 전에 도입된 트롤리버스를 현재까지 활용하며, 페테르부르크의 트롤리버스는 대중교통수단으로 널리 이용되고 있다.
- 오스트리아는 트롤리 버스의 규모와 성능이 향상시켜 대중교통수단으로 유용하게 사용하고 있으며, 싱가폴의 경우에는 도심의 주요 관광지를 중심으로 트롤리 버스가 운영되고 있다.



〈오스트리아의 트롤리버스〉

자. Natural Gas Bus(천연가스 버스 : LNG, CNG)

- 천연가스 버스는 청정연료인 천연가스를 연료로 하는 환경친화적인 교통수단으로 크게 LNG 버스와 CNG 버스로 구분된다.
 - 액화천연가스(LNG) 버스 : 천연가스를 충전소에서 액화상태로 전환하여 연료로 사용하는 방식
 - 압축천연가스(CNG) 버스 : 천연가스를 충전소에서 고압($200\text{kg}/\text{cm}^2$)으로 압축 차량에 장착된 용기에 충전하여 연료로 사용하는 방식으로 액화천연가스(LNG) 버스보다는 연료의 무게가 가벼움
- 천연가스버스는 타 신교통수단과 달리 특별한 구조물의 추가 설치가 필요없어 건설비에 대한 부담이 없으며, 일반버스와 함께 공로상을 주행하며 외관상으로는 일반버스와 크게 차이가 없다.



〈천연가스버스 내부구성도〉

〈천연가스버스의 특징〉

	특 징
천연가스 버스	<ul style="list-style-type: none"> 천연가스(Natural Gas)는 주성분이 메탄(CH_4)이며 분진, 유황 등 불순물이 거의 함유하지 않은 청정연료임 연소시 황산화물(SOx), 매연(Soot) 등이 발생하지 않으며, 지구온난화 물질인 이산화탄소 배출량이 적어 환경친화적인 최적의 에너지임 경유버스에 비해 매연(미세먼지)이 전혀 배출되지 않는 등 오염물질 감축효과(오존오염 물질도 70%이상)가 있음 천연가스가 공기보다 가벼워 누출시 신속히 확산되어 폭발우려 없으며 소음이 적음

〈오염 물질 배출량 비교〉

(단위 : PPM)

구 분	천연가스차	경유차	휘발유차	LPG차
매연(PM)	2	100	10	2
NO ₂	15	100	20	25
CO	25	20	100	45
HC	35	90	100	45
CO ₂	80	90	100	80

- 천연가스 충전시설의 안전성 7
 - 천연가스는 가정에서 사용하는 도시가스를 압축한 것으로 공기보다 가벼워 누출되는 경우에도 신속히 확산되어 폭발 위험이 없음
 - 충전소의 안전성은 전세계적으로 약 120만대의 천연가스 차량이 운행되고 있으며 지난 50년간 천연가스 충전소를 운영한 결과 충전소의 폭발 등에 따른 인적·재산상의 사고는 보고된 바가 없음
 - 충전 중 차량 급발진에 따른 충전기 이탈 등 취급부주의로 인한 경미한 사고가 40건 발생했음
 - 또한 서울의 시범운행의 경우 3차의 결친 모니터링 결과 안전상의 결점은 없는 것으로 나타남
 - 이렇게 국내·외적으로 천연가스 충전소는 안전성이 입증되어 안전거리가 액화석유가스 충전소에 비하여 상당히 완화되어 있음
 - 외국에서는 아파트 인근, 시내 중심가, 옥상에까지 충전소를 설치할 정도로 안전성이 공인되어 있음
 - 또한 LPG는 연료가스를 탱크로리 차량으로 직접운반하나, 천연가스는 도시가스 배관망을 통하여 공급되므로 별도의 저장탱크가 없어 매우 안전함
- 천연가스 버스는 미국, 유럽 등에서 운영되고 있으며 우리나라에서도 시범적으로 운영 중이다.
 - 미국의 천연가스버스는 버스주문량의 20%를 차지하고 있으며 점차 시범지역을 확대운행하고 있음



〈댈러스의 LNG버스〉



〈워싱턴의 CNG버스〉

차. 기타 신교통시스템

① 일본 나고야 기간버스

- 기간버스 시스템은 종래 노선버스의 단점을 보완하고 철도, 지하철과 함께 도시 내 대중교통 수단의 하나로 도로 중앙부분에 전용차로를 설치하고 승하차는 전용차선에 접한 도로 위에 교통섬을 설계하여 이용토록 만든 시스템
 - 전용 우선 신호에 의해 통제되며 교차로에서 정차 없이 주행
 - 정류장간 거리는 약 800~1,000m이며 운행속도는 25km/h 임
 - 전기를 동력으로 하는 대형버스로 운영
 - 노외에 설치된 전용터미널을 이용하여 지하철과 전철 등 타 대중교통수단과 연계

② 브라질 꾸리찌바

- 세계적인 생태도시인 브라질의 꾸리찌바시는 전체 통근자의 75%이상이 버스를 이용할 정도로 대중교통이 보편화되어 있음
 - 승용차의 도심통행을 억제하고 버스에 도로의 우선권 부여
 - 보행자도로의 확대운영 및 대중교통 중심의 생태도시 구축

〈브라질 꾸리찌바 대중교통체계의 특징〉

	특 징
튜브정류장 및 굴절버스	<ul style="list-style-type: none"> 특수 투명 플라스틱의 튜브 정류장은 지하철의 환승역 역할 길이 10m, 높이 3m 정도의 정류장에서 승차대를 통해 승차 정류장에 들어서기 전에 요금을 미리 지불하기 때문에 승차시간이 감소됨 정류장에서의 버스 공회전 횟수가 감소됨 튜브 정류장의 건설비는 정류장 1개당 미화 3만 5000달러(약 4500만원)정도 됨 굴절버스는 일반버스 2대나 3개가 연결된 형태이기에 운송능력이 높음 수용 승객은 110명부터 최대 270명 정도임
버스운영체계	<ul style="list-style-type: none"> 버스 운행 속도는 도로 기능에 따라 시속 30, 40, 60km 등으로 나눠짐 주요 간선도로의 경우 일반 승용차의 통행금지로 급행버스 시속 60km 유지가 가능



〈브라질 꾸리찌바시의 굴절버스〉

카. 신교통시스템 비교분석

① 시스템별 특징 및 도입적지

- 각 시스템별 특징 및 도입 가능한 대상지역을 비교해 보면 SLRT, 모노레일, AGT, 리 니어지 하철의 경우는 비교적 많은 수요가 있는 기간교통으로 적합하며, 트롤리버스와 천연가스버스는 환경친화적이며 비교적 저렴한 비용이 드는 시스템임. 한편, 궤도버스는 이들 철도시스템과 버스시스템의 적용규모의 중간형태임.

3) 공원·녹지계획

(1) 공원

가. 공원·녹지율

① 법상 공원·녹지율

- 도시공원의 면적기준 : 도시공원 및 녹지 등에 관한 법률 시행규칙 제4조
 - 도시지역 내 : 당해 도시지역 안에 거주하는 주민 1인당 6m²이상
 - 개발제한구역녹지지역을 제외한 도시지역 내 : 당해 도시지역 안에 거주하는 주민 1인당 3m²이상
- 산업단지 : 「산업입지 및 개발에 관한 법률」과 「기업활동규제완화에 관한 특별조치법」에 의거 다음의 기준에 따름

〈기업활동규제완화에관한특별조치법 제21조〉

사업면적	산입법	기업규제완화법
3km ² 이상(300m ² 이상)	10~12%	10~13%
1km ² 이상(100만m ² 이상)	7.5~9%	7.5~10%
1km ² 미만(100만m ² 미만)	5~7.5%	5~7.5%

※ 주변에 충분한 녹지, 수면인접시 2% 안에서 추가로 하향조정 가능

※ 국가 및 지방산업단지에는 산업입지개발지침 및 통합영향평가법에 의한 환경영향평가 협의내용에도 불구하고, 위와 같이 공공녹지 설치

- 주택건설기준등에관한규정 제29조 (조경시설등)
 - 아파트 단지면적의 30%에 해당하는 면적의 녹지확보
- 건축법 제32조 (대지안의 조경)
 - 단독주택 : 대지면적 10%이상
 - 공장 건축연면적 합계 2천m²이상 : 대지면적 10%이상
 - 공장 건축연면적 합계 1천5백m²이상 : 대지면적 5%이상
- 사전환경성검토 업무편람
 - 주택단지
 - a. 공원은 도시공원법상 1인당 3m²을 근거로 3%이상
 - b. 공공시설녹지(원충녹지, 경관녹지)는 가능한 10~15%

② 생태환경도시에서의 공원·녹지율 확보방안

- 녹도조성을 통한 공원·녹지율 확대
 - 차도의 기능을 갖지 아니한 보행 및 자전거 통행을 위한 공간으로, 이용자들을 위한 휴식 시설과 교목 등이 식재되어 있는 선형녹지로 생태통로의 확보와 도심의 오염원 저감 기능을 수행하는 동시에 환경친화적이며 포괄적인 개념의 녹도를 설치
- 개발전의 녹지를 최대한 보전하고, 개발 후 녹지를 최대한 조성하도록 유도한다.
- 미개발지는 생태적 균형, 자연자원의 이용, 휴양을 위한 전제조건으로서 전체적으로 그리고 개별적으로 가능한 한 충분한 면적을 확보해야 하고 정주지에서 자연과 경관의 일부 및 부분 녹지를 보호, 관리, 개발해야 한다.
- 도시내의 자투리 땅이나 수변공간 등은 이용가능한 소공원으로 조성하여 이용공원을 확대하고, 시가지내 잔존녹지공간을 녹지보전지구로 지정하여 관리토록 한다. 또한 중점적으로 녹화해야 할 지역에 중점녹화지구를 설정하여 관리하는 등 도시녹색공간 확대를 위한 제도적 기반 마련
- 지형부문의 정성적인 지표로 보존해야 하는 지역을 함께 제시하고 녹지훼손율을 제시함으로써 개발 전후의 녹지면적의 훼손 정도를 사전에 방지한다.

〈자연자원 활용한 공원·녹지율 확보〉

자연자원의 활용	자연자원 활용기법
수자원의 활용	<ul style="list-style-type: none"> 지구내 소하천, 계류 등은 복개하지 않고 가능한한 보존하도록 하고, 자연형 하천공법을 이용하여 수변공간을 친수공간으로 정비하여 야생 동·식물의 서식처로 조성한다. 하천변에 인공의 공원녹지를 조성하고자 하는 경우에는 선형을 가능한한 변경하지 않도록하여 자연적인 수로형태를 유지하도록 한다. 하천변 고수부지를 활용하여 보행자전용도로나 저전거도로를 병행 설치하거나 선형의 수변 공원녹지를 조성한다.
양호한 기존 식생의 활용	<ul style="list-style-type: none"> 양호한 기존수목들이 있는 곳은 자연형 공원녹지로 조성하여 향토수목들을 보존함으로써 신시가지에 걸여되기 쉬운 문화·휴식공간으로 활용한다. 녹지자연도 7등급이상의 기존녹지는 가능한한 보존하여 자연형 공원녹지로 조성하는 것이 바람직하다. 지구내 양호한 녹지를 공원녹지로 보존할 경우에는 공원시설, 특히 체육·오락시설로 인해 자연이 훼손될 수 있으므로 지구지정시 녹지와 함께 여분의 평지를 확보하여 공원시설을 설치함으로써 기존수림을 보호하도록 한다.
기존 자연 지형의 활용	<ul style="list-style-type: none"> 기존의 구릉지를 공원녹지로 활용함으로써 단조로울 수 있는 신시가지의 지형과 경관에 변화를 준다. 경사도 30% 이상의 구릉지에 있는 기존수림은 가능한한 보존하도록 하며, 그 이하인 경우에도 수림이 양호한 구릉지는 최소 4부능선 이상은 개발을 억제하는 것이 바람직하다. 구릉지주변은 도로개설이나 주택지조성으로 인하여 넓은 절개지가 생기지 않도록 유의한다. 1:2 보다 급한 자연경사는 가능한 한 개발하지 않도록 하며 소로나 차도는 최대경사가 8%, 북사면이나 그늘진 곳은 6% 이하가 되도록 한다.

나. 공원유형

① 생태공원의 개념 및 의의

- 자연관찰 및 학습을 위하여 일정한 지역을 생태적으로 복원, 보전하여 이용자들에게 동물, 식물, 곤충들이 주어진 자연환경 속에서 성장하고 활동하는 모습들을 관찰하거나 학습할 수 있도록 제공된 공원을 말함.
- 도시속에 야생생물의 서식처를 도입하되, 생태계 질서(종다양성, 생태적 건전성, 지속가능성 등)에 의해 스스로 유지되도록 건강한 야생경관을 도입하고, 최소에너지 투입에 의해 유지관리가 가능하도록 조성된 공원으로 생태환경적으로 타 공원에 비해 비교우위성에 존재가치를 두고 조성된 공원을 말한다.

② 생태공원의 필요성

- 인위적으로 조성된 기존의 정형형 공원에 비해 조성 및 유지관리에 필요한 에너지 투입을 최소화하여 공원의 유지관리 비용을 절감할 수 있음.
- 다양한 동·식물이 서식할 수 있도록 자연 그대로의 모습으로 조성함으로써 생물학적 가치가 높은 환경교육의 장으로 이용할 수 있고, 자연상태를 지속적으로 연구할 수 있는 공간으로 활용 가능함.
- 자연파괴 및 환경오염을 줄일 수 있으며, 적은 비용으로 훼손지를 복구하여 경관 및 노지의 가치를 증대시킴.

- 자연성으로부터 소외된 도시공간에 자연요소를 도입하고, 관찰을 통하여 자연에 대한 도시민의 접촉기회를 제공하며, 기형화된 도시생태계에 자연의 서식처를 도입함으로써 도시생태계의 건전성을 추구하고, 지역에 요구되는 생태적 생산성을 촉진시킴.
- 생물유기체(Bio-coenosis)가 비교적 안정한 상태로 살아가는 장소(tope)로 국지적 환경(Micro environment)변화에 의한 다양한 소생물 서식을 유도한다.
- 다양한 소생물권(Micro-bio-tope)들이 Network를 형성하여 생태적으로 안정될 수 있도록 일정지역을 보호, 관리하며 서식생물종의 번식 및 생활환경을 보호함으로써 생태적으로 건강한 공간을 조성
- 생태적으로 안정된 장소에서 자연환경시스템(Eco-system)을 관찰, 학습할 수 있는 공간을 제공하여 다양한 생물들이 서식하고 있는 공간이므로, 생태적 교란을 일으키지 않도록 제한된 관찰기회를 제공

③ 생태공원의 형태

• 자연보존형 생태공원

도시내 생물서식환경의 보호를 주목적으로 하며, 서식환경을 생태적 기법에 의해 복원한 후, 자연생태 연구실험지 및 인근녹지에 대한 생물전파지 역할을 한다.

• 일반이용+보존형 생태공원

일반공원의 일부지역을 생태복원지역으로 조성, 인원통제를 통해 서식환경을 보호하며 생물학적 요소인 새 곤충들이 일반공원지역 까지 활동하게 함으로써 공원내 생물학적 다양성 증진을 꾀한다.

• 이용위주의 생태관찰원

이용위주의 공원으로 생태적 요소를 이용한 인공환경시설 위주의 주제공원형태로 조성되며 인위적으로 조성된 생태적 복원환경을 지속하기 위하여 유지보수에 많은 시간과 비용이 필요하다.

④ 생태공원과 유사한 개념

⑤ 생태관광(Eco-tour)

자연경관, 야생 동,식물 등 생태적 가치가 우수한 자연환경지를 대상으로 전문안내인이 일정한 프로그램에 의거 적정한 인원을 참가시키는 투어(tour)형식으로, 참가자가 자연환경의 중요성을 인식하고 그것에 관한 윤리관을 정립하는 교육적 관광상품

⑥ 자연학습원

자연환경의 접촉, 이해/교육 등의 기회가 없는 청소년들을 대자연 또는 인위적으로 조성된 자연속에 끌어들여, 집단화된 생활과 훈련을 통하여 자연에 대한 올바른 지식을 전달하고 심신을 훈련하여 자연속에서 질서, 협동, 봉사의 정신을 체득시키는 등, 학교나 가정에서 기대하기 어려운 체험을 얻을 수 있도록 하는 시설

- 모든 소생물권이 자연학습원의 구성요소가 되며, 어린이들의 교육을 위해 각각의 요소에 설명이 들어있는 안내판을 설치한다.
- 채소원과 쓰레기 퇴비장도 자연학습원의 구성요소이다. 음식물찌꺼기를 토끼, 닭, 오리, 달걀쥐 등의 먹이로 공급하고 남는 것은 퇴비화시켜 채소원의 유기질비료로 사용하고, 그 곳에서 자란 채소는 다시 인간들이 먹는 등의 순환체계를 효과적으로 보여 줄 수 있도록 구성한다.
- 토끼장이나 닭장은 희망하는 세대에 한해 분양을 하며 주민들이 직접 자연학습원에서 먹이를 주고, 동물을 기를 수 있도록 하는 방안도 마련한다.

- 식물원은 식용의 채소를 직접 가꾸는 곳과 야생 초화류 정원, 유실수 정원 등으로 구분하여 구성한다.
- 실개천과 연계시켜 자연학습원의 수원을 공급한다.



〈일산호수공원의 자연학습원〉

④ 자연관찰원

자연을 쉽게 접할 수 없는 인공환경속에서 자연소재를 전시하여 시민이 쉽게 접근, 관찰이 가능하도록 조성된 시설

⑤ 동,식물원

동,식물의 분류학적 기준에 의해 전시, 관람이 가능하도록 조성된 주제공원으로 그동안 단순한 배열식 전시를 탈피하여 전시대상 생물의 서식환경 모사를 통해 전시효과의 극대화를 추구

⑤ 사례를 통한 생태공원의 유형

① 여의도 생태공원

- 기존의 양호한 생물 서식처 보존
- 지하철 배출수와 한강 본류수를 이용한 생태연못과 저습지 조성
- 생물종의 서식환경(비오톱)조성
- 생태학습공간 및 프로그램 도입

② 길동 자연생태공원

- 습지지구, 산림지구, 초지지구, 저수보지구 이렇게 네 지구로 구분



〈여의도 생태공원〉



〈길동 자연생태공원〉

• 습지지구

습지에는 물의 깊이에 따라 살고 있는 생물이 모두 다르다. 눈에 잘 보이지 않는 작은 곤충 그리고 개구리밥풀을 먹고 있는 개구리 그리고 부들 가지에 앉아 있는 잠자리까지 볼 수 있다. 잠자리의 종류도 매우 다양하며 봄이 온통 빨간 된장잠자리, 고추잠자리 등 다양한 곤충들이 출현하여 시간에 따라 식물과 곤충들이 다양한 모습을 보여주고 있다.



〈습지지구 부들〉



〈습지지구 된장잠자리〉

• 산림지구

낙엽이나 통나무가 많아 갖가지 벼섯과 곤충이 있다. 숲으로 둘러싸여 있어 그냥 지나치기 쉽

지만 커다란 나무 잎을 잘 살펴보면 애벌레가 나뭇잎 속에서 부화하는 과정을 볼 수 있다.

- **초지지구**

인간이 생활하는 생활환경 주변에 어떤 식물과 동물이 있는지를 관찰할 수 있는 곳이다. 초가집과 텁밭 그리고 퇴비장, 돌담 등과 작은 개울에 이름모를 물고기가 왔다갔다하는 모습을 지켜볼 수 있다. 텁밭에는 수박이 열리는 모습과 호박, 고추 그리고 여러 식물들도 자라고 있다.

- **저수보지구**

연못에서 살아가는 식물과 동물을 관찰하는 곳



〈애벌레 부화장면〉 〈초가집과 텁밭〉 〈저수보지구 연못〉 〈히카리가오카 조류보호공원〉

④ 일본 동경도 히카리가오카(光ヶ丘) 조류보호공원

6천m² 면적의 연못과 호안습지, 초지, 차단림을 배치하여 야생조류와 동물들이 안심하고 살 수 있는 공간으로 조성하였고, 새들의 서식환경을 관찰할 수 있도록 하였다. 수변의 모래, 자갈로 조성된 지역이 초지식물 유입에 의하여 초지로 천이 억제를 위하여 매년 제초하여 모래 땅으로 유지되도록 보호하고 있다.

조성계획시 목표조류 15종을 설정하였으며 2년간은 큰 효과를 보지 못하였으나 조성후 3년후부터 월동기에 오리류 11종이 조사되는 등 개체수가 매년 증가하고 있으며, 계속적인 조사와 환경관리가 이루어지고 있다.

⑤ 인천 해양생태공원

소금생산 과정과 갯벌 자연생태계를 둘러볼 수 있도록 되어 있는데, 특히 천일염을 생산할 수 있는 소금생산시설, 자연학습장, 조류관찰장, 갯벌체험장, 꽃길 등이 조성되어 있다.



〈자연학습장〉 〈염생식물군락〉 〈갯벌체험〉 〈염전학습장〉

⑥ 지역생태공원

국립공원 등과 같이 자연환경이 풍부한 지역을 철저한 보존·보호 및 관리하는 시스템을 확립하고, 최소한의 인위적 영향하에 이용하는 방법 모색 다양한 자연생태계들을 분류/관리, 자연생태계의 관찰을 주제하는 생태관광(Eco-tour)이 발달, 인간간섭의 최소화를 위한 통제와 환경해설가의 도입으로 다양한 자연체험기회를 제공

⑥ 생태공원으로의 접근방법

- 생태공원의 조성은 도시외부의 건강한 자연지역과 도시내부의 점적인 생물 서식공간들과의 연

- 결체계 구축이 선행되어야 하며, 전체 체계속에서 개별 생태공원의 역할이 분담되어야 한다.
- 주제가 있는 생태공원으로의 발전
모든 것을 체험하고 경험 할 수 있는 공간 및 시설들이 “주제”를 가지고 연속적인 경험을 할 수 있는 공원으로 조성하여 공원의 활력과 이용자의 적극적인 공간으로 활용해야 한다.

다. 계획기법

① 개념

자연관찰 및 학습을 위하여 공원녹지를 생태적으로 보전·복원하며, 이용자들이 식물·동물·곤충들이 자연환경속에서 성장·활동하는 모습을 관찰할 수 있도록 조성한 공원이 되도록 계획

② 생태공원내 도입기능

- 다양한 소생물권 형성
생물유기체가 비교적 안정한 상태로 살아가는 장소로 국지적 환경 변화에 의한 다양한 소생물권 서식을 유도한다.
- 서식처 보호
다양한 소생물권들이 네트워크를 형성하여 생태적으로 안정될 수 있도록 일정지역을 보호, 관리하며 서식생물종의 번식 및 생활환경을 보호함으로서 생태적으로 건강한 공간을 조성한다.
- 자연관찰 활동공간의 제공
생태적으로 안정된 장소에서 자연환경시스템을 관찰, 학습할 수 있는 공간으로서 다양한 생물들이 서식하고 있기 때문에 생태적 교란을 일으키지 않도록 제한된 관찰기회를 제공토록 한다.
- 정보제공 및 해설
모니터링에 의한 관찰결과, 생태공원에 대한 정확한 내용전달 등을 위한 자료를 축적하여 학습, 이해증진을 위한 자연 생태계 해설기능을 가진다.
- 자연복원 연구 및 전파
훼손된 생태계의 복원방법, 기술, 연구 등의 학술적 작업으로 생태공원 조성시 소재 공급자로서의 역할을 한다.

〈생태공원내 도입요소 및 기능〉

주요시설	도입요소 및 시설	관찰내용 및 기능
중심 시설 지역	열린광장	간이휴게, 자전거 보관소, 생태주제관련 이벤트
	Visitor center	안내/관리공간, 교육공간, 전시공간 (나비원, 어류수족관)
	야외전시 및 관찰	야외강의장, 야외전시대, 야외관찰대
	임시탐방객안내소 (1층, 통나무구조)	교육공간(30m ²), 팜플렛, 안내데스크, 전시공간(판넬, 모형)
	주차, 관리통제	잔디블럭포장
생물 서식 지역	습지조성	습지식물, 수서곤충, 어류, 개구리, 잠자리
	관찰동선	관찰 및 강의용 Deck 설치
	저수보	하부습지에 지속적 물 공급, 지하수 및 지표수 저장, 호소관련 서식 생물도입 (진흙뻘, 담수어류, 경계부 갈대 및 줄풀군락, 통나무말뚝, 수중섬 및 물고기집, 어류산란시설), 저수보내 물오염 방지계획(물순환, 생물서식에 의한 자연정화유도)

	조류관찰대	서식처 환경보호 및 관찰(망원경)
		목책(조류보호를 위한 대나무밭 설치)
	전생초지	나지서식환경 도입, 전원농가형(초가, 웜집, 석축, 장작더미, 채원, 인공벌통 등), 자연환경(돌무덤, 나무무더기, 토양멀칭지역, 덤불 등)
	자연탐방로	음지성 야생초화원, 음지성 화목류, 버섯재배대, 임간곤충, 양치류, 우드칩 관찰동선, 토사유출 및 토양침식방지

③ 생태공원의 일반적인 계획기법

- 지구내 공원별로 특색을 지니고 서로 특화된 서식환경을 그대로 유지하도록 하되, 구릉위주의 공원, 평지위주의 공원, 하천못 위주의 공원 등으로 차별화하여 조성
- 못·구릉지에 계획된 공원의 경우 평지위주의 지반계획에서 벗어나 자연의 구릉을 살릴 수 있도록 운동장, 놀이터 등의 최소 시설부지만 평지로 계획하고 나머지는 자연지형대로 조성
- 전체를 단일 평지나 평균기울기의 비탈면 등으로 처리하지 말고 원지형을 살리면서 최소의 시설부지(놀이터공간, 운동공간 등)만 평지로 계획
- 원형보존으로 계획되었거나 단지내의 수공간으로 활용가능한 저습지, 못, 하천 등은 자연지형을 최대한 살릴 수 있도록 하고 주변부지의 절성토를 최소화한다.

④ 생태공원의 조성방향 및 도입공간별 계획방법

① 조성방향

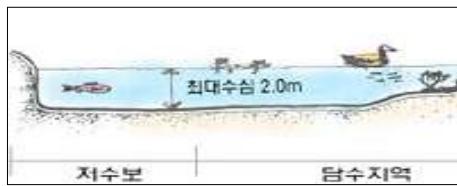
- 종다양성 극대화로 자생력 있는 생태계 유지
- 건전한 생물서식공간 조성
- 대표적 생태테마 설정
- 야생초화, 개구리, 잠자리, 나비, 매미, 메뚜기

② 도입공간

- 생물서식처의 관찰, 학습의 장소 - 탐방로, 관찰데크, 간이 학습장
- 다양한 소생물권 조성 - 저수보, 습지, 초지, 산림
- 산(숲)
 - a. 넓은 숲을 보존(조성)하며 생태계 질서를 조기에 구현시키기 위한 생태적 배식 기법 도입
 - b. 직선로 대신 자연지형에 순응한 굽은 산책로로 설계한다
 - c. 보존지 주변의 지피식재시 일률적인 잔디식재에서 벗어나 들풀이 자라도록 고려한다
- 들(초지)
 - a. 넓은 들 또는 녹지공간을 주요 서식처로 조성한다
 - b. 인위적 형태나 인공적 마감자재를 배제한다
 - c. 잔디밭 대신 들풀이 자라도록 하는 등의 자연적인 설계기법을 도입
- 못(습지)
 - a. 저습지 등에 못, 자연형 하천을 조성한다
 - b. 직선 등의 인위적 형태나 콘크리트 등의 인위적 마감자재를 피하고 자갈과 진흙 바닥, 자연석 호안 등 자연적인 소재를 사용토록 한다
 - c. 수변에는 부들, 봇꽃, 갈대 등 수생식물로 자연스럽게 배식

④ 계획방법

- 저수보(수공간)
 - 전체 공원지구에 사용되는 물을 확보하기 위한 저수시설 호소와 관련된 생물들의 생태적 안정과 활동을 위한 서식환경 조성
 - 저수보내 환경별 생물서식처 조성(어류, 조류)
 - 담수내에는 호소서식어류의 영역성 (은어와 피라미)을 감안하여 조성하고 저수보내 수중섬을 설치
 - 도입생물요소로는 담수내 서식 자생어류 및 자라, 남생이, 민물새우, 플랑크톤 등 어류와 먹이생물
 - 어류 서식을 위한 고기집 조성 및 다양한 어류산란시설 도입



〈저수보 단면〉

- 물가주변에는 조수보 경계부를 구성하고 있는 다양한 서식환경 조성하고 식생군락지, 모래밭, 자갈밭 등 조성
- 물가지역의 도입생물요소와 호소에서 생활하는 조류도입은 인위적으로 조절이 불가하므로 조류 유인시설 (통나무말뚝, 식생군락지, 자갈밭 등)을 조성후 자연적인 유도와 나무말뚝, 갈대 및 줄풀 군락지를 조성한다.
- 공원 개장후, 조류 서식이 모니터링에 의해 확인이 되면 조류 보호시설 (조류관찰대, 및 시각차단시설)을 추가 설치

• 산림

- 자연관찰로를 따라서 환경조건에 맞는 양지성, 음지성의 우리 꽃이 잘 조화를 이루도록 하고, 토양생물의 유인을 위한 인공수액 공급대, 표고버섯 재배대, 새집, 조류먹이 공급대 등을 설치한다. 또한 기존산림에 접한 주변부에는 자연적인 식생을 도입
- 인공식재에 의한 인위적 삼림(아카시아 나무군집) 지역내에서 자연삼림으로의 천이과정에 있는 기존 삼림 내 생물서식 환경의 전시, 관찰과 식생훼손지의 인위적인 복원
- 자연적인 상태에서의 천이과정과 인위적 관리에 의한 자연상태 복원환경 비교할 수 있는 공간, 기존의 식생환경과 아카시나무, 서양등골나물 등 외래종을 제거하고 자연식생만을 유지하는 지역 등
- 수관구조별로 인위적 조절에 의해 다양한 공간을 조성하고 각 공간들을 관찰로(기존등산로)변에 나열식으로 전개함
- 수관구조에 의해 층위별 식생이 잘 발달된 기존 식생지역에 자연상태에서의 천이과정 도입하고 인위적 관리지역에는 외래수종을 제거하여 인위적 천이유도
- 식생훼손지의 교목층 존재지역에는 음지성 초본류 조성(양치류원)
- 아교목 및 관목이 발달하지 않은 지역에는 기존의 고사목 등을 방치하고 지층면에 멀치재료를 포설하여 벼섯 및 삼림, 곤충원 조성



〈산림지역내의 관찰데크〉

• 초지

- 인간의 정주환경 주변과 나지에서 초지 천이단계의 선구수종이 이루어내는 환경내에서 활동하는 생물서식환경 조성
- 다양한 생물환경요소의 도입으로 다양성 추구
- 완만한 구릉성 초지와 물웅덩이 모래밭, 배후 관목지 등이 있는 자연형 초지환경 조성
- 나지성 1차도입 식물은 경운으로 자연유도
- 배후 덤불숲은 초지서식 생물서식처와 식이식물지로 조성
- 인간의 정주환경이 만들어내는 공간에서 인간의 활동이 정지되어 자연 초지로의 환경변화에 따른 생물들의 활동을 관찰가능
- 비류, 설치류, 파충류, 초지곤충, 토양곤충 다양한 생물서식 등
- 비교적 인간의 환경에 적응성이 강한 동물의 인공환경시설에서의 적응력 관찰
- 초가, 웜집, 돌담, 석축, 장작더미, 박쥐집, 퇴비장 등의 생물서식환경

• 관찰시설

교육 및 정보제공을 위한 텅방객안내소, 야외전시대, 야외강의장, 파고라, 공원내 생물서식지 역을 한눈에 볼 수 있는 야외관찰대 등을 설치. 관찰을 하기에 앞서 생태공원에 대한 정보와 관찰방법 등을 사전에 학습하는 공간으로 활용

- 임시안내소는 30평 규모의 이동 가능한 통나무집으로 계획하여 관리의 효율성 증진
- 생물서식처 관찰전에 사전교육 및 강의를 할 수 있는 옥외공간 조성
- 바닥포장은 투수성재료를 사용하여 조성
- 데크를 이용하여 자연스러운 관찰동선을 유도



〈야외관찰대〉



〈관찰데크〉

(2) 녹지

가. 개념

녹지는 도시지역 안에서 자연환경을 보전하거나 개선하고, 공해나 재해를 방지함으로써 도시경관의 향상을 도모하기 위하여 『국토의 계획 및 이용에 관한 법률』에 의하여 설치하는 것으로 녹지의 유형은 그 설치목적에 따라 완충녹지와 경관녹지 및 연결녹지로 구분된다.

나. 녹지의 종류

① 완충녹지

대기오염, 소음, 진동, 먼지, 악취 기타 이에 준하는 공해와 각종 사고나 자연재해 기타 이에 준하는 재해 등을 방지를 위하여 공장이나 사업장, 고속도로, 철도, 도로, 하천변 등에 주로 선적으로 설치하는 녹지

- 하천의 보호 및 경관조성

- 교통시설에서 발생하는 제반공해의 방지
- 공업 또는 사업장 등에서 발생하는 제반공해의 차단, 완화

② 경관녹지

도시의 자연적 환경을 보전하거나 이를 개선하고 이미 자연이 훼손된 지역을 복원·개선함으로써 도시경관을 향상하기 위하여 설치하는 녹지



〈도로변 완충녹지〉



〈일산 경의로변 경관녹지〉

③ 연결녹지

도시안의 공원·하천·산지 등을 유기적으로 연결하고 도시민에게 산책공간의 역할을 하는 등 여가·휴식을 제공하는 선형(線型)의 녹지

다. 녹지계획 기준

- 녹지는 기존 수림지가 양호하고, 경관이 수려한 지역을 보강할 수 있는 위치에 설치한다.
- 완충녹지는 그 설치목적을 판단한 이후에 적정입지를 결정하되 경우에 따라 가로공원, 잔디광장 등으로 다목적 이용이 가능하도록 계획한다.
- 단독주택지변에 완충녹지를 설치할 경우 녹지의 훼손 방지 및 이용의 활성화를 위하여 가급적 이면도로를 설치하는 것이 바람직하다.
- 계획대상지의 지형이나 수립대를 적극적으로 이용하여 계획하되 소음발생 지역의 방음을 위한 시설녹지의 조성시에는 절·성토작업을 통하여 그 효과가 극대화 되도록 한다.
- 녹지의 경계는 가급적 식별이 명확한 지형, 지물을 이용하거나 주변의 토지이용에 있어서 확실히 구별되는 위치로 정하는 것이 좋다.
- 연결녹지는 일상생활의 동선이 연결되도록 하기 위하여 설치하는 것으로 비교적 규모가 큰 숲이나 이어지는 하천을 따라 조성되는 상징적인 녹지축 혹은 생태통로가 되도록 하고, 산책 및 휴식을 위한 소규모 가로(街路)공원이 되도록 한다.

라. 유형별 완충녹지 계획

① 철도 및 도로 유형별 완충녹지

- 일반기준
 - 도로에서 발생되는 소음 대기오염에 대응하기 위해 적정 거리를 이격하거나 완충녹지대 및 시설물을 설치함.
 - 완충녹지대는 되도록 마운딩 처리를 하며, 부득이한 경우 방음벽 등 시설물 등을 병행하여 설치함으로서 소음 및 대기오염 저감의 효율성을 높이도록 함
 - 도로변에 학교용지가 근접해 있을 경우 적정 거리를 이격하거나 녹지대를 조성하여 도로소음으로 인한 교내활동에 지장을 주지 않도록 함.

- 방음벽을 설치할 경우 경관을 해치지 않는 소재를 사용하며, 식생의 서식이 가능한 방음벽을 고려함
- 확보기준

〈도로유형별 완충녹지 확보기준〉

구분		완충녹지
철도변		30~70m 이상 확보 녹화면적율 : 80% 이상
고속도로변		20~60m 이상 확보 녹화면적율 : 80% 이상
도로변	8차선이상 (주간선도로 : 광로·대로)인 경우	20m 이상 확보
	주간선도로(광로·대로) 6차선 경우	15m 이상 확보
	보조간선도로(대로·중로) 4차선 경우	10m 이상 확보
	보조간선도로(20~30m) 양측은	5m 이상 확보

② 학교용지와 도로변사이의 완충녹지대 확보

• 일반적 원칙

- 도로변에서 발생하는 소음 등의 오염원을 차단시키기 위해 일정거리를 이격시키거나 완충 녹지대를 확보하도록 함
- 도로변 녹지대는 소음저감에 효율적인 식재를 선정하도록 하며, 도로변에 접한 주거용지보다 녹지량이 많은 입체적(교목+관목) 식재를 계획하도록 함.
- 녹지대는 경관 및 학교내 생활의 안전을 위해 되도록 마운딩치리를 하도록 함.
- 학교내 녹지는 꽃나무, 유실수 등을 통하여 학교 경관의 향상과 교육적인 측면을 고려하여 식재하도록 함
- 확보기준

〈학교용지와 도로변사이의 녹지대 확보기준〉

구 분		확보기준	
		하한	적정
8차선 도로	학교용지+완충녹지+도로	40m 이상	60m 이상
	학교용지+완충녹지(마운딩)+도로	15m 이상	20m 이상
	학교용지+완충녹지(마운딩+방음벽)+도로	10m 이상	15m 이상
6차선 도로	학교용지+완충녹지+도로	30m 이상	50m 이상
	학교용지+완충녹지(마운딩)+도로	10m 이상	15m 이상
4차선 도로	학교용지+완충녹지+도로	20m 이상	40m 이상
	학교용지+완충녹지(마운딩)+도로	10m 이상	15m 이상

③ 주거용지와 학교 및 공장용지사이의 녹지대 확보

• 일반적 원칙

- 학교용지와 주거용지 사이의 녹지대 확보는 학교 주변의 녹화와 지구내 비오텁조성 및 녹지네트워크의 차원에서 필요하며, 5~20m 이상 확보하도록 함

- 주민이 쉽게 접근할 수 있는 지역은 꽃나무, 유실수 등으로 경관을 조성하거나 휴식장소로 이용할 수 있도록 함.
- 공장용지와 근접한 주거용지는 일정거리를 이격하거나 적정 완충녹지대 확보 및 시설물을 설치하여 소음, 대기오염 등 공장용지로부터의 환경오염요인을 제거하도록 함.
- 공장용지와 근접한 주거용지 지역은 소음 및 시각적으로 그 기능에 지장을 받지 않는 시설을 입지시키는 등 토지이용 및 배치기법을 통하여 저감할 수 있도록 계획함

〈주거용지와 학교, 공장용지 사이의 확보기준〉

구분	확보기준	
	하한	적정
주거용지-학교용지	5m 이상	20m 이상
주거용지-공장용지	10m 이상	50m 이상

④ 혐오시설에 대한 적정 완충녹지대(차폐식재) 확보

- 일반적 원칙

- 사업지구와 공장, 폐기물처리장 등 시각적으로나 대기환경에 유해한 시설이 인접해 있을 경우 일정거리를 이격시키거나 완충녹지를 설치하여 오염원을 줄이도록 함
- 혐오시설에 대한 시각적인 차폐를 위해 조성되는 완충녹지의 녹화면적률을 줄이도록 함
※ 녹화면적률 = (녹화면적/녹지대면적)*100
- 시각적 차폐를 위한 녹지대에는 계절적 변화에 따른 차폐효과가 변화하므로 가능한 상록수종을 식재하여 녹시율을 높이고, 또한 임체저(교목+관목)인 식재를 통하여 밀도를 높임
※ 녹시율 : 녹지량을 시각적으로 파악하는 방법으로 특정장소에 있어서 눈에 보이는 녹지율 총량을 말함
- 대지오염 유발시설과 인접한 지역은 되도록 정화력이 좋은 수목을 식재하도록 함

〈혐오시설에 대한 확보기준〉

구 분	확 보 기 준
이격거리	20~100m 이상을 이격하도록 함
완충녹지대	30~50m 이상을 완충녹지대로 조성함
녹화면적률	70~90%를 확보함

※ 공장용지와 인접해 있을 경우 공장규모가 300만m² 이상인 경우 완충녹지대 50m 이상, 300만m² 미하인 경우 30m 이상 확보함

⑤ 하천변 적정 녹지대 확보

- 일반적 원칙

- 하천정비는 자연형하천정비를 원칙으로 하며, 또한 주민들의 여가활동공간과 방재의 기능을 동시에 부여할 수 있도록 계획함.
- 자연생태계 및 자연경관을 보전과 동시에 주민들의 적극적인 이용을 도모할 수 있도록 함.
- 운동시설, 위락시설 등 인공시설물과 조화를 이루도록 하며, 자연환경이 뛰어난 부분에 대해서는 자연적 위락시설, 문화시설도 고려하여 계획함.

〈하천변 확보기준〉

구 분	확 보 기 준	
	하 한	적 정
하천변 양안에 대한 녹지대 확보의 적정성	10m 이상	30m 이상
하상폭 1~2m	식생폭(좌우)	2m 이상
	식피율	40% 이상
하상폭 3~4m	식생폭(좌우)	4m 이상
	식피율	50% 이상

(3) 녹도 및 자전거도로**가. 녹도****① 녹도의 의의**

- 보행자의 안전, 보행의 쾌적성 확보
- 부족한 녹지면적의 증대
- 레크레이션 자원으로 활용
- 도시경관의 질 향상
- 소생물의 이동통로 및 서식처 제공

② 녹도의 구조

- 통행을 위해 수목의 지하고는 2.5m 이상 확보
- 보행로는 최소 1.5m(2인 통행기준), 일반적으로 3m 확보
- 기울기는 종단 기울기 8%, 횡단기울기 1~2%를 표준으로 한다

③ 녹도의 형태

- 자유롭고 아름다운 곡선으로 설계, 자연적으로 부드러운 감을 주도록 한다.
- 자전거 통행을 고려하여 안전시켜 확보
- 지형과 일치시킬 것
- 굴곡, 광장 등 시각적 변화나 초점을 만든다.

④ 식재

- 향토수종을 식재한다.
- 지피, 관목, 종목, 교목의 다층적 식재
- 기존 수목을 이용한다.
- 자연적 수형과 크기를 가진 수종식재 : 친근감, 쾌적성 확보

⑤ 생태도시에서의 적용 원칙

- 보행자의 안전, 쾌적성 확보 등 자유롭고 아름다운 곡선으로 설계, 자연적이고 부드러운 느낌

- 을 주도록 하고, 자전거 통행을 고려하여 안전시거를 확보하고 지형과 일치시킬 것
- 공원 사이의 연결기능을 강화하여 전체적인 네트워크를 형성하기 위하여 필요한 시설로 일정 폭원의 선형 녹지공간으로 계획
 - 여유폭원을 확보하여 수목 등이 식재될 수 있는 양호한 식생 공간을 계획하여 녹화밀도를 높인다.
 - 여름에 짙은 녹음을 주고 겨울에 햇빛을 가리지 않는 지하고가 2미터 이상인 낙엽활엽수의 식재 및 식재거리는 경관을 고려하여 Identity를 갖도록 식재
 - 보행 및 자전거 통행의 결절지에 다양한 성격의 휴식공간이나 포켓파크를 설치
 - 포장 및 장의자 등의 휴식 및 편의시설의 설치
 - 공간별 특색있는 수목과 연계된 시설물, 포장, 조명 등으로 다른 공간으로의 자연스러운 흐름을 유도



〈녹도내부, 산책로〉 〈녹도내부 휴식시설〉 〈요코하마 유우비에 녹도〉 〈요코하마 사사부네 녹도〉

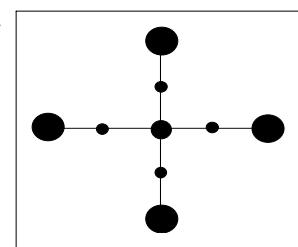
(4) 그린네트워크

가. 개념

그린네트워크(Green Network)란 야생동식물의 서식처 단편화를 방지하고 생태계보전과 생물다양성 증가를 위하여 주요한 산지 및 구릉지를 거점으로 하여 주위의 농지, 하천, 습지를 체계적으로 연결하는 것을 말한다.

이는 하천축이나 도로축 등의 도시축을 중심으로 녹지 및 생물자원을 유기적으로 연결할 수 있도록 구성하며 녹지를 중심으로 도시에 생물을 끌어들임으로서 자연에 접촉할 기회가 적은 도시민들에게 자연과 접할 수 있는 기회를 제공하는 역할도 한다.

- 큰 원 : 주요한 산지나 구릉지 등의 핵
- 중간 원 : 산, 습지 및 하천, 공원 등의 거점
- 작은 원 : 작은 산이나 호소, 정원, 가로수, 어린이 놀이터 등의 점



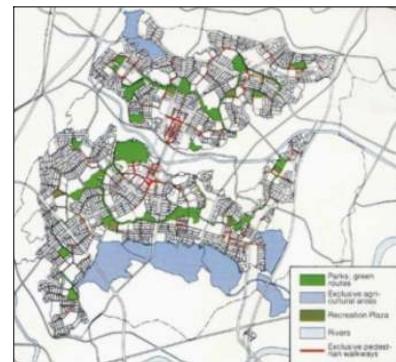
〈그린네트워크 개념도〉

나. 계획방향

- 규모가 크고 서로 연결되어 있는 오픈 스페이스는 우선적으로 보호한다
 - 규모가 크고 서로 연결되어 있는 오픈 스페이스의 생태적 기능과 종조성은 교란과 주변부 효과 때문에 작은 규모의 오픈 스페이스가 다수 연결된 것과는 다르다. 모든 식물과 동물은 개체군의 유지를 위해 비오톱 규모와 질에 대하여 필요로 하는 최소한의 요구를 가지고 있다. 동물 개체군의 유지를 위한 최소 면적은 일반적으로 식물 개체군의 유지를 위한 면적보다 크다. 개체군은 비오톱의 대부분이 심하게 변형되지 않는다 해도 길에 의한 최소 면적의 분리를 통하여 영향을 받을 수 있다. 예를 들어 베를린 도심의 큰 공원의 새의 종 수는 작은 공원보다 많다.

- 오픈 스페이스를 연결한다

- 식물과 동물 개체군에 대한 고립 효과를 줄이기 위해 선형 연결, 추가적인 오픈 스페이스에 의한 디딤돌 모자이크를 통해 오픈 스페이스는 서로 연결되어야 한다. 디딤돌은 자연보호의 의미에서 디딤돌이 위치함으로 인해서 두 인접한 서식지가 특정 거리 이상으로 멀어지지 않도록 하는 개발 가능한 오픈 스페이스로 이해될 수 있다. 생물종과 생물 군집의 다양성은 도시 내의 다양한 토지 이용을 통해 유지될 수가 있다.
- 도시의 생물종과 생물 군집은 특정한 토지 이용에 적응되어 있다. 도심에서 종 보호를 위한 공원, 공원묘지, 길, 철로, 수로, 오래된 공업지, 작은 정원, 도시 유휴지와 같은 지역 시스템이 보호되어야 한다.
- 공원녹지체계의 핵은 단지 중앙에 계획된 동산과 연못 등의 소생물권의 형태로서 실개천, 녹도, 보행자전용도로등 선(LINE)의 생태통로를 통해 각각의 단위 소생물권 즉 연못, 채원, 자연학습원, 과수원 등의 거점으로 연결하고 다음 이 거점 소생물권에서 각각의 휴게소, 중정공간, 놀이터, 운동장 등의 점 소생물권을 연결하여 공원녹지를 체계적으로 연결
- 단지내부 녹지체계는 인접 하천이나 구릉지를 이용하면 최적으로 단지와 단지의 녹지체계를 연결할 수 있으나, 단지외곽이 간선도로에 의해 단절될 경우에는 생물들이 이동할 수 있는 지하 생물이동터널이나 녹지육교회랑을 설치
- 핵(기존생태계, 근린공원, 생태공원)과 거점(공원)은 띠 모양으로 연결 계획함.
- 단지내 보행자도로, 녹도, 실개천, 녹지회랑을 차량동선에 단절되지 않도록 체계적으로 연계 조성함
- 녹지회랑은 3~12m 이상 설치함.
- 녹도내 보행로의 폭원은 1.5~8m로 설치토록 함.
- 주변 녹지대, 자연녹지, 공원, 고수부지, 제방 등과 유기적 연계하도록 계획함.



〈그린매트릭스시스템〉

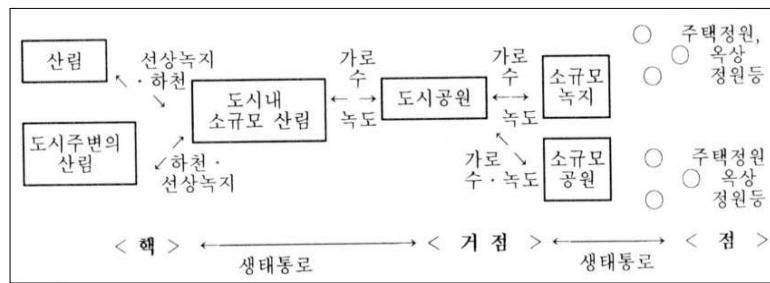
〈녹도, 녹지회랑의 기준〉

구 분	녹지회랑(보행자 전용도로 포함시)	녹도내 보행로 폭원
하한	3m(6m) 이상	1.5m 이상
기본	12m(15m) 이상	8m 이상

다. 도시지역(주택단지)에서의 그린네트워크

“생물과의 공생이 가능한 도시”를 기본개념으로 하는 도시그린네트워크는 산림과 도시주변의 산을 생물 종의 저장공간 또는 유전자의 공급원(Gene Pool)인 핵으로 하고, 도시 내 소규모 산, 도시공원, 농촌지역의 농장, 습지 등을 그린의 거점으로 하며, 도시 안의 선상녹지나 도시 안을 흐르는 선상의 하천을 선으로, 도시내의 정원, 옥상정원, 가로수, 화분 등을 점으로, 생태통로(Eco-Bridge, Eco-Corridor)화 하여 연계하는 것이다.

단지내 그린네트워크화 실현을 위한 기법으로 자연형하천, 습지 및 실개울 조성, 생태통로, 옥상녹화, 벽면녹화, 자연토양의 보전, 생태적녹화, 소생태계(비오톱), 생태연못, 생태공원 등의 방법이 있다.



〈도시에서의 그린네트워크의 개념도〉

〈그린네트워크 구성〉

구 분	구 상 안
핵 소생물권	녹지체계의 핵(Core)으로서 단지중앙에 인공산과 어류연못 소생물권의 형태로 단지 중앙 배치
거점 소생물권	핵소생물권을 기반으로 각각의 단위 소생물권, 연못, 채원, 자연학습원, 동물학습원, 약초원, 유실수원 등의 녹화공간을 핵을 둘러싸는 방사환상형으로 배치
점 소생물권	거점 소생물권을 기반으로 bird 테이블이나 bird bath, 혹은 옥상정원, 벽면녹화, 그리고 단지내 휴게소, 중정공간, 놀이터, 운동장 등의 녹화공간을 거점 비오톱으로 방사환상형으로 배치
선형 생물이동통로	생태통로생회랑, 실개천, 녹도, 보행자전용도로 등의 선으로 생태통로 배치
외부 생물이동통로	단지와 단지, 단지와 산림 및 하천생태계와 연결하는 생물이동통로로써 지하생물이 동터널이나 녹지육교회랑을 단지외곽으로 연결

라. 그린네트워크화 실현을 위한 기법

① 자연형하천

• 정의

자연형 하천이란 “하천을 정비하되 그 하천이 본래 지닌 자연성을 최대한 살리면서 정비한 하천”으로 기존의 아·치수 기능을 고려하되, 하천을 여러 오염원으로부터 보호하고 하천의 생태적 회복 및 인간의 삶의 질 향상을 위한 환경개선이 강조되어지며 궁극적으로 자연형 하천의 모델은 원래상태의 자연하천이다.

• 하천구역내 식재 (하천법 제33조, 시행령 제25조)

하천구역내 하천환경기능 제고를 위하여 잔디, 1년생식물과 건교부장관이 관계행정기관의 장과 협의하여 정하는 기준에 적합한 다년생 수목 및 화훼류에 대하여 관리청의 허가를 득하여 식재할 수 있다.

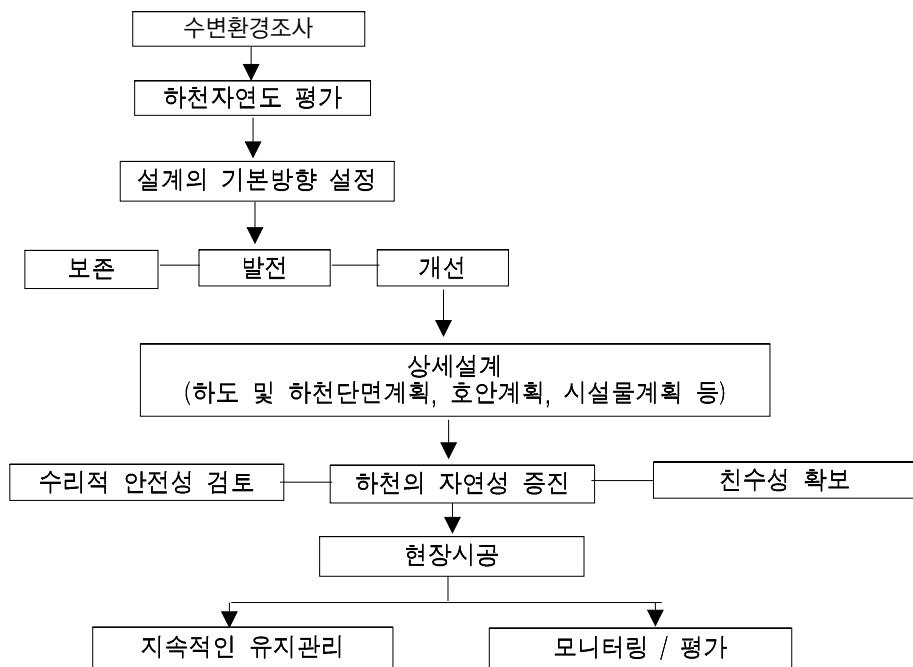
• 자연형 하천 조성목적

- 풍부한 자연과 친근한 장소를 제공하는 오픈스페이스 조성으로 하천경관의 보전과 재생에 대한 중요성을 인식시키는 공간 계획
- 주택단지 조성으로 인한 하천의 건전화와 유지용수 부족과 이에 따른 하천오염을 방지
- 하천동식물의 서식지를 마련하고, 이에 따른 접적인 의미의 생태적 연결고리(Ecological Network)를 마련

• 자연형 하천 계획방향

- 치수성을 확보하는 안전한 하천

- 종다양성을 유도하는 하천
 - 최소유량의 유지로 살아있는 하천
 - 수질정화에 유리한 하천
 - 저수로의 사행화, 다양한 식생호안을 통하여 수질정화, 설계구간 상류에 간이 수질정화시설 설치 등
 - 친수성 및 경관성을 확보하는 쾌적한 환경의 조성
 - 생활적으로 여유를 가질 수 있고 안락함과 친근함을 제공하는 휴식공간 조성
- 자연형 하천의 조성계획
- 자연형 하천 설계 과정



- 하도 및 하천계획

a. 하도계획

저수로의 형상은 자연상태의 하도유형을 모방 계획하여 갈수기에 생물들의 생존 및 성장을 안정적으로 유도할 수 있으며, 하도를 사행시켜 유속을 감소시키고, 물과 토양, 생물이 접하는 시간과 면적을 많이 하여 자연정화의 기회를 증대시킨다.

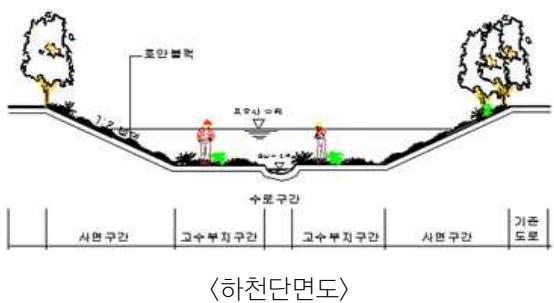
b. 하도조성기법

자연하천에 대한 분석에서 나온 자연하천의 사행파장과 하천폭의 연관관계, 사행하도의 곡률반경과 하폭의 비를 기준으로 하도의 유형을 결정한다.

$$r(\text{곡률반경}) / B(\text{하폭}) = 2.0 \sim 4.0$$

- 하천단면계획

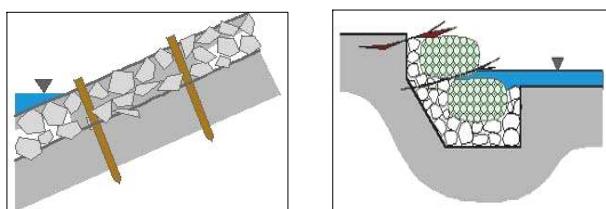
- 일반적으로 하천의 단면형태는 평균풍수량(MHQ)과 평균갈수량(MLQ)의 비가 20:1 미만인 경우 복단면을 선택하지 않아도 된다. 그러나 소하천의 유량이 극히 적은 경우 일정한 수심의 유지를 위해 저수로를 포함한 복단면의 구조를 취해야 한다.
- 계획홍수량에 따라 하폭과 계획홍수위를 산정, 전반적인 단면의 규모가 결정됨으로써 하천의 수리안정성을 확보할 수 있다.



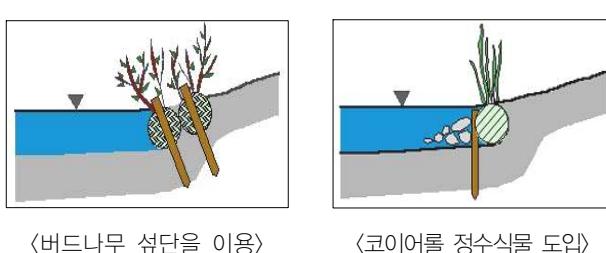
- 호안계획

저수로의 호안은 유로를 고정하고 제방과 같은 하천시설을 세굴로부터 보호하기 위하여 설치하는 것으로, 자연형하천의 조성에는 콘크리트 호안공법을 대체할 수 있는 호안의 재료로 다공성 재질을 사용하고 식생을 도입하여 하안의 추이대 기능을 회복시켜 하천생태계의 역동성을 회복시킨다

a. 산지형 하천의 상·중류 및 평지하천의 상류



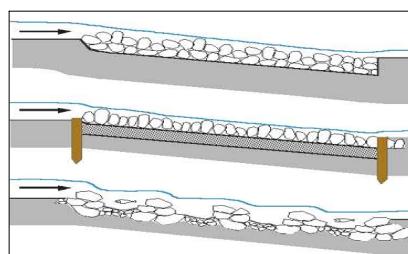
b. 평지하천의 중하류 및 산지하천의 하류



- 시설물 계획

a. 경사식 낙차공

홍수기에도 수리적으로 안전하며 수질정화효과 또한 기대해 볼 수 있는 시설물로서, 어류 등 수중생물들이 상하류를 왕복할 수 있는 통로의 역할을 한다는 점에서 기존의 낙차공과 다르다.



〈경사식 낙차공의 여러가지 형태〉

b. 생태수제

유속이 급한 지역에 하안을 보호하기 위하여 설치하는 하천구조물로서, 기존의 무생물 소재가 아닌 살아 있는 소재를 이용한 생태수제를 적용한다.

c. 징검다리

현장에서 구하기 쉬운 자연석을 적절히 배치하여 이곳을 지나는 사람들이 하천에 가까이 접근할 수 있도록 한다.

d. 데크

하천에 가까이 접근하여 조망할 수 있는 시설이면서도 주변식생에 대한 침해를 최소화할 수 있는 시설물로서 비교적 유속이 약한 하류지역에 배치한다.



〈자연석을 이용한 징검다리〉



〈하천하류지역의 데크〉

– 유지관리계획

규칙적인 관찰과 관리를 통하여 하천의 유량은 물론 하안의 상태가 최적으로 유지되도록 해야 한다.

- a. 불규칙적인 관리 : 예기치 못한 침식이나 퇴적으로 인하여 치수상의 문제가 발생한 경우.
- b. 규칙적인 관리 : 제초, 시비, 보식, 재식재, 전정, 예초작업

– 모니터링 계획

자연형하천 시공구간의 생태적, 물리적 변화 과정과 수리적 안정성을 관찰하고, 이를 보존 하도록 정비방식의 하천구간과 비교·평가한다.

- a. 불규칙적인 모니터링 : 홍수 등으로 인하여 하도 및 하상이 급격히 변화한 경우
- b. 규칙적인 모니터링 : 일반적인 상황하에서의 변화를 관찰하는 것으로 매번 같은 빈도로 측정

② 실개울

실개울의 조성은 생활 가까이에서 접할 수 있는 수변공간을 조성하여 물과 녹지의 유기적 네트워크를 형성하는데 의의가 있다. 수로는 방화띠나 우수저류 공간으로써 재해방지 설비로 기능을 부여할 수 있으며 하천의 이·치수 기능이 없으므로 환경조성하천으로 분류될 수 있다.

• 대상지 선정기준

- 지역의 물리적, 사회적, 경제적 생물학적 요소의 종합적 고려
- 유지수량, 수질 확보가 가능할 것
- 수리, 수문상 안전할 것
- 어린이 등 이용자의 안전을 고려할 때 경사가 완만할 것
- 자연발생적인 생태계와의 연계가 가능할 것
- 친수활동을 위한 주민들의 접근이 양호할 것

• 대상가능지

- 산지에서 흘러내리는 작은 개울

- 일정 유량을 지닌 구거
- 단지내 우수관로
- 저수지, 저류지, 연못 등을 발원으로 유하하는 수로
- 기타 수원지 또는 강제순환방식에 의한 일정한 유량 및 수질확보가 가능한 곳으로서 단지의 경관계획상 필요한 곳
- **실개울 유지 수량확보방안**
 - 실개울의 유지 수량확보를 위해 지역 내의 우수침투시설, 저류시설, 오수정화시설, 중수시설 등을 활용할 수 있으며, 수문자료 분석결과 상류유역 자체 수자원의 개발만으로 일정수량을 지속적으로 방류 키 어려울 경우
 - 함양지 등의 설치로 상류유역 자체 수자원의 개발
 - 하류 잉여수량 도수
 - 지하수 개발 : 지하수공 개발 및 가압장, 송수관로 설치
 - 타수계로부터 유로를 변경하여 공급 등의 방법을 비교 활용할 수 있다.
- **계획방안**
 - 기존수로 또는 수원으로부터 띠형으로 계획하되 단지내 보행자전용도로 또는 완충녹지 등을 활용하여 하천 등과 연계함으로써 생태 코리더(Corriodor)를 형성할 수 있도록 한다.
 - 실개울 유형은 식생 등을 활용한 자연형, 목재와 석재 등을 활용한 인공형과 혼합형으로 구분 될 수 있으며, 실개울 주변 토지이용상황에 따라 적절히 선정한다.



〈단지내 실개울〉

③ 생태통로(야생동물 이동통로)

- **개념**

도로, 댐, 수중보, 하구언 등으로 인하여 야생 동식물의 서식지가 단절되거나 훼손 파손되는 것을 방지하고, 야생동·식물의 이동을 돋기 위하여 설치되는 인공구조물로써 식생 등의 생태적공간(자연환경보전법 제2조) 즉, 규모나 성격이 상이하고, 인위적 장애에 의해 서로 떨어져 있는 비오톱을 유기적으로 연결하는 것이다.
- **설치방법**
 - 위치결정시 고려사항
 - A. 주요대상 동물 파악
 - a. 업대상지의 우점동물 파악 : 특정종을 위하여 이동통로를 설치하는 경우 사업지역에 나타난 다른 종은 참고사항으로 활용
 - b. 자연환경보전법 제2조 및 제3조에 규정된 동물은 특정종을 위한 이동통로 설치사업의 경우에도 보전방안 강구 필요
 - c. 주요대상 동물의 서식지 특성 파악 : 기존 이동로의 특징, 선호하는 먹이, 서식지 특성 및 행동권 혹은 세력권
 - B. 기존 이동로 파악
 - a. 기존 이동로의 위치 및 개수 조사
 - b. 기존 이동로를 이용한 흔적이 있는 종 파악 : 자연적인 훼손가능성(산사태, 식물피복 등), 사업 시행에 의한 훼손 가능성, 인간의 간섭 여부(사람 통행, 주변 도로 등)

C. 주변부와의 연결방안 고려

- a. 주변 서식지와의 생태적 연속성 검토 : 내부서식지(core)가 주변서식지(edge)보다 큰 곳, 연결시 전체적인 서식지 네트워크 형성 및 생태적 연속성유지 가능 여부, 연결 서식지 중간의 징검돌생태계(Stepping Stone)존재 여부, 기존 이동로와의 연결 가능성, 국.공립공원 또는 생태보존지역과의 연결여부
- b. 동물 이동의 장애물 존재여부 및 제거 가능성 : 서식지 내부에 인간 왕래 도로가 없거나 있는 경우 폐쇄가 가능한지 여부, 직선으로 연결 가능 여부, 연결 서식지간 이동 방해 장애물이 없거나 제거가 가능한 곳
- c. 주변 서식지의 토지소유권 파악

D. 개발계획 및 경관생태학적분석 필요

- a. 향후 주변지역의 개발계획, 특히 주변지역이 도시화할 경우 도로 및 택지개발사업 시행계획 파악 필요
- b. GIS기법을 이용한 경관생태학적 기능 평가를 통하여 여러개의 통로를 설치하여 종합적 생태계 복원 시도

- 크기결정시 고려사항

A. 주요 대상동물의 특성고려

- a. 기존 이동로 특성 파악, 연결대상 서식지간 거리는 가능한 짧고, 직선을 유지, 주요 대상 동물종의 먹이종이 서식 가능하여야 함
- b. 통로안에 서식하는 특성을 지닌 종의 경우 이들의 서식이 가능한 크기여야 함
- c. 통로의 길이가 길수록 폭은 넓게

B. 주변부처리

- a. 통로 주변에 동물들이 자연스럽게 접근하도록 식재 등 처리가 가능한 공간이 있어야 함

C. 외부영향

- a. 장마, 홍수, 토사 유출 등에 대한 대비
- b. 외래종 이입을 가능한 회피
- c. 기타 외부 영향(소음, 빛, 약탈종 등)의 최소화

- 설치시 일반적 고려사항

A. 생태적 연속성 유지

- a. 주변생태계와 유사한 식물의 식재 혹은 주변 종의 적극적인 유지방안 마련
- b. 주변지형을 고려한 이동통로 설치 등을 통하여 주변 서식지 특성과 조화
- c. 또한 기존 동물 이동로와의 연계방안 고려

B. 외부 간섭 차단 : 통로 은폐

- a. 인접도로에서 발생하는 소음 및 진동 차단을 위한 조치 필요
- b. 시각적 교란 방지 : 자동차 혹은 기타 건물의 불빛 차단

C. 보조치설 설치

- a. 과속방지턱, 노면처리, 동물 출현 표지판 등 주로 차량에 의한 동물 피해를 최소화하기 위한 수단으로써, 이동통로만으로는 달성하기 어려운 부분에 대한 보완

- 유형

A. 선형통로(녹지축)

- a. 일명 선형서식지라고도하며, 야생동물의 평면적 이동이 가능
- b. 서식지들을 직선으로 연결하거나 짜투리 서식지를 연결
- c. 녹지축의 유지, 구성 식물조성은 일률적이지는 않으며 주변 토지이용에 따라 영향

d. 도로변에 교목을 식재하여 조류가 교목의 높이보다 높게 날도록 함으로써 조류보호를 위한 식재 방법도 이용 가능

e. 녹도형 보행자도로나 녹도형 자전거도로 등 단지내 도로를 생태적으로 구성

f. 종류 : 생울타리(Hedgerow),

방풍림(Shelterbelt) 등

B. 육교형통로

a. 차도나 구조물 등의 장애가 불가피할 경우 동식물의 상호이입 또는 이동이 차단되지 않도록 공간적으로 연결

b. 절단된 절개지가 깊을 경우 혹은 산등성이 고산지대가 단절되어 동물이동이 극히 어려운 곳에 설치하는 교량구조로된 이동통로

c. 절개면이 많이 발생하는 경우 환경친화적인 사면녹화 및 안정화방안을 이용하여 절개지를 복구하는 방안을 동시에 시행

d. 주로 중, 대형 동물 대상이지만 설치 후 소형동물도 이용가능

e. 공사비가 고가이기 때문에 넓은 면적의 보호구역이 단절되거나 생태적 가치가 우수하여 설치의 필요성이 높은 지역에 주로 적용

f. 종류 : Ecoduct, Overbridge 등



〈육교형 생태통로1〉



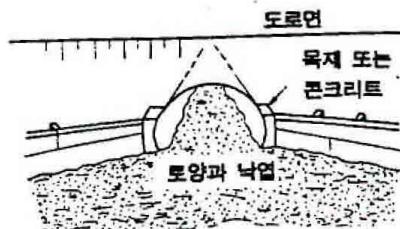
〈육교형 생태통로2〉

C. 터널형통로

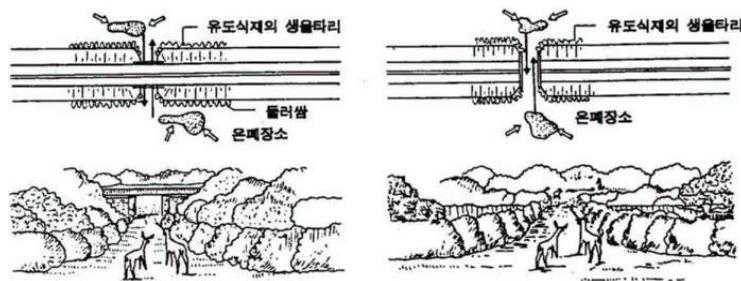
a. 농수로, 늪지, 개울 등을 도로가 통과하는 경우 설치되는 통로로서 소동물의 이동이 많은 지역에 골짜기를 따라 연결하는 것이 효과적

b. 통로의 위치와 모양에 따라 통로박스(box), 암거(culvert) 및 파이프(pipe)형으로 구분

c. 우리나라의 경우 환경영향평가서에서 제시되는 통로들이 이에 해당되는 경우가 많으나, 대부분 주변식생처리와 내부구조가 적절치 못하므로 이에 대한 세심한 배려가 필요



〈양서류 보호를 위해 도로를 횡단하는 터널을 설치하는 수법〉



〈대형동물의 보호를 위해 도로의 상부나 하부에 동물길 조성수법〉

〈터널형통로의 유형〉

구 분	적 용
통로박스 (box)	<ul style="list-style-type: none"> - 도로가 수로나 작은 도로와 입체교차하는 곳 - 횡단거리가 짧고 서식지가 인접한 곳
암거 (culvert)	<ul style="list-style-type: none"> - 도로가 농수로나 개울을 통과하는 경우에 설치되는 상자형 통로 (수위의 고저차가 적은 경우) - 내부 벽면 양측에 외부로부터 입, 출구와 연결되는 턱구조물 설치
파이프 (pipe)	<ul style="list-style-type: none"> - 횡단지역과 서식지간 지표면에 차이가 적거나 도랑이 있던 곳에 설치 - 너구리, 족제비 등을 위한 통로의 경우 내부를 주름지게 만듬 - 배수 겸용인 경우 도랑에 빠지지 않도록 도랑에 경사로 추가
공통사항	<ul style="list-style-type: none"> - 입출구주변은 외부로부터 영향(빛, 소음, 천적등) 차단 - 이용 동물이 불안을 느끼지 않도록 입출구 식생은 주변 식생과 조화되며, 입출구가 노출되지 않도록 유의 - 동물들의 이용 유도 및 도로 횡단에 의한 위험방지 위해 입출구 좌우측으로부터 서식지 외부경계를 따라 방책을 설치 필요시 통로 내부에 배수로 설치

D. 보조시설

- a. 나무그루터기벽(Tree Stump Wall) : 동물(특히 족제비과 동물)을 통로로 유도하거나 울타리 대용으로 사용, 동물의 은신처 역할

- b. 유도펜스(Fence) : 동물의 장애 횡단 방지 및 이동통로로의 유도

E. 기타구조물

동물출현표지판(Animal Signboard), 과속방지턱(Speed Ramp), 야생동물 경고거울과 반사경(Wildlife Warning Mirrors and Reflectors), 가드레일, 측구경사면(야생동물이 자유로이 드나들 수 있도록 도움) 등

④ 소생태계

• 개념

생물다양성을 높이고 야생물, 식물의 서식지간의 이동가능성을 높이거나 특정한 생물종의 서식조건을 개선하기 위하여 조성하는 생물서식공간(자연환경보전법 제2조)으로 인위적으로 조성된 비오톱(Biotope)를 일컫는다.

비오톱(Biotope)란 용어는 여러 가지로 정의를 내리고 있으나 Bio(생물)+topos(장소)의 결합으로 “생물이 살고 있는 장소”를 지칭한다. 생물공동체의 서식처를 비오톱(Biotope)이라 하면 습지, 식생지 뿐만 아니라 건물이 서 있는 주거지도 하나의 비오톱(Biotope)이 될 수 있다. 따라서, 비오톱이란 주변공간과 지형상 뚜렷하게 구분되며 여러종의 생물들이 하나의 공동체로서 서식할 수 있는 서식공간의 최소단위로서 숲, 하천, 연못, 가로수, 정원 등 다양한 규모와 질의 생물서식공간이라 할 수 있다.

• 조성방법

- 비오톱 조성을 위해서는 주변의 자연환경요소를 적극 활용하여 연계시켜야 한다.
- 비오톱 맵핑(Biotope Mapping)을 통해 전체적인 연결을 고려하면서 생태연못, 호수, 생태보전림, 옥상녹화, 가로수, 화단, 습지, 생태공원 등의 다양한 방법으로 비오톱을 조성한다.



⑤ 녹지 Corridor, 녹도의 조성

- 기존의 시설녹지 및 배후산림과 공원을 연결
- 소생물의 이동통로 및 서식처 제공

⑥ 가로수의 생태적 정비

- 장기적이고 종합적인 시점에서 상징성 있는 가로수 조성
- 가급적 병렬식재를 하며 가로수 밑에 초본류 재식으로 곤충들의 서식처 조성

⑦ 생태연못의 재생

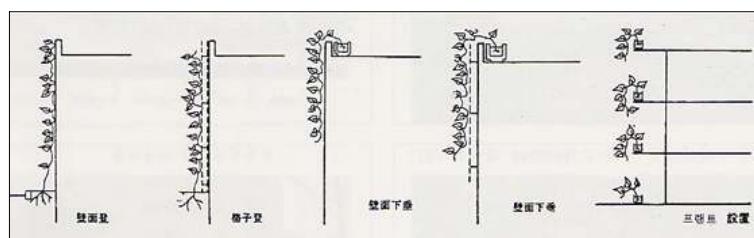
- 자연상태와 같은 연못이나 습지
- 종다양성 증진을 위해 다양한 모양으로 복잡하게 조성
- 인간과 생물의 접촉구간 설정



〈서울공고 생태연못〉

〈여의도공원 생태연못〉

⑧ 주택벽면의 녹화



〈벽면녹화방안 모식도〉

(5) 생태녹화시스템

가. 개념

생태식재는 식물을 관상목적보다는 대기정화, 동물 및 곤충의 서식처, 미기후 조절 등 생태적 기능 위주로 식재하여 자연적으로 유지 관리되는 녹지공간을 조성하는 것이다.

나. 필요성

단지내 녹지는 관상식재보다는 향토수종 및 야생초화류 등을 다종 식재하여 유지관리를 최소화하며 제초제살포, 비료투여 등에 의한 수질 및 토양오염을 방지한다.

다. 계획방향

- 비대칭적 균형감과 심리적 질서감에 초점을 맞추고 평면구성보다 입면구성에 중점을 두어 자연식생 구조를 유지하여 소생물권이 형성 되도록 유도
- 주변환경과 조화되는 향토수종으로 공해 및 병충해에 강하고 유지관리가 용이하며, 환경 적응력이 높고 생장력이 강한 수종을 식재
- 단지내의 지형, 토양, 수분 및 기후에 근거하고, 주변지역 10km 주위의 자연적인 천이계열 분석에 의해 자생수종을 주종으로 한 수종을 선정한다.
- 그 지역의 극상의 천이단계인 잡재자연식생과 생태적으로 유사하게 식재한다.
- 특히 토착종과 자연적으로 결합된 관목숲을 조성하면 서식처에서 높은 생존율을 나타내고, 다양한 층위를 형성해 동물서식에 유리
- 야생화정원은 자생종이 유리하며 꽃과 열매를 공급하고, 산울타리는 조류의 서식처, 먹이 공급, 소동물의 서식처로 설계한다.
- 기존 수목의 이식 및 종다양화 식재는 자생종을 사용한 생태적인 배식기법을 사용한다.
- 다양한 소재의 자생식물을 적극적으로 설계하여 지역 특성을 살리는 식재가 되도록 한다.
- 묘목성의 군식식재로 토양적응성을 높이고 수목성장을 속성화시켜 경제적으로 비용 절감효과를 가져오게 한다.
- 대규모의 단일수종은 피하여 환경오염에 대한 피해 및 병충해 침해에 대비하고 집단구간별로 미적기능적 식재가 되도록 한다.
- 경관효과를 위해 중요지점에 대목(20%)을 심고 기타지역에 어린나무를 식재한다.
- 경관적으로 중요한 부위 및 휴게공간을 제외하고는 되도록 잔디공간은 조성하지 않고 관리가 필요없는 들풀들을 식재하여 변화있는 경관연출 및 다양한 생물의 서식환경을 제공한다.
- 교목, 아교목, 관목, 지피 등 수직적 분포가 다양하게 계층적 식생구조로 배식한다.
- 단지 및 주변 10km내의 자연천이계열을 분석하여 자생수종을 주수종으로 선정함.
- 단지 경계부분, 공간과 공간의 경계부분을 대상으로 생울타리를 조성함.
- 조류유치녹화는 상녹, 낙엽의 열매수림을 혼합 식재함.
- 건물의 남쪽과 서쪽을 대상으로 낙엽수 위주로 식재함.

(6) 기존 수목활용

가. 향토수종

① 개념

지역에 자생하는 식물로서 인위적인 보호나 재배를 가하지 않은 상태에서 자연상태 그대로 생활

하는(spontaneous plants) 것을 말하고 좁은 의미에서는 토착식물이라고도 함.

② 필요성

- 향토수종은 그 지역에서 환경적으로 우수한 생태계나 자연자원을 보호하고 개발에 따른 환경영향을 최소화하고 당해 지역에 대한 스트레스를 저감시킨다.
- 자연친화적인 환경을 조성하여 생물의 다양성 증진 및 자연생태계 복원에 이용한다.



③ 생태환경도시에서의 활용방법

- 생육지의 자연환경에 적합한 자생 향토수종 사용과 식생이 행대 조성
- 생물의 다양성, 지속성, 자기순환적인 자연생태계의 잠재력을 이용하는 등의 생태원리를 이용한 생활환경 조성
- 주거지내 공원에 지방 고유의 잡초 파종, 향토식물 등 식재
- 어린이공원, 학교 주위에 자연생태계를 모방하여 다양한 서식지 조성후 서식지 환경에 적합한 수종 식재
- 벽천·실개울·못·저습지 등 수상생태계 도입
- 향토수종 중심의 올창한 숲, 벽면녹화, 가로수 조성
- 기존 생태계의 보존 및 활용, 생태적 배식기법 적용

〈서귀포서호지구 담팔수〉



〈경산임당지구 은행나무〉

④ 우리 나라의 수평적 삼림대 구분 및 특징수종

〈위도에 따른 산림분포〉

수림대	지 역	특 징 수 종
난대림	북위 35° , 동해안 북위 36° , 서해안 35° , 수직으로는 제주도 600m 이하, 완도 150m 이하	후피향나무, 농나무, 생달나무, 동백나무, 빗죽이나무, 돈나무, 불가시나무, 가시나무, 감탕나무, 후박나무, 식나무, 구실잣밤나무, 모밀잣밤나무
온대남부	동부북위 38° , 중부 36° , 서부 37° , 약 85% 점유	개비자나무, 대나무, 곰솔, 산초나무, 사철나무, 굴피나무, 팽나무, 줄사철나무, 백동백, 단풍나무, 서어나무, 소나무, 오동나무
온대중부	동해안북위 40° , 중부 38° , 서해안 39°	때죽나무, 줄참나무, 신갈나무, 향나무, 젓나무, 소나무
온대북부	온대중부이북, 평안·함경의 고지·제외	박달나무, 신갈나무, 거제수나무, 시닥나무, 정향나무, 잣나무, 젓나무, 잎갈나무
한대림	평안·함경의 고원 및 고산지역	가문비나무, 분비나무, 낙엽송, 종비나무, 잣나무, 젓나무, 주목, 눈잣나무

나. 대기정화수종 식재

① 개념

오염된 대기는 배출원에서 오염방지 시설로 배기가스를 정화하듯 정화되지는 않는다. 대기가 일단 오염되면 오직 자연적인 방법에 의존할 수 밖에 없다. 즉, 강우, 바람 또는 강, 바다, 생물 등에 흡수·흡착되는 것을 이용하는 것이다. 특히 나무는 광합성 과정에서 주변 대기를 흡수하는 기

능이 있어 이를 이용하여 오염된 공기를 흡수 정화하는 방법이 모색되었는데 다른 나무들보다 대기오염물질을 많이 흡수하는 나무를 대기정화수라고 한다. 즉, 대기정화수는 대기오염이 심한 곳의 대기를 정화하기 위해 이용되는 나무이다.

② 대기정화수종으로서 갖추어야 할 수목의 조건

- 대기오염물질의 흡수능력이 클 것
- 대기오염물질에 대한 저항성이 강할 것
- 환경조건이나 식물체의 생리적 변동에 의해서 흡수능력이 영향 받지 않을 것
- 도시의 특수환경(토양, 일조, 바람 등)에 견딜 수 있는 환경에 대한 적응성이 강한 수종이어야 할 것
- 도시미관의 형성상 경관으로 우수한 수종으로 주민 기호에 맞는 수종이어야 할 것
- 시장성이 뛰어나고 대량 사용할 경우에는 구입비가 싸고 조달이 용이할 것
- 신속한 성장과 많은 양의 잎 : 대기오염의 정화는 주로 잎에서 이루어지므로 잎이 많고, 잎의 면적이 넓으며, 잎이 붙어있는 기간이 길어야 한다
- 소음차단기능 : 침엽수 < 활엽수 < 침엽수+활엽수

〈소음차단기능 수목〉

조건	음원(거리)	감소효과	출처
침활흔효 생울타리	청소차(27m)	50%	Grey and Denke(1988)
활엽수(수고 1.8m, 폭 3m)	잔디깎는 기계	40%	
활엽수	어린이 놀이터(9m)	50%	
활엽수	쇼핑센터	25%	
경사진 곳 아래쪽에 심겨진 활엽수 관목	승용차	25%	
	트럭	50%	
경사진 곳 아래쪽에 심겨진 활엽수 교목	승용차	20%	
	트럭	40%	
경사진 곳 위쪽에 심겨진 침엽수 교목	승용차	75%	
	트럭	80%	
경사진 곳 위쪽에 심겨진 활엽수 교목	승용차	50%	
	트럭	75%	

〈소음차단기능 수목〉

조건	음원(거리)	감소효과	출처
활엽수(5m 폭)	—	5.4dB	국립환경 연구원(1984)
침엽수(10m 폭)	—	9.4dB	
교목(폭30m, 높이15m)	고속도로 소음	10dB	
교목류	10m 이상	10dB	
관목류	5m 정도	10dB	
잔디와 초목으로 된 평坦 지역	음원과 거리, 2배마다	4dB	Cook(1978)
상록수림대 (수폭 10m, 식수대 너비 30m)	135m 범위내	2dB	
활엽수림대 (소폭 5m, 식수대 너비 30m)	135m 범위내	1dB	
			대한주택공사(1989)

• 온도변화 완화기능

〈온도완화기능 수목〉

식재수종		조건	효과	참고문헌
목본과 초본		혼합식재	기온이 25~50% 감소	Rowntree et. al (1982)
녹지	10㏊이하	–	주변과 차이 없음	English Nature (1995)
	10㏊이상	–	1.5°C 차이	
	100㏊이상	–	4°C 차이	
	300㏊이상	–	주변과 가장 유의한 차이	
잔디		나지 지표온도기준 여름철, 12/14시	1.6~2.3°C 저감	이은엽 등 (1996)
수목 그늘진 잔디면	봄철	나지보다 1.7°C 낮음		
	여름철	나지보다 0.7°C 낮음		
메타세쿼이어	나지 위에 식재	수관폭 1m 증가시 0.6°C씩 기온 저감		
튜울립나무	안터록킹 블록위에 식재	수관폭 1m 증가시 0.4°C씩 기온 저감		
교목식재지	청주 기상대 평균온도와 비교	1.3~1.6°C 저감		
교목과 관목 혼합식재지	청주 기상대 평균온도와 비교	0.7~0.9°C 저감		
전나무림 풀밭	8년생 –	기온변화폭 25.1°C 기온변화폭 35.6°C	김광래 (1988)	

- 수종의 선정은 그 지역의 기후조건과 토양조건을 고려하여 상기한 바와 같은 수종을 중심으로 선정하는 것이 바람직하지만, 도시, 공단경관, 주민의 기호에 적합한 수종을 포함시키는 것도 고려할 필요가 있다.

〈오염원별 내공해수종〉

구분	오염원별	수 종
대기오염 저항성 수종	복합대기 오염 (32종)	향나무, 가이즈까향나무, 히말라야시다, 개비자나무, 노간주나무, 은행나무, 은단풍, 가종나무, 수양버들, 대추나무, 떡갈나무, 사방오리나무, 벽오동, 후박나무, 석류나무, 쥐똥나무, 가시나무, 감탕나무, 다정큼나무, 면나무, 광나무, 식나무, 광꽝나무, 팔손이, 녹나무, 사스레피나무, 사철나무, 돈나무, 협죽도, 동백, 태산목, 후피향나무
	아황산가스 (53종)	화백, 향나무, 편백, 측백, 섬잣나무, 노간주나무, 해송, 은행나무, 낙우송, 메타세코아, 양버즘나무, 포플러, 가종나무, 오동나무, 벽오동, 밤나무, 떡갈나무, 줄참나무, 굴참나무, 은단풍, 자작나무, 물푸레나무, 멀구슬나무, 튜립나무, 회화나무, 풍나무, 일본목련, 목련, 때죽나무, 주엽나무, 칠엽수, 푸조나무, 매실나무, 가시나무, 종가시나무, 무궁화, 쥐똥나무, 이팝나무, 사스레피나무, 개나리철쭉, 박태기나무, 석류나무, 배롱나무, 광나무, 후피향나무, 돈나무, 식나무, 태산목, 먼나무, 아왜나무, 사철나무
	오존 (8종)	삼나무, 해송, 편백, 화백, 서양측백, 은행나무, 버즘나무, 굴참나무, 줄참나무, 누리장나무, 개나리, 사스레피나무, 금목서, 녹나무, 광나무, 돈나무, 협죽도, 태산목
	불화수소 (8종)	은행나무, 가종나무, 능수버들, 양버즘나무, 현사시, 수양버들, 광나무

구분	오염원별	수 종
대기오염 정화수종	아황산가스 (7종)	은행나무, 가증나무, 능수버들, 양버즘나무, 현사시, 수양버들, 광나무
	분진흡착력 (8종)	향나무, 히말라야시다, 은행나무, 벽오동, 튜립나무, 양버즘나무, 진달래류, 돈나무
내염성 수종	내염성 (26종)	해송, 향나무, 떡갈나무, 미루나무, 후박나무, 자귀나무, 주엽나무, 굴거리나무, 푸조나무, 감탕나무, 먼나무, 아왜나무, 종가시나무, 참식나무, 꽝꽝나무, 돈나무, 식나무, 팔손이, 호랑가시, 음나무, 불가시나무, 가마귀쪽나무, 멀구슬나무, 녹나무, 모감주나무, 예덕나무

〈지역별 내공해수종〉

지방별	지역별	환경별	수종
중부 지방	도시 지역	가로수 (12종)	은행나무, 낙우송, 가증나무, 은단풍, 현사시, 양버즘나무, 포플러류, 수양버들, 벽오동, 회화나무, 칠엽수, 일본목련
		공원녹지 (21종)	화백, 향나무, 벽오동, 튜립나무, 줄참나무, 굴참나무, 포플러, 주엽나무, 자작나무, 오동나무, 대추나무, 때죽나무, 누리장나무, 석류나무, 무궁화, 쥐똥나무, 진달래, 철쭉, 배롱나무, 박태기나무, 사철나무
		주변 환경림 (16종)	측백, 향나무, 노간주나무, 낙우송, 은행나무, 은단풍, 현사시, 줄참나무, 떡갈나무, 물푸레나무, 자작나무, 가증나무, 밤나무, 회화나무, 벚나무, 때죽나무
	공단 지역	가로수 (9종)	은행나무, 낙우소아 향나무, 회화나무, 가증나무, 수양버들, 벽오동, 포플러류, 양버즘나무
		공원 녹지 (21종)	향나무, 은행나무, 화백, 가이즈까향나무, 가증나무, 벽오동, 은단풍, 무궁화, 개나리, 박태기나무, 사철나무, 배롱나무, 진달래, 쥐똥나무
		주변 환경림 (12종)	측백, 향나무, 소나무, 은행나무, 벽오동, 낙우송, 현사시, 밤나무, 굴참나무, 떡갈나무, 줄참나무, 사방오리
남부 지방	도시 지역	가로수 (16종)	은행나무, 메타세코이아, 히말라야시다. 낙우송, 포플러, 벽오동, 수양버들, 양버즘나무, 튜립나무, 후박나무, 대만풍나무, 이팝나무, 태산목, 가시나무, 멀구슬나무
		공원 녹지 (20종)	편백, 화백, 향나무, 후박나무, 먼나무, 철쭉, 튜립나무, 목련, 다정름나무, 매실나무, 석류나무, 멀구슬나무, 녹나무, 감탕나무, 동백, 무궁화, 팔손이, 식나무, 돈나무, 후피향나무
		주변 환경림 (11종)	해송, 줄참나무, 현사시, 튜립나무, 벽오동, 은단풍, 푸조나무, 물참나무, 종가시나무, 가시나무, 후박나무
	공단 지역	가로수 (10종)	은행나무, 화백, 편백, 양버즘나무, 가증나무, 회화나무, 가시나무, 종가시나무, 광나무, 멀구슬나무
		공원 녹지 (17종)	향나무, 화백, 편백, 해송, 개비자나무, 포플러, 튜립나무, 회화나무, 배롱나무, 사철나무, 가시나무, 종가시나무, 식나무, 동백, 아왜나무, 금목서, 광나무
		주변 환경림 (12종)	화백, 편백, 삼나무, 향나무, 해송, 은단풍, 때죽나무, 사방오리, 가시나무, 물참나무, 광나무, 사철나무

④ 대기정화수종 선정시 고려사항

- 대기정화수는 식재 지역에 따라 나무 종류에 차이가 있어, 식재 목적을 달성하기 위해서는 다음 조건들이 고려되어야 한다.

〈대기정화수종 선정시 고려사항〉

고려사항	내용
식재지역의 오염상태	식재지역의 오염정도 외에 오염발생의 빈도를 고려한다.
기후·풍토에 대한 적응력	식재지역의 기온, 습도, 광량 등 기후조건과 토양의 습도, 양분 등 토양조건에 적응력이 높아야 생장상태, 생산량 등이 뛰어나 최적의 정화능력이 유지된다.
주변 생태계와의 조화	환경보전림이나 광범위한 공원주변의 잠재식생을 고려하지 않으면, 경쟁·번식 등에서 불리한 영향을 받을 수 있다.
식재공간의 확보 가능성	식재공간은 식재 후 정상적인 성장을 보장하기 위해서 충분히 검토되어야 한다. 즉, 지상부의 전선, 신호등, 간판, 안내홍보판 등과 지하부의 건물 기초부분, 전화선 통로, 상하수도관 등은 뿌리의 활착과 나무가의 퍼짐에 영향을 줄 뿐만 아니라, 각 건물과 시설 등의 기능유지에도 영향을 줄 수 있다.
사후관리 가능성	대기정화수를 식재한 후 나무 주변에 안전망과 보호판 설치, 적절한 가지 치기, 비료주기, 소독작업 등 사후관리가 지속적으로 이루어지지 않으면 대기정화수 식재목표를 달성할 수 없다.
주변환경과의 조화	대기정화수는 대부분 도시, 공단 등 생활환경에 식재될 수 있으며 생활 환경속에서 관공서, 회사, 병원, 도로, 주차장, 백화점, 상점, 그리고 신호등, 간판, 전선 등 각종 안내판과 시설들이 있다. 환경정화수는 이러한 건물과 시설들의 기능에 방해가 되지 않도록 조화를 이루어야 한다.
지역주민들의 선호도	지역사회에 식재된 나무들은 그 지역사회의 이미지를 가장 먼저 나타내는 기능을 한다. 각 지역사회의 고유한 전통이나 기능들로 인해 그 곳 주민이나 생활인들이 선호하는 나무들이 있을 수 있다. 이를 고려한다면, 식재 후 대기 정화수 관리보호 등에 큰 도움을 기대할 수도 있다.

4) 건축계획

- 생태환경도시의 건축은 “건축물의 계획, 설계, 시공, 유지관리, 그리고 폐기에 이르기까지 총체적으로 에너지 및 자원을 절약하고, 주변환경과의 유기적 연계를 도모하여 자연환경을 보전하는 동시에 인간의 건강과 쾌적성 증진을 추구하는 건축”으로 정의할 수 있다.

이러한 생태건축시스템을 세부시스템과 계획기법으로 구분하여 정리하면 아래 표와 같다.

〈생태건축시스템〉

시스템단위	세부시스템	세부시스템 계획기법
태양열활용 시스템	액티브 솔라시스템	태양전지(공조, 조명, 냉난방)
		태양열집열기(급탕)
	파시브 솔라시스템	부착온실
		아트리움
		실내정원(반옥외 공간 조성)
		스크린부착 복층유리
건축계획 시스템	자연친화기법	옥상, 테라스 등의 인공지반 계획
		조류서식 가능한 건물형태의 도입
		광루, 풍루
		옥상을 반옥외공간으로 활용
		필로티나 회랑의 적극적 도입
		대형 발코니
	백년주택구법(CHS)	지속가능한 건물계획
	지중건축	건물의 일부 또는 북측부분을 지하화 하므로써 에너지 절감

시스템단위	세부시스템	세부시스템 계획기법
건축재료 시스템	건축외부재료	고단열, 고기밀 자재 및 부품 사용 차양, 블라인더, 네쿨성식물등의 열차단재 사용(동서향의 창, 천정부분등)
	건축내부재료	자연소재의 사용 인체에 유익한 재료 사용(맥반석 등)
	재료리사이클	재이용, 재생사용이 가능한 건축재료 제조 및 운반 과정에서 에너지 투입이 적은 건축자재 및 부품의 사용
건축설비 시스템	공기조화난방설비	급탕, 난방의 경제적 단축 배관설계 천정복사난방 천정선풍기 1층마루밑 조습성재료(습도조절)
		녹슬지 않는 배관의 사용 절수형 설비기기 사용
		부엌쓰레기의 감량을 위한 고형화 장치 자연분해가 가능하도록 자가처리
		주호내 부엌쓰레기의 퇴비화 장치 설치 단지내 외부 퇴비장 설치
쓰레기처리 시스템	쓰레기 자가처리	주동내 분리수집(기계장치에 의한) 단지내 분리수집(분리수거구 설치)
	콤포스트 처리	주호내 부엌쓰레기의 퇴비화 장치 설치 단지내 외부 퇴비장 설치
	쓰레기 분리수집	주동내 분리수집(기계장치에 의한) 단지내 분리수집(분리수거구 설치)

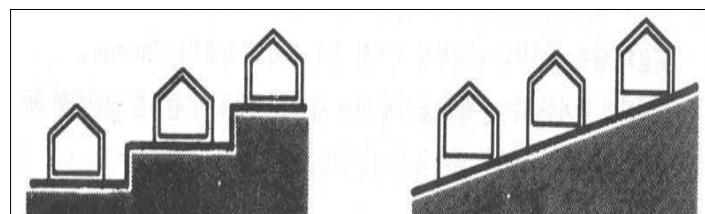
(1) 건축유형분류

생태환경도시내 주택은 다음과 같이 단독주택, 연립주택, 공동주택(APT), 테라스하우스 등의 유형으로 나눌 수 있다.

가. 단독주택

① 계획기법

- 단독주택지의 개발형태는 경사면에 대응한 도로의 배치형태와 밀접한 관계가 있으며, 개발범위는 경사면에 대응한 도로의 개발상한선을 고려하여 결정한다.
- 개발상한선은 도로의 최대경사한계인 16% 이내가 일반적이지만 등고선에 대한 도로 배치의 적절한 조정으로 경사율 30%까지도 가능하며, 택지의 방위는 남경사면이 가장 유리하지만 동, 서 및 북사면의 경우도 택지의 배치 및 분할고지자의 조절을 통해 개발이 가능하다.
- 택지조성은 접지형식에 따라 단차형 조성기법과 경사형 조성기법으로 분류할 수 있으며 개발여건에 따라 적절히 선택하여 적용한다.



〈주거동의 접지형식〉

- 북사면의 택지조성은 주거의 일조조건을 만족시켜주기 위해 대지간의 고저차는 되도록 적게 하고, 대지와 도로가 접한 부분의 고저차는 높게 조성하는 것이 좋으며, 또한 도로에 접한 부분은 고저차를 이용하여 차고를 조성하고 경사가 급할 경우에는 택지자체에 단차를 두어 계획하는 것이 바람직하다.

〈단독주택 유형별 개발방식〉

구 분	특 징	장/단점
단독주택 개발방식 (Deached Development)	단독주택 개발방식은 주택을 단독으로 배치시킴으로써 많은 면적이 소요된다. 주택은 개별 울타리로 둘러싸인 주택부지와 정원을 소유하게 되어 독립적인 특징을 지닌다.	다른 개발방식보다 밀도가 낮은 개발방식이며 단독주택 용지만큼 대상지의 모든 부분이 고르게 개발하기 때문에 자연보존지역이 그만큼 적어지게 된다.
듀플렉스 개발방식 (Duplex Development)	듀플렉스 개발방식은 이웃한 두 채의 주택들이 하나의 경계벽을 공유하는 형태로 개인소유의 정원과 대규모의 녹지를 확보할 수 있으며 각 주택마다 일조량이 풍부하며 전망 또한 훌륭하도록 배치된다.	다른 개발방식보다 밀도가 높은 개발방식이며 대상지의 어느 한 부분만을 집중적으로 개발하기 때문에 자연보존지역이 그만큼 넓어지게 된다.
군집형 개발방식 (Clustered Development)	군집형 개발방식은 주택을 한곳에 집중적으로 배치시킴으로써 많은 면적의 녹지지역이 확보된다. 주택은 개별 입구와 파티오(patio), 정원을 소유하게 된다.	주택의 한 면에서는 훌륭한 자연경관을 바라볼 수 있으며 다른 한 면에서는 정원과 산책로로 직접 연결되는 이점이 있다.

〈프라이버시와 공동체성을 고려한 주택평면 유형〉

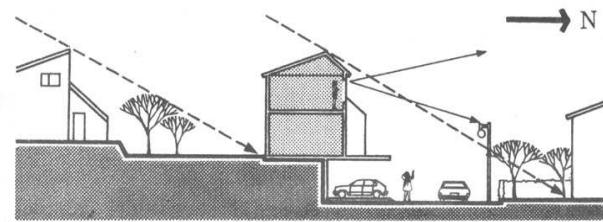
배치방식	유형	특징	도면 예시
단독 주택형	홀집형	소규모로 건축할 수 있고 통풍에 유리하다. 개방적이고 실내외 통행이 자유롭다. 장방형으로 외피면적이 커 난방효율이 떨어진다.	
	겹집형	가장 보편적인 도시형 주거 유형으로 프라이버시 확보에 유리하다. 다소 폐쇄적이다. 외피면적을 최소화 할 수 있으므로 열효율이 좋다.	
	중정형	프라이버시를 확보하면서 내부에 마당을 두는 형태이다. 건축면적이 넓어진다. 외부에는 폐쇄적이나 마당을 통해 가족 간 유통이 좋아진다.	
듀플렉스형		두 가구가 벽을 공유하는 방식	

합벽 연립형	홀집형	홀집형 평면을 연립하는 방식 벽을 공유함으로 외피면적을 최소화 할 수 있다.	
	겹집형	일반적 연립주택의 형태 소음 때문에 프라이버시 확보에 문제가 있다.	
	중정형	안채와 바깥채를 연립시키고 가운데를 마당으로 활용하는 방법 건물 형태가 길어지므로 부동침하에 의한 균열이 우려된다.	

〈택지블록 패턴〉

택지블록 패턴		특징
등고선에 평행한 택지 배치	A-1	구릉지 단독주거의 가장 일반적 개발방식이며 택지 간에 고저차가 있기 때문에 상하부지와의 관계(프라이버시, 일조, 우수, 진의 유출)에 대한 배려가 필요하다.
	A-2	북사면에서는 일조에 다소 유리 옹벽이 높기 때문에 안전성, 접근성 등에 대한 배려가 필요 경사율이 높은 토지에서는 적용 곤란
	A-3	도로와 택지가 직접 면하므로 옹벽이 높아져도 접근 가능 경사율이 큰 구릉지에도 적용 가능 도로면적이 많아지는 단점이 있음
등고선 직각 배치	B	도로구배에 따라 대응성이 결정되며 경사도 15% 이상인 경우 적용 곤란 접근성이 양호하며 대지내부에 차고 설치 가능
등고선대 각선배치	C	A타입과 B타입의 중간형식이며 비교적 많이 적용되는 형식 대지의 상하 분리관계는 A-1과 같은 형태이다. 옹벽이 많아지는 단점이 있음

자료 : 日本宅地開發公團, 경사지 유효이용에 관한 보고서, p33



〈북경사면일 경우의 택지조성기법〉

나. 연립주택지

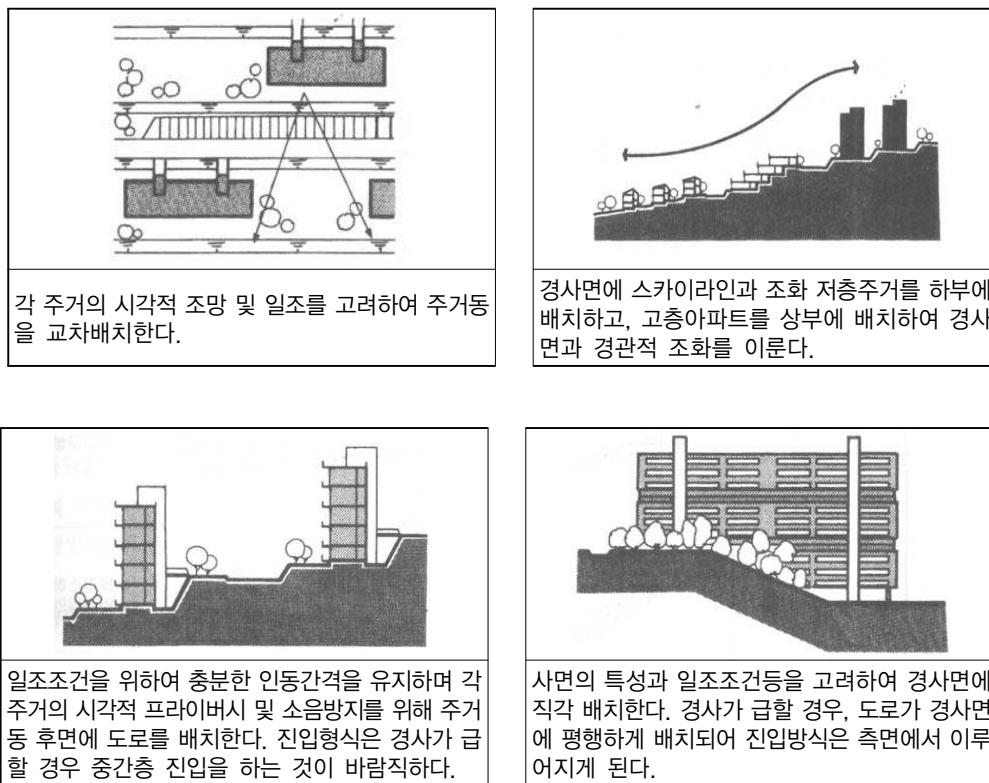
① 계획기법

- 구릉지에서의 연립주택지는 경사도 12~20%정도의 대지가 적절하며 내부 도로조성이 용이하도록 적정한 대지 폭을 확보해야하고, 일반적으로 한 면으로만 채광이 가능하기 때문에 남서향이 가장 유리하다.
- 경사가 심하면 도로진입이 불가능해져 계단으로의 접근을 유도해야 하며 건물간의 공지는 녹지공간으로의 이용도가 극히 저하되고 경관적인 조화를 저해하므로 경사가 심한 곳은 가급적 제외시키도록 한다.
- 접지성, 접근성 등 지형에 대한 적응성이 크므로 변화감 있는 배치계획과 대지 내 공지의 적정 활용을 통해 바람직한 구릉지 주거형태로 활용가능하나 평지와 같은 주거형태의 답습은 지양한다.

다. 공동주택지(APT)

① 계획기법

- 아파트단지개발은 대지와 건축물이 유기적으로 대응하여 경사면과 건축물이 조화되도록 저층내지는 중층으로 개발을 유도하며 생태환경도시에는 고층아파트의 개발은 가급적 지양하는 것이 좋다.
- 단지배치는 남측경사면의 개발을 위주로 하고 불가피하게 북측경사면을 개발하여야 할 경우 법규, 외부공간의 구성, 조망 등을 종합적으로 고려하여 인동간격을 유지도록 함으로써 각 단위주거에 양호한 일조조건이 확보되도록 계획한다.
- 경사면을 절, 성토하여 옹벽을 조성할 경우에는 경관적 측면과 인간척도(Human Scale)를 고려하여 높은 옹벽의 조성은 피하고 경사면에 식재를 통하여 외관상의 위압감을 완화시키고 경관성을 제고한다.
- 구릉지 아파트배치는 외부로부터의 조망을 고려하여 주거동을 교차하여 배치하고 경사면 전체의 경관형성을 고려하여 저층 아파트는 경사지 하부에, 고층아파트는 경사지 상부에 배치하고 경사면 위에 직접 주거동을 배치하는 경사형 개발기법을 채택하는 것이 바람직하며, 경사가 급하거나 토질의 조건에 따라 사면을 절, 성토하여 건물배치가 필요한 경우는 단차형 기법을 적용한다.
- I자형 및 L자형 등 기존의 아파트 형태는 등고선에 평행하게 남향배치가 용이하나 경관이나 시각적 단절을 야기하여 구릉지에는 적합치 못하므로 상대적으로 향조건은 불리하나 개방적인 공간감을 제공하며 시각적 단절현상이 적고 넓은 옥외공간을 확보하면서 토지의 용적률을 높일 수 있는 탑상형(Tower형) 아파트나 등고선에 수직의 단차형 아파트 형태가 바람직하다.



- 계단 등 보행자동선의 교차부분, 연결부분에는 가로등, 안내시설과 다양한 수목식재 등을 통해 소규모 오픈스페이스로 조성하여 어린이놀이터와 커뮤니티 공간으로 활성화를 유도한다.

〈경사도에 따른 중층형식〉

변동인자	중복비	경사도	단 면	밀도	테라스 중복비	도로체계	공간특성
경 사 도	0	18°		3세대	1	·승용차 진입가능 ·보행자진입은 계단을 통해 이루어짐	자유로운 공간 구성이 가능
	1/2	34°		5세대	1/2	·보행자진입은 계단과 사행 엘리베이터를 통합	테라스 하우스의 일반적인 형태
	2/3	45°		7세대	1/3	·34°에 준함	건물의 중압감이 가중되며 차량 및 보행자 진입 어려움
	1	90°		3~6 세대	0	·18°에 준함	하층의 채광과 환기가 불리

※ 자료 : 황명현(1985), 『경사지주거계획에 관한 연구』, p65

(2) 배치

생태환경도시 건축배치시 고려할 사항으로는 미기후, 바람의 통로, 건축물의 소재 및 구조, 건물 녹화 등이 있다.

가. 미기후

① 개념

미기후란 비교적 큰 지역에 관한 기후(대기후)에 대하여, 지역적으로 좁아서 하천·호소(湖沼)·삼림(森林)·토질 등의 영향을 받아 장소에 따라 달라지는 기후를 말하는데, 더 나아가서 숲의 앞뒤, 작물 생육지의 안팎에서도 달라진다.

② 필요성

- 도시의 경우 온실효과에 의한 기후변화 현상과 유사한 열섬효과에 의해 이미 오래 전부터 평균온도가 상승하여 왔으며, 도시규모가 확장될수록 더욱 집약적인 현상으로 자리잡게 것으로 보고되고 있다. 특히 도시열섬을 형성하는 특수한 도시기후가 대기오염에 의한 피해를 증대시키고, 기온상승·통풍불량 등의 환경악화를 유발하여 시민의 건강 위해 가능성은 물론, 도시 자체의 신진대사과정에 영향을 미쳐 도시의 점진적 지속성(Incremental Sustainability)이 확보되지 못하게 된다.
- 이에 바람·온도·습도와 같은 기후 인자는 도시계획과정에서 사전에 고려되어야 하는 필요조건의 일부로서 인식되고 있으며, 기후요소를 고려한 도시계획은 결과적으로 보다 안락한 도시환경의 창출, 에너지 소비의 절약, 대기오염의 개선 등과 같은 장점을 넣게 된다.

③ 적용원칙

① 신선한 공기의 도시 유입을 위한 찬바람 통로 조성

- 골짜기와 산, 언덕 등을 따라 조성된 바람통로의 방향이 도시를 향하게 될 경우, 신선한 공기의 도시내부 유입을 위한 양호한 자연조건이 만들어지게 된다. 한편 찬공기 흐름을 방해하는 요소는 좁아지는 골짜기, 제방, 소음 방지벽, 계곡에 비스듬히 있는 횡목(橫木), 큰 건축물 혹은 틈새 공간을 가로막는 건축물 입지 등이다. 특히 바람흐름을 차단시키는 요소는 전·후 공간의 기온을 현저하게 저하시키고, 공기교환을 감소시키며 찬 공기를 정체시키기 때문에, 건축물 입지지역으로의 찬공기 흐름이 억제되어 에너지 소비부하가 증대되는 요인으로 작용하게 된다.
- 토지이용 기본계획은 신선한 공기의 도시유입을 억제하는 요인에 대비하고, 이를 통해 찬 공기 발생지역의 기능을 확보할 수 있어야 한다. 예를 들면, 개발사업 또는 조림을 위해 남겨진 공지(空地)를 그대로 존치시키는 방안이 필요하다. 또한 경사진 비탈면을 따라서 도시까지 이미 숲으로 덮여있거나 또는 조림이 미리 계획되어 있는 경우, 주간에 숲 중심으로부터 방출되는 찬공기를 확보하기 위해 삼림지와 개발지 중간에 충분히 큰 공지의 조성도 포함된다. 그리고 계곡과 신선한 공기수송을 위한 그 밖의 주요한 계곡 통로는 신선한 공기의 이동통로로서 유지되어야 하고, 개발사업의 금지 및 보호가 우선적으로 시행되도록 한다.

② 기후생태적으로 유리한 건축물 배치

- 주거단지계획시 주동의 배치에 따라 지역전체의 통풍이나 일조 등 지역 미기후에 다양한 영향을 미친다. 따라서 바람길을 고려한 단지계획, 일조를 고려한 단지계획, 에너지절약을 위한 단지계획 등을 고려하여 블록의 형태를 먼저 계획한 후 도로망계획을 수립한다.
- 주거지역 개발형태 조정: 도시의 외곽으로부터 약하게 흐르는 공기를 스며들게 하고, 유입된 공기의 원활한 통풍을 위해, 대규모 개발 및 고밀 주거지역의 개발을 지양한다. 특히 교외주변의 개발은 통풍길을 차단할 수 있으므로, 가능한 한 신규건축을 억제하도록 한다.
- 경사지 개발: 도시기후 보호를 위한 경사지 개발의 방법 및 규모는 계곡과 분지지형에 위치한 도시에서 한층 의미가 있다. 개발이 불가피한 경우 경사지역 개발은 건축구획에 고층·고밀 개발을 지양하고, 개별 건축물이 큰 간격을 가지면서 위치하도록 한다. 특히 경사를 향해 평행하게 늘어선 개발열은 경사지의 바람흐름을 근본적으로 방해하기 때문에, 경사를 향해 수직인 건축열 배치가 적극적으로 고려되어야 하며, 통풍길에 수직인 경사지역은 반드시 비어둔 채 유지되어야 한다.
- 이에 경사지 개발은 원칙적으로 저밀도 수준으로 유지하되, 자연적인 방해물의 높이(예: 수목 높이)는 지면 근처에서의 바람흐름을 유지하는 정도를 벗어나지 않도록 한다. 또한 평평한 경사지는 양호한 통풍 및 찬공기 생성을 위해 큰 녹지지역과 공지를 가진 점 형태의 개발을 절충하도록 한다. 특히 기후생태학적으로 유리한 건축물 배치를 위한 계획지침으로서 “도시기후 고려 계획지도”가 작성되며, 이는 도시기후 전문가·시민·도시계획 및 건축계획 담당자들이 기후분석 결과를 알기 쉽게 작성되어, 기후학적 관점에서 계획이행의 방향을 정립하기 위하여 활용된다.

③ 생태환경도시계획을 위한 기후지도의 활용

- 기후분석지도는 기후톱의 평가내용을 수록한 지도로서, 도시계획과정에서 주로 이용되며, 건설기본계획에서 기후영향분석의 구체적인 조건과 기준을 제공하게 된다.

- 특히 기후학적인 측면에서 많은 영향을 미치는 건축 관련 토지이용 영향분석에 많은 정보를 제공하는 기능을 담당한다. 지구단위계획과 같이 세밀함을 요구하는 계획에서는 전문가의 의견을 통한 정밀한 판단이 재차 요구되고, 기후학적인 측면과 대기환경 민감 지역을 대상으로 적극 활용된다. 기후분석지도의 기록 내용은 다음과 같다
- 도시 공지(空地)의 유형 구분
 - a. 녹색 지역 : 거주지역 주변지역에서 기후학적 활동과 직접적인 관련이 있는 공지로서, 토지이용변화에 대해 아주 민감한 지역
 - b. 연두색 지역 : 기후학적 활동에 대해 중요성이 적은 공지로서 정주지역에 직접적인 영향을 부가하지 않으며, 토지이용 변화에 대한 영향이 적은 지역
 - c. 노란색 지역 : 기후학적 활동에 대해 가치가 적은 공지로서 정주지역에 대한 영향력의 가치가 적은 곳으로서, 토지이용 변화수요에 대해 상대적으로 둔감한 지역
- 주택지 평지의 유형 구분
 - a. 노란색 지역 : 기후학적으로 중요한 작용에 대해 가치가 적은 건축영역으로서, 집약적인 토지이용과 고밀 건축의 경우 기후학적인 측면과 대기환경 측면에서 그다지 중요하지 않은 지역
 - b. 주황색 지역 : 기후학적으로 중요한 작용을 하는 건축영역으로서, 집약적인 토지이용에 대해 기후학적인 측면과 대기환경 측면에서 영향이 적은 지역
 - c. 붉은색 지역 : 기후학적으로 매우 중요한 작용을 하는 건축영역으로서, 집약적인 토지이용에 대해 기후학적인 측면과 대기환경 측면에서 다소 민감한 지역
 - d. 자주색 지역 : 기후학적인 측면과 대기환경 측면에서 민감한 건축영역으로써, 조밀한 정주공간이나 기후학적 장애를 나타내는 건축물이 위치한 곳이며, 도시 기후학적인 관점에서 변경이 필요한 지역
- 특기사항 : 많은 대기오염물질 배출과 소음수준이 우려되는 도로는 굽은 선으로 표시되며, 영향이 미치는 범위 이내에서 이용목적에 따라 주변지역에의 영향예측이 필요하다.

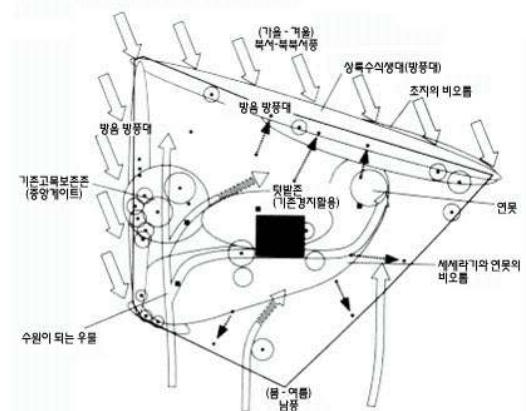
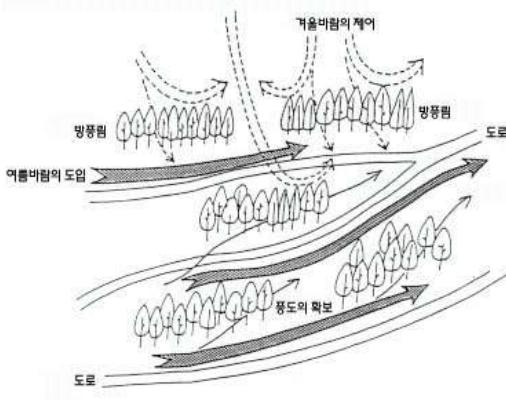
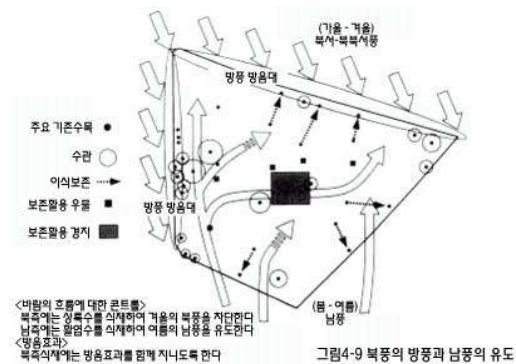
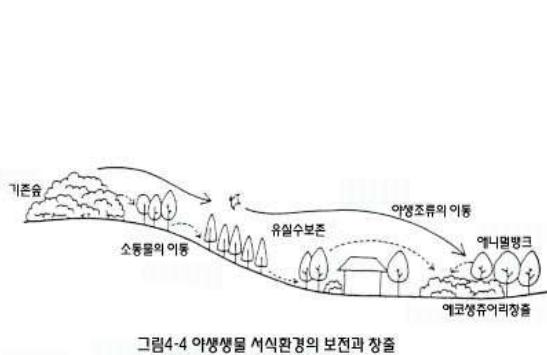
나. 바람의 통로

① 개념

주택단지에서 통풍은 자연의 바람을 받아들이고 오염된 공기를 배출시키는 역할을 하므로 자연통풍을 고려하여 계획한다.

② 적용원칙

- 단지주변의 바람의 흐름을 파악하여 주동의 배치나 건물의 형상을 통해 사계절의 풍향에 대응 할 수 있는 양호한 바람환경을 창출한다
- 주동에 의해 바람이 와류되거나 일시 정체되어 국지풍이 발생하는 현상이 없도록 한다.
- 건물 단위의 경우 통풍대를 설정하여 실내공기의 흐름을 유도한다.
- 겨울과 여름에 불어오는 계절풍의 방향을 파악하여 겨울철의 바람에 대해서는 상록수를 밀식하고, 여름철의 바람에 대해서는 하부의 줄기 사이로 풍도를 확보할 수 있는 활엽수를 적절하게 식재함으로써 부지를 통과하는 바람을 쾌적하게 콘트롤함과 동시에 건물 주변의 미기후 조건을 완화시킨다.
- 강한 바람을 완화시키기 위해 구릉을 조성하거나 바람이 머무를 수 있는 수공간을 조성한다.
- 수공간을 이용하여 여름철 미풍의 발생을 유도한다.
- 통로주변은 저층형 주택을 배치하도록 한다.



(3) 소재 및 구조

① 개념

생태환경도시의 건축은 전통적 자연재료인 흙이나 나무 등의 시공방법을 현대기술에 응용, 개선하여 생태적 순환법칙에 순응하며, 생태계와 균형과 조화를 이루고 지속성이 있는 건축을 의미한다.

② 필요성

- 건축물 시공과 유지관리에 필요한 에너지와 자원의 수요를 최소화하고, 자연의 순환체계와 재생 가능한 자원을 효율적으로 활용한다.
- 물과 공기의 오염, 외부로 방출되는 열, 폐기물, 폐수의 양과 농도 그리고 토양의 포장을 최소화한다.
- 대지 주변에 다양한 종의 동물과 식물이 서식 가능하게 되고, 건축물이 주위 경관과 어우러지게 하여 건강한 주생활과 업무를 가능하게 한다.

③ 계획기법

④ 환경공생적인 건축자재

- 넓은 의미에서 환경공생적인 건축자재는 다음과 같은 조건을 갖추어야 한다.

- a. 오존층을 파괴하는 프레온가스를 발포제 등으로 사용하지 않을 것(발포 단열재 등)
- b. 환경파괴나 자원고갈을 초래하지 않는 건축자재
- c. 제조나 유통시 에너지를 적게 소비하는 건축자재
- d. 장기간 사용 가능하고 폐기 처리가 용이한 건축자재 또는 리사이클링이 용이한 건축자재
- e. 사람에게 편안함을 주는 건축자재
- f. 일상적으로 또는 화재시나 소각시에 유해가스가 발생하지 않는 건축자재
- g. 접촉이나 흡입에 의해 건강에 장해를 초래하지 않는 건축자재
- h. 실내환경의 조정이나 건강을 증진하는 효과를 지닌 건축자재(조습재, 원적외선 방사재 등)
- 환경선진국인 독일의 경우 광물섬유로 만들어진 단열재(유리면이나 암면)에 대해서도 특정 치수의 섬유가 제조, 부착 및 해체시에 인체에 침투하여 건강에 악영향을 미친다고 생각하여 그 대체품으로 목질섬유판, 셀룰로스, 코르크, 코코넛섬유, 양모 등을 사용하고 있다.

⑤ 실내의 유해가스 및 방사능

- 실내환경의 건강과 쾌적성을 고려할 때 공기오염도 중요한 요소로 작용한다. 특히 고기밀 주택에서는 종래의 환기회수가 비교적 많은 주택과 같이 자연환기에 의해 공기가 정화되지 않기 때문에 오염이 없는 건축자재나 라이프스타일을 배려함과 동시에 계획적으로 정상적인 환기가 행해지도록 하여야 한다.
- 오염물질로는 CO₂, CO, NO_x, SO_x, O₃(오존) 등이 있는데 건축자재와 관련된 것으로는 프롬알데히드와 라돈을 들 수 있다.
- 프롬알데히드는 무색의 수용성 가스로 파티클보드나 섬유판, 합판 등의 접착제로 사용되는 프롬알데히드 합성수지(요소계나 폐놀계)에 의해 발생한다. 또한 카펫으로부터도 발생하고 일상생활에서 연소기구의 배기가스나 담배연기속에도 많이 함유되어 있다. 프롬알데히드는 광화학스모그의 반응물질 중 하나이며 0.2~5ppm 정도의 농도가 되면 눈을 자극하고, 상부기도에도 자극을 주어 기관지천식이 있는 사람에게는 극심한 발작을 유발한다. 또한 동물실험을 통해 발암성도 확인되었다.
- 프롬알데히드의 농도에 대한 실측치(표2-21)에서는 상당한 차이를 보이는데 건축자재 뿐만 아니라 생활내용, 환기정도 등에 따라 그 차이가 매우 크다. 일반적으로 신축주택의 경우 그 농도가 높게 나타나는 경향이 있기 때문에 환기에 주의할 필요가 있다. 일본에서는 아직 환경기준이 설정되지 않은 실정이지만 외국의 사례에서는 0.1ppm이하로 설정된 경우가 많다.

⑥ 조습성이 있는 내장재

- 우리나라의 여름 기후는 고온다습한데, 쾌적하지 않다고는 할 수 없지만 곰팡이와 진드기 등 알레르기성 물질이 증가하여 인간의 건강에 나쁜 영향을 미친다. 또한 겨울에는 건조하기 때문에 감기가 유행하여 실내에 가습을 할 필요성이 높다.
- 사람이 쾌적하게 느끼는 상대습도의 범위는 40~70%이기 때문에 이 범위에 맞게 습도를 조정할 필요가 있다. 최근의 주택은 기밀성이 높기 때문에 실내가 어떤 원인에 의해 습도가 높아질 때 (예를 들면 습한 내장재료, 많은 수의 재실자, 세탁물, 요리로 인한 증기 등) 자연환경에 의한 습도조절이 곤란하여 기계적인 환기를 통해 제습이 이루어지게 된다.
- 환경공생적인 관점에서는 기계적인 조습보다 내장재의 흡방습 능력에 의한 습도조절이에너지 측면뿐만 아니라 건강이라는 측면에서 바람직한데 최근의 주택내장재는 석고보드 바탕에 비닐크로스로 이루어지는 경우가 많아 습도조절 능력이 없는 실정이다.
- 목질계 재료는 습도가 높을 경우 흡습을 하고 습도가 낮으면 방습을 하는 습도조절 능력이

있다. 비닐크로스마감에서는 습도의 고저에 따라 상대습도가 오르내리지만(절대습도는 불변) 합판으로 마감을 한 경우 상대습도가 거의 일정하다. 이것은 습도가 낮을 때 합판이 습기를 방출하고 습도가 높을 때 합판이 습기를 흡수한다는 것을 나타내는 것이다.

〈생태적 구조 유형별 비교〉

유형	구조	건축비* 인건비포함 (원/평)	장단점	사례
귀틀집	목재 + 흙 (목재를 가로로 걸쳐 쌓은 후 흙반죽을 채워 넣는 방식)	120~150	건축비가 저렴하다. 시공이 용이하다. 목재 수요 많다. 흙이 굳으면서 수축된다. 건축물 형태가 폐쇄적이다.	강원도 평창 귀틀집학교 충북 청원 농가
담집	골조 - 목재 벽체 - 흙 (목재 뼈대를 세운 후 흙을 다져 벽체를 만드는 방식)	300이상	흙의 자연적 이미지를 가장 잘 살릴 수 있다. 흙이 굳으면서 수축된다. 내수성에 특히 유의해야 한다. 거푸집 제작 등의 특수한 기술이 필요하므로 건축비가 비싸다.	전북 무주 진도리 마을회관 경기도 양평 주택
흙벽돌집	흙벽돌 (조적식, 흙벽돌을 가공하여 쌓는 방식)	160이상	벽돌을 건조시킨 후 시공하므로 수축이 적다. 흙벽돌을 직접 제작할 수 있으므로 재료비가 저렴하다. 벽돌의 줄눈을 따라 균열이 생길 수 있다.	전북 무주 진도리 농가 충남 홍성 문당리 농가

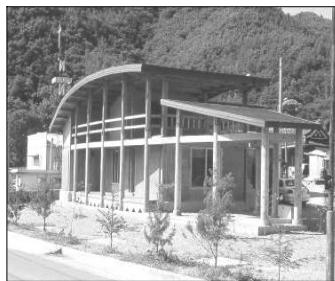
〈생태적 구조 유형별 비교〉

유형	구조	건축비* 인건비포함 (원/평)	장단점	사례
심벽집 (뼈대집)	골조 - 목재 벽체 - 대나무, 수수로 외를 넣고 흙바르기 (전통민가의 보편적 시공 방식)	2300이상 (평균 270정도)	흙 속의 외가 인장재 역할을 하므로 단단하다. 건축비가 비싸다. 목재 뼈대가 구조체이므로 다양한 평면 연출이 가능하다. 건축비가 비싼 편이다.	충북 청원 귀래리 한옥 마을
통나무집	목재 (귀틀집과 같은 방식이나 흙을 사용하지 않음)	300 이상	건축비가 비싸고 외국(캐나다, 뉴질랜드)의 공법에 의존적이다. 건물의 형태가 이국적이다. 목재 수요가 많다. 개방형 공간 창출에 한계가 있다.	각지에 전원 주택으로 다수 보급되었음
스틸 하우스 (Steel House)	골조 - 철재 벽체마감 - 합판, 석고보드 (경량 철재로 뼈대를 세우고, 단열재 채운 후, 판넬 마감)	220 ~300	단열 효과가 우수하다. 구조체의 재활용이 가능하다. 자유로운 형태를 연출할 수 있다. 연립형에 유리하다. 건물 외형이 이질적이다. 단열재료와 마감재료가 화학재료이다. 기초 시공 시 콘크리트를 사용한다.	스틸하우스 업체의 시공 사례가 많음

* 건축비는 절대적 수치가 아니며 재료 및 장비 활용방식, 노동력 투입방식, 지붕의 유형에 따라 상당 액수 오차가 있을 수 있음. 표의 액수는 기시공된 사례 중심이고 지붕, 내장 시공비를 포함한 것임



〈귀틀집 (평창군 용평면)〉



〈담집 (무주군 진도리)〉



〈흙벽돌집 (무주군 진도리)〉



〈빼대집 (무주군 진도리)〉



〈통나무집 (청원군 낭성면)〉



〈스틸하우스 (청원군 남일면)〉

(4) 건물녹화

① 개념

건물 옥상에 정원을 만들고 지붕과 벽면은 담쟁이덩굴 등 넝쿨식물로 덮으며, 베란다와 난간에 화초를 심거나 화분 등을 걸어 건물 자체를 온통 푸르게 만드는 것으로 도시경관을 향상시켜 쾌적한 도시공간을 창출할 수 있다.

② 필요성

⑤ 에너지절약

옥상이나 지붕의 녹화는 최상층에서의 차열이나 단열에 대해 큰 효과를 발휘한다. 또한 벽면 녹화의 경우에도 서측면에서의 차열 등에 유효하기 때문에 공통적으로 에너지절약의 효과가 크다고 할 수 있다. 또한 남측의 베란다 단부에 줄을 걸고 넝쿨식물을 키우면 여름철의 남면 개구부에서의 직사일광을 줄이는 방법이 된다.

⑥ 환경개선

녹화를 통해 경관의 개선, 기온의 조정, 공기의 정화 등을 실현하는 것이 가능하며, 이 때 수목의 량을 풍부하게 지속시키는 일과 함께 경관을 배려한 조경계획이나 수종의 선정이 이루 어질 필요가 있다.

⑦ 자연생태계의 회복(비오톱 창출)

작은 새나 곤충, 물고기 등과의 공생을 꾀하는 것도 건축물 녹화의 한가지 이유가 된다. 이를 위해서는 옥상정원이 하나의 작은 생태계로서의 조건을 지니도록 할 필요가 있는데 작은 새나 곤충이 좋아하는 수목이나 생태연못 등을 계획한다. 그러나 옥상 등의 경우에는 그 면적 이 한계가 있고 따라서 충분한 비오톱을 조성하기 어려운 경우가 많기 때문에 정원이나 근처

의 수목과의 네트워크를 고려하는 것이 중요하다.

기타 방재, 벗물에 대한 대책, 프라이버시의 확보, 취미생활(원예, 텃밭 가꾸기) 등의 목적으로 녹화를 하는 경우도 있다.

가. 옥상

① 필요성

⑤ 토양생태계의 복원

도시의 인구집중과 그에 따른 고층, 고밀도의 건축행위는 더 이상 도심지 내에서 동식물이 서식할 수 없는 환경으로 만들었으며, 대도시의 경우, 녹지나 외부공간을 고층건물, 도로, 주차장 등에 할애하여 녹지는 점점 잠식되었다. 이러한 비정상적인 도시생태계와 도시환경을 개선하기 위해서는 작은 면적의 녹지라도 조금씩 확보해 나가는 것이 시급한 실정이다. 이처럼 옥상녹화는 지상에서 확보하기 불가능한 녹지량을 충분히 보상할 수 있는 유일한 대안이다.

⑥ 건축물 냉난방 에너지 절약 효과

- 옥상녹화는 기존의 비녹화 지붕에 비해 열전도율이 낮아 외기온도가 전달되는데 시간이 오래 걸리기 때문에 건축물 냉방 에너지 절약에 상당한 효과를 가져올 수 있다.
- 여름철

주간에는 외기온도 보다 옥상녹화시스템은 8°C정도 낮은 온도 분포를 보이고, 콘크리트 표면은 15°C 정도 높은 온도를 보여주고 있다. 이와 같은 현상은 토양층 상부에 위치한 식생층의 반사를 포함한 일사 차단효과와 식생부분의 증발산 작용에 의한 잠열효과 및 토양층이 지닌 물리적인 단열 성능이 복합되어 영향을 미친 것으로 판단된다.

〈여름철 콘크리트와 옥상녹화시스템의 온도변화〉

(단위 : °C)

구 분	평균온도	최 저	최 고	온도차	비 고
외기온도	29.5	23	36	13	
콘크리트	36.5	23	50	27	
옥상녹화 시스템	표면	30.0	22	38	15
	0.5cm	27.5	23	32	9
	10cm	27.0	24	30	6

- 겨울철 당초예상과 달리 옥상녹화시스템은 겨울철 단열에도 상당한 효과가 있는 것으로 나타났다.

- a. 콘크리트 → 1일간 영하이하 지속시간 17시간
- b. 옥상녹화 → 1일간 영하이하 지속시간 0시간

〈겨울철 콘크리트와 옥상녹화시스템의 온도변화〉

(단위 : °C)

구 분	평균온도	최 저	최 고	온도차	비 고
외기온도	1.5	-4	7	11	
콘크리트	1	-3	7	10	
옥상녹화	2	0	4	4	

④ 냉난방 에너지 절약

한국건설기술연구원 실험자료에 의하면 옥상녹화 주택이 에너지절약에 있어 비녹화주택보다 훨씬 효율적임을 알 수 있다.

〈옥상녹화주택의 에너지 소비량〉

구 분	1일소비량	총 소비량	소비율	비 고
콘크리트 주택	1.59(kWh/day)	17.5(kWh)	100	
옥상녹화 주택(A)	1.49(kWh/day)	16.4(kWh)	94.3	
옥상녹화 주택(B)	1.38(kWh/day)	15.2(kWh)	90.2	

⑤ 도시 열섬현상 완화

- 도시의 온난화, 사막화는, 도시내 포장률, 도로율의 증가로 인해 더욱 가중되고 있다. 지표면에서 더워진 공기가 상승하여 대기권 내에 온난 기류를 형성시켜 결국 도시 열섬현상을 야기하였고, 하절기인 경우 야간에도 대기온도가 내려가지 않는 열대야 현상 등을 흔히 볼 수 있다.
- 한여름 포장지역의 온도는 55°C에 달한다. 실제로 도시내에서 여름의 지표면 온도를 열화상으로 분석하면 녹지피복 지역은 포장지역에 비해 온도가 현저하게 낮으며, 일교차 또한 녹지지역이 낮다. 이는 결국 녹지에 따른 일사의 반사 및 증발산 작용이 도시 열섬현상을 완화시키는 작용을 한다는 것을 보여준다.

⑥ 도시 흥수예방

- 도시화가 진행됨에 따라 지표면이 콘크리트나 아스팔트 등의 불투수성 재료로 포장되어 지하 침투수량이 감소하고, 반면 하수도로 직접 유입되는 유수량의 증가로 도시내 자연순환계에 심각한 불균형이 초래되는 등 우수 유출량의 증가로 도시홍수와 같은 큰 재해가 발생됨.
- 옥상녹화는 도시환경을 개선하고 조절하는 생태적인 기능과 에너지 절감이라는 직·간접적인 효과와 함께 건물의 고밀도와 불투수성 면적의 증가라는 당면과제에 대하여 가장 현실적인 대안으로 주목받고 있다.
- 콘크리트와 아스팔트 지붕은 우수 유출계수가 0.8 ~ 0.95인 반면, 잔디와 수목은 0.05 ~ 0.25인 관계로 우수유출 저연효과가 크다.
- 한국건설기술연구원의 실험결과 10cm 토심의 옥상녹화시스템은 토양층이 지닌 흡수능력과 증발량에 의하여 실제 강우량의 70% 내외의 우수유출 저감 효과가 있는 것으로 분석되었다.

⑦ 공기정화

옥상녹화는 이산화탄소, 질소화합물, 벤젠, 분진 등과 중금속을 흡수하고 산소를 방출하여 공기를 정화시킨다. 4m 나무의 1년간 이산화탄소 흡수량 약11.5kg, 성인 1인의 1년간 이산화탄소 배출량 약60kg 이므로, 4m 나무 5 ~ 6 그루면 1인분의 이산화탄소 처리가 가능하다.

⑧ 수질정화

자동차 배기ガ스와 먼지로 인해 공기중의 더러운 미세한 분진이 초기 우수에 섞여 빠른 속도로 유출될 경우, 하천오염 등의 심각한 문제가 발생되는데 옥상녹화는 이러한 초기 우수를 토양층을 통해 여과시키는 작용을 함으로써 수질오염 경감효과가 있다.

⑨ 소음 경감 효과

- 옥상녹화의 토양층은 소리파장을 흡수하여 분쇄시킴으로써 소음을 경감시키는 역할을 한다. 기존의 콘크리트 옥상은 소리파장을 그대로 반사시키지만 토양층은 소리파장이 표층에 도달하면 일단 내부로 흡음시키는 효과가 있기 때문에 단파장이 장파장으로 변화되어

퍼지게 된다.

- 실제로 20cm의 토양층은 46dB 정도의 소음경감 효과가 있다.

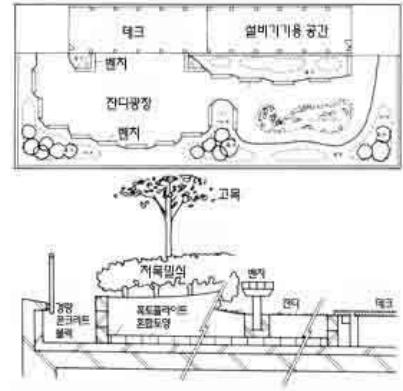
② 도시경관 향상

옥상녹화는 그 자체로서 건물 외관 향상 및 차폐, 가로경관의 향상 등 초록이 있는 새로운 공간을 창출한다. 또한 벼려진 옥상을 휴식·휴양공간으로 활용할 수 있기 때문에 새로운 공간 창출이 가능해져 공간의 입체적이고 효율적인 활용이 가능해 진다.

③ 건축물의 내구성 향상

옥상녹화 토양층은 산성비와 자외선에 의한 방수층보호 및 콘크리트 노화 방지로 건축물의 내구성을 향상 시키는 효과가 있다.

일본의 1994년 조사자료에 의하면 18년이 지난 건물의 녹화된 부분은 거의 노화가 없던 것으로 나타나 노출된 부분과 대조적이었다. 그리고 녹화된 부분의 콘크리트는 알칼리성이었지만 노출부분은 완전히 중성화되었다. 즉, 구조물의 온도변화 영향이 줄어들기 때문에 옥상녹화 밑의 콘크리트면은 온도변화가 거의 없어지므로 내구성이 향상되는 것이다.



〈빌딩의 옥상녹화 모델〉

④ 적용원칙

- 조성된 녹지가 연속적으로 그 기능을 유지해 가기 위해서는 식물 생산기술, 계획설계, 식재기술, 관리기술이 일체가 되는 종합적인 녹화기술을 확립해야 한다.
- 옥상환경은 지표면과는 판이하게 다른 조건을 가지고 있기 때문에 기술, 비용 그리고 수목 생리적으로 고려해야 할 사항이 훨씬 많고 복잡하다.

〈옥상녹화공간의 환경조건과 계획방향〉

구분	옥상녹화공간의 환경(제한요인)		계획방향
기상학적 환경	바람	건물층수가 높아짐에 따라 풍속이 증가하고 과잉의 증발산과 풍도(風倒)의 위험이 있음	<ul style="list-style-type: none"> - 방풍대책, 방풍식재, 내풍성 및 내조성이 있는 식물의 선정 - 지주목 설치 검토
	온도	장소에 따라 여름철의 지나친 고온(50~80°C)의 염려가 있음	- 고온에 강한 식물의 선정
	토양 수분	지하로부터의 수분보급이 없고 건조 피해발생 우려	<ul style="list-style-type: none"> - 보수성이 있는 토양, 관수장치, 멀칭재료 검토 - 내건조성이 있는 식물 선정
	일조	일조조건은 대개가 옥상이면 양호하나, 주위의 건물상태에 따라 음지가 발생 될 수도 있음	- 내음성, 내일조성이 있는 식물 선정
	기타	경우에 따라 공조냉각수의 비산오염, 설비배기기에 의한 식물생리장애의 위험성 발생. 구조재의 콘크리트는 강알칼리성	<ul style="list-style-type: none"> - 식재위치 조정 - 적정식물, 토양 선택 신중
건축적 환경	하중	하중제한(경량화)	<ul style="list-style-type: none"> - 토양 종류, 구조 - 식물재료 박종화 검토
	수분	토양 과습에 의한 건물에의 누수	- 기반구조의 검토(배수, 방수, 방근)
	이용자	이용자 안전	- 추락방지책의 검토(높이 1.1m 이상), 식재상의 배려

〈옥상녹화 계획단계〉

구 분	내 용
계획전제조건	용도, 예산, 입지, 자연조건, 사회환경
녹화가능공간	옥상, 지하주차장 상부, 구조물 상부, 베란다, 벽면 등의 녹화위치, 규모, 형태
녹화목적	시공주의 요망(경관향상, 생활환경보전, 방재, 심리적효과, 경제적 효과, 자연환경회복 등)
녹화내용	자연형, 공원형, 정원형, 활동형, 휴식형, 재배형 등 검토
공간이용	불특정다수의 공개, 특정공개 등 이용범위 설정
관리체제	관리형태, 관리비용

• 식재계획과 유지관리계획

녹화의 목적에 따라 전체의 배치와 수종, 배식 등을 결정하게 되는데 이용방법이나 관리형태 등을 포함하여 다음과 같이 식재계획을 한다.

- 해당 옥상부분의 환경압 파악
- 일상적인 이용상황 설정
- 관리형태, 내용, 방법, 비용의 설정
- 식재상의 문제점 파악과 해결방법의 설정
- 토양의 압력, 토양의 종류, 토양구성의 설정
- 바람에 대한 대책설정
- 수종의 선택, 나무높이의 선택, 식재위치, 식재구성의 설정
- 관리용 기기의 설정

• 하중에 대한 고려

- 뿌리가 크고 굵을 경우 건물의 기둥 부위에 식재할 수 있도록 하고 기둥이 없을 경우, 이에 대한 대책이 필요하다.
- 옥상의 수경시설이나 운동 및 놀이시설, 휴게시설, 기타시설(편의 시설이나 조각 등의 첨경물)들의 하중에도 유의한다.
- 시설물 설치시 가벼운 재료를 사용한다.(경량콘크리트, 경량금속, FRP, 목재 등)

• 살수설비

- 자연지면과 같이 지중으로부터 수분보급이 없기 때문에 인위적인 살수가 불가피하다. 살수방법은 토양의 수분을 감지하여 자동적으로 물을 공급하는 방식이 바람직하지만 예비용으로 사람이 직접 물을 뿌릴 수 있도록 한다.
- 지표면에 살수할 경우 주변으로 비산되거나 쉬우므로 지중에 물을 공급하는 방식이 바람직하다.
- 토양의 두께가 적을수록 살수빈도를 높일 필요가 있다. 토양 표면에 멀칭재를 사용한다.

• 수목의 지지

- 바람에 내성이 있는 수목을 식재하는 것이 우선이지만, 바람을 막기 위한 펜스나 방풍막을 설치하는 것도 하나의 방법이다.
- 바람에 의한 피해를 줄이기 위해 펜스나 방풍막 이외에 지주목을 설치하는 방법이 있으며, 옥상과 같이 지반이 얕은 곳에서는 지주를 지속적으로 설치해 두는 것이 바람직하다.

• 방수

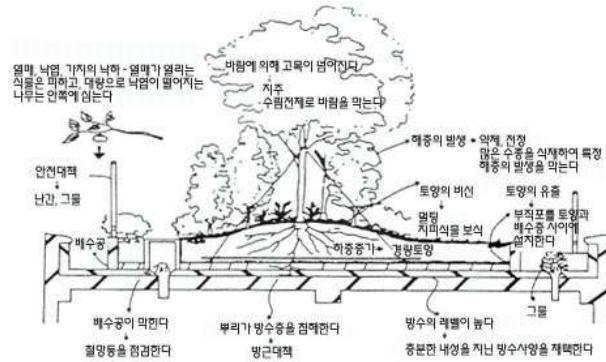
- 옥상방수는 이용목적에 따라 방수방법이 달라지는데, 최근에는 시멘트 방수나 아스팔트 방수를 많이 하고 있다.
- 식물뿌리가 방수층을 파괴하지 않는가 혹은 방수층의 성능이나 내성에는 이상이 없는지 검토한다.
- 방수시트로 방수 처리방법을 선택할 경우 연결 부위에 틈이 생기지 않도록 주의한다.

- 식재공사를 할 때 방수층이 손상을 입지 않도록 하며, 방수층과 슬라브면에 완충층을 설치하는 것도 옥상면 보호에 좋은 방법이다.
- 배수
 - 옥상 구배는 지역의 강수량에 따라 차이가 있지만, 일반적으로 시간당 평균최대강수량이 30mm가 되는 곳을 기준으로 1시간 이내에 배수가 완료하도록 하는 것이 바람직하다.
 - 강우 등에 의해 수분이 과다하게 공급되는 경우에는 신속히 배수가 이루어지도록 배수구배와 배수방법을 배려한다. 옥상은 구조물 바닥의 양호한 배수를 위해 배수구를 기준으로 최저 1.5~2%의 경사를 둔다.

③ 세부 시설별 적용원칙

• 식재 구성과 배치

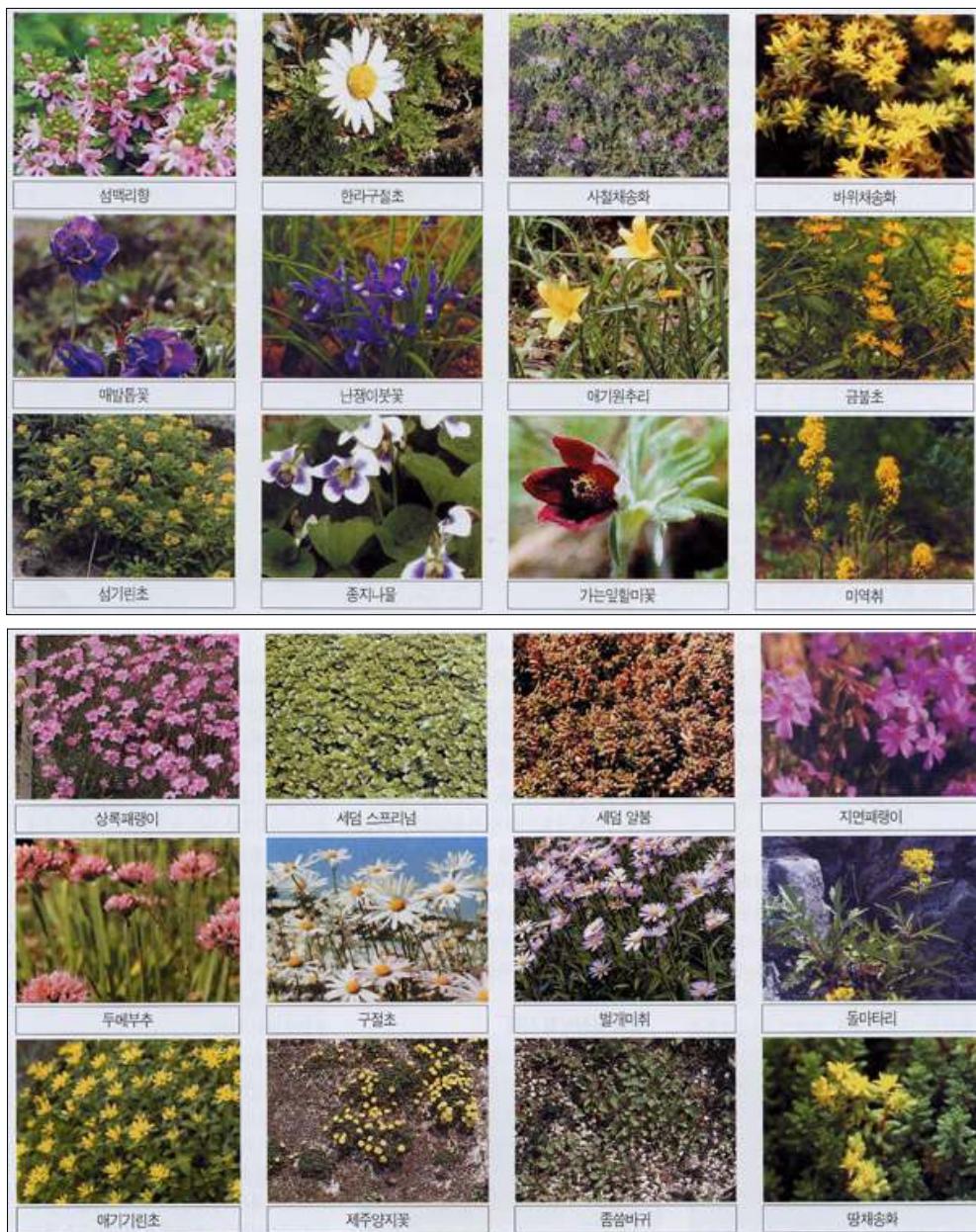
- 바람의 영향이 큰 경우는 지주목 설치 등 바람에 대한 철저한 대책이 필요하고, 그것을 할 수 없을 경우는 교목의 식재를 피한다.
- 바람이 부는 상층에 식재를 밀식하여 식재내부에 바람이 들어가지 않도록 한다. 또 이 부분의 수종은 바람에 강하고 내건성이 있는 수목으로 한다.
- 단목으로 식재를 할 경우는 바람을 맞는 면적이 적은 수종과 수형을 선정한다.
- 아교목과 교목의 식재밀도는 식재 후 2~3년에 수관이 충분히 만날 정도로 하고, 관목 일 경우에는 식재 후 1년 이내에 수관이 꽉 찰 정도로 계획한다.
- 관목, 지피식물, 멀칭 등에 의해 토양을 노출시키지 않도록 한다.
- 사람이 출입하는 지역의 잔디는 페라이트 등 잘 굳지 않는 종류의 토양을 사용한다.



〈식재계획의 유의점〉

• 옥상녹화에 적용 가능한 식물

- 가능한 한 키가 작아서 관리가 용이하고 수관부에 미치는 바람의 저항도 줄일 수 있는 풀
- 일사의 차단과 토양표면의 보호를 위해 잎과 가지가 조밀하여 견고한 피복상태를 나타내는 풀
- 지하부 깊숙이 뿌리가 발달하는 심근성 보다는 얕게 옆으로 퍼지는 천근성 식물
- 식물체 지상부 및 지하부의 생육이 너무 왕성하지 않은 식물
- 전지 전정이 필요 없고 관리가 용이한 식물
- 내건성 및 내광성, 내습성, 내한성, 내서성, 내병성이 고루 강한 식물
- 이식 후에도 활착이 빠르고 해를 입어도 회복이 빠른 식물



〈옥상녹화에 적용 가능한 식물 예〉

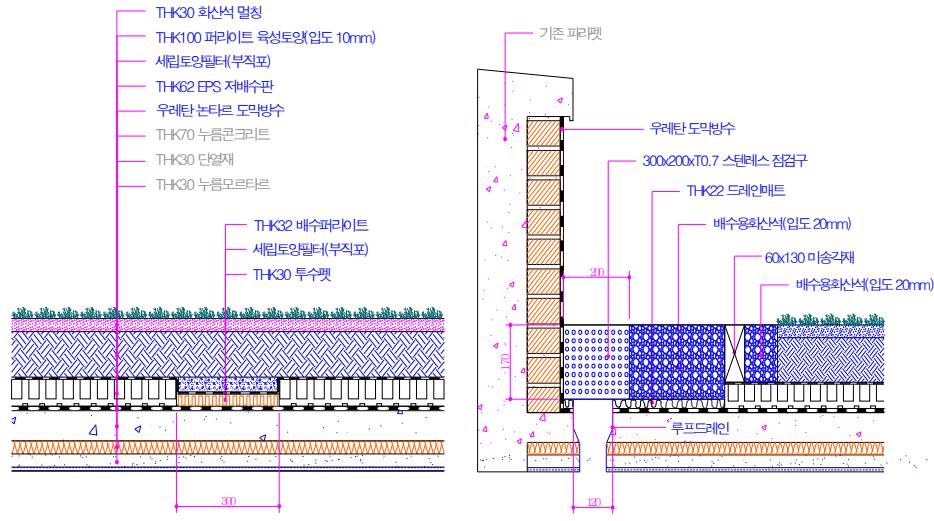
• 하중

- 식재 공간의 하중은 토양·식재층·배수층·하중 및 수목하중의 합계이다.
- 옥상에 일반적인 토양을 성토하는 경우에도 적재하중이 $1t \sim 1.5t/m^2$ 으로 매우 무겁기 때문에 경량화를 도모한다.
- 혼합토양을 사용할 경우 종래에는 7:3정도의 혼합비율이 적용되었는데 최근에는 5:5의 비율도 사용되고 있다.
- 최근에는 초경량 인공토양(비중 0.4~0.6)의 사용으로 건물에 미치는 하중부담을 줄일 수 있으나, 바람에 의한 전도방지 대책이나 살수장치 등에 대하여도 충분히 배려한다.

• 방수, 배수

- 안전성이 높고, 내용 연수가 긴 방수공법을 선택한다.(아스팔트 방수공법, 개량 아스팔트 방수공법 등)

- 방수층 상부에는 일반 누름콘크리트를 타설하고 그 위에 배수층을 설치한다.
- 배수층은 자갈, 쇄석, 흑요석 펄라이트, 화학제품(성형품) 등을 사용하며, 배수층 상부의 토양이 배수층으로 스며들지 않도록 그 사이에는 부직포를 넣는다.
- 또한 수목의 뿌리가 콘크리트나 방수층을 손상시키지 않도록 방근시트를 깔게 되는데, 그 방법으로는 배수층 하부에 불투수성 방근시트를 사용하는 경우와 배수층 위에 투수성 방근시트(토양방지층 병용)를 사용하는 경우가 있다. 후자의 경우에는 뿌리가 배수층으로 들어 가지 못하는 이점이 있다.



- 풍해 방지
 - 건물의 옥상에서 수목을 지지하는 방법으로는 지주를 이용하여 벼름목을 설치해 주는 것이 일반적이다. 최근에는 강재 등을 이용하여 지하에 매설하는 형태의 수목지지 시스템도 개발되어 있다.



〈다카시마 백화점 옥상정원〉



〈독일 하노버 생태주거단지〉

- 바람의 영향을 약화시키기 위해서는 수목을 모아서 군식하는 것이 바람직하다. 다만 종고목의 밀도는 지주의 설치가 가능하도록 2~4m 간격이상으로 한다. 또한 맞바람을 줄이고 뒷바람을 늘이도록 수목을 배치한다.



〈미국록펠러센터 옥상정원〉

〈울산 월드컵경기장 북측매표소 옥상녹화〉



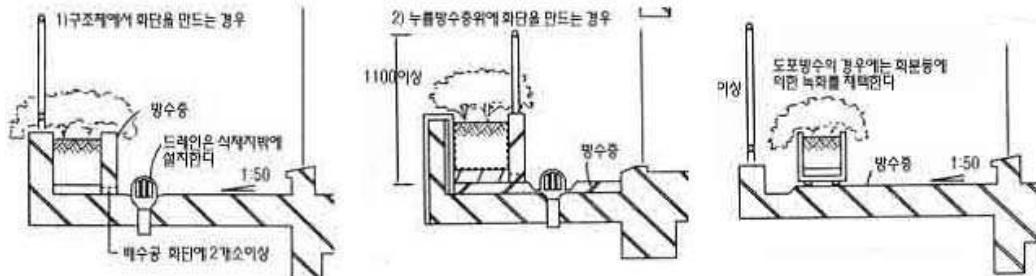
〈광화문 교보생명 기계실
옥상녹화〉(시공직후)



〈광화문 교보생명 기계실
옥상녹화〉(시공후 3개월)

나. 베란다 녹화

베란다에 본격적으로 녹화를 하는 경우는 그다지 많지 않지만 이 경우에도 옥상과 마찬가지로 방수와 그 밖의 조치를 취하지 않으면 안 된다. 베란다의 경우에는 대개 레벨개가 있기 때문에 인위적인 살수가 필요하다. 일반적으로 베란다의 단부에 화단을 만들고 식재를 하게 된다. 간이방수(방수도장이나 방수몰탈)를 하고 녹화하는 경우에는 화분을 놓는 형태로 한다.



〈베란다녹화 예〉

다. 벽면녹화

① 개념

- 벽면녹화는 덩굴식물이 흡착 또는 휙감으며 타고 오르거나 늘어지는 생육특성을 이용하여 녹화하는 방법이다.
- 일반적으로 장치를 설치하여 식물을 심거나 벽면의 전면에 수목을 열식하거나 혹은 수목의 가지를 그물모양의 평면으로 하여 유인, 전정하여 벽면 가에 식재하는 방법이 있다.
- 벽면녹화는 좁은 면적에도 녹의 면적을 배가시킬 수 있는 효과적인 방법이다.

② 적용원칙

- 벽면은 베란다도 포함하여 건축물 전체의 조화를 고려하여 계획한다.
- 특히 에너지 이용의 효율화를 위하여 건축물 서측의 벽면녹화는 중요하다
- 벽면의 방향에 따른 일조나 우수의 차이, 강우 등 벽면의 환경이나 구조에 따라 적절한 식재와 수법을 선택한다.
- 벽면자체에 나란히 세워 뿌리 뻗는 기반을 만들 경우 급·배수의 처리를 충분히 하여 물이 벽면에 들어오거나 비산하지 않도록 한다.
- 벽면에 부착되는 넝쿨식물의 경우 몰탈이나 콘크리트에 직접 부착되도록 하면 뿌리로부터 나

오는 산성물질이 벽면으로 침투하거나 뿌리가 균열의 틈새를 파고 들어가 그 균열이 확대될 우려가 있으므로 벽면이나 베란다 전면에 와이어를 걸고 와이어를 타고 넝쿨식물이 자라도록 하는 경우도 있다.

- 벽면녹화의 위치, 기상, 입지조건과 환경압, 벽면의 구조, 형태, 규모, 방위, 기대되는 녹화이미지, 생육 년 수 등을 고려하여 계획한다.

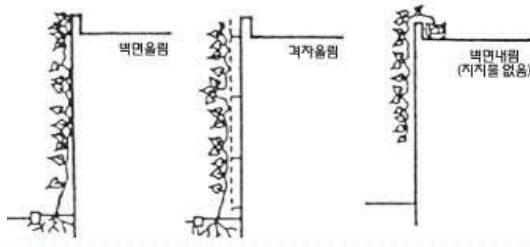
⑤ 식물선택기준

- 수목 혹은 다년생 초목 등 영구적 녹화가 가능한 것
- 초기에 녹화효과를 얻을 수 있도록 생육이 양호하며 면적 피복이 빠른 것
- 식물의 형태, 녹화상태가 아름다운 것
- 장차 유지관리가 용이한 것
- 병충해가 적은 것
- 건조에 잘 견디며 나쁜 땅에서도 비교적 양호한 생육을 하는 것

⑥ 녹화 방법별 특성

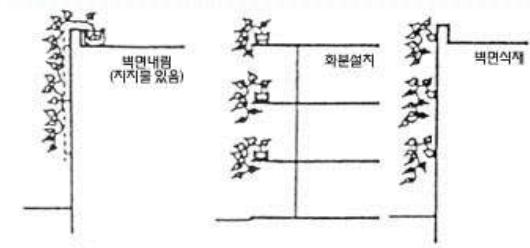
• 벽면 올림

- 식물을 벽에 직접 부착시켜 타고 올라가게 한다.
- 부착성 넝쿨식물을 이용한다.
- 일반적으로 평활한 벽면에는 부착이 곤란하다.



• 격자 올림

- 벽면에 설치한 격자를 이용하여 식물을 묶거나 혹은 유도하여 올라가게 한다.
- 줄기가 길게 뻗어 자라는 식물부착성 넝쿨식물을 이용한다.
- 부착성 넝쿨식물은 유인하여 올라가게 한다.



• 벽면 내립

- 옥상에 식재한 넝쿨식물이 벽면을 타고 내려가게 한다.
- 넝쿨식물을 이용한다.



〈벽면녹화 방법〉

• 화분 설치

- 발코니나 창대에 놓은 화분에 식물을 심는다.
- 넝쿨(성) 식물, 화초, 저목을 이용한다.
- 저목은 벽면·벽전 식재와 유사하다.



• 벽면 식재

- 벽면에 설치한 배지에 직접 식물을 심는다.
- 솔잎채송화 등 초본류를 이용한다.
- 설치한 배지의 내구성이 문제가 된다.

③ 세부 시설별 적용원칙

① 입면녹화 식물의 선정

- 녹화목적에 적합하고, 열악한 환경조건에 잘 견딜 수 있는 것
- 잎이나 꽃, 열매 등 관상적 가치가 뛰어난 것
- 수급 및 유지관리가 용이하고 가격이 저렴할 것

〈벽면녹화용 식물 선정〉

구 분	부착형	줄기 감기형
상록성	송악, 줄사철	인동덩굴
낙엽성	담쟁이덩굴	으름덩굴, 노박덩굴, 등나무

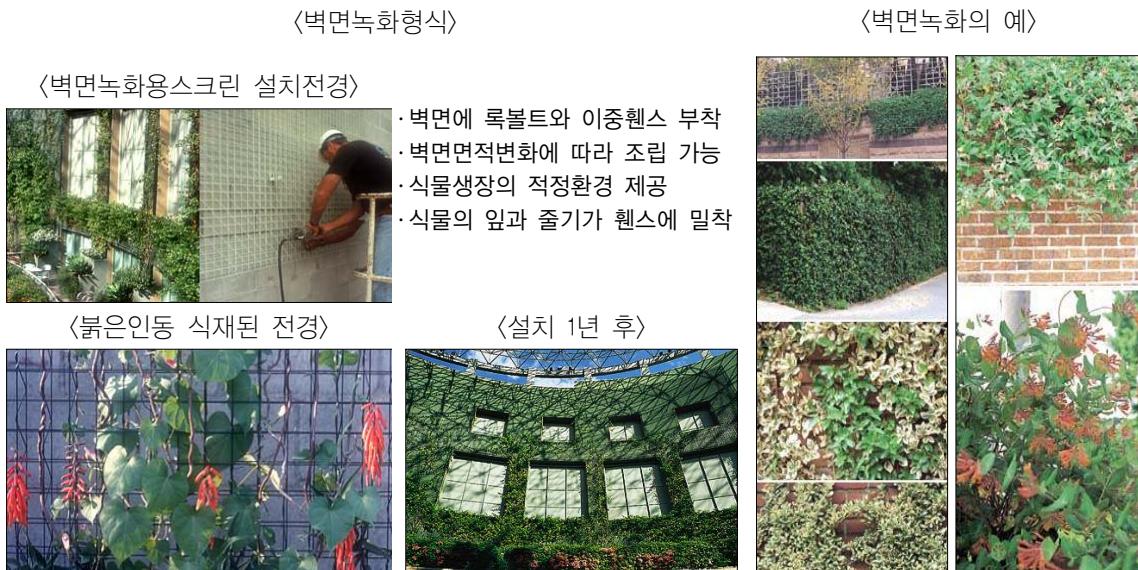
② 등반보조시설

〈벽면녹화용 등반보조시설 종류〉

구분	당김줄형	격자형
설치 개요	벽면상하에 앵커를 박아 고정시킨 후 Wire-rope 를 수직연결하고 텐버클로 조정하여 설치	벽면에 일정 간격으로 결합구(기성품)를 박아 고정시킨 다음 결합구 구멍으로 Wire-rope연결
적용	능소화, 등나무 등 교목성 덩굴 식물을 로프에 묶어 고정	부착형/감기형 덩굴식물을 장식적으로 녹화하는데 한정하여 사용

③ 적용 부위의 선정

- 건물 측벽이나 출입구
 - 관리동이나 재활용보관소 측벽 또는 필로터가 난 주거동 입구 램프에 면한 플랜터 등을 녹화한다.
 - 등반 부착형 또는 등반 감기형 식재기법을 적절히 사용한다.
- 단지내 지하주차장 노출벽면이나 출입구
 - 벽면 기부에 최소폭 20cm이상의 식재공간을 확보하거나 또는 상부에 플랜터 설치 등으로 식재공간을 확보한다.
 - 벽면기부에는 경관위주의 등반 부착형 또는 등반 감기형 식재기법을 적용하고, 상부에 하수형 식재기법을 적용한다.
- 옹벽, 석축, 장식벽, 돌담
 - 벽면 기부에 최소폭 20cm이상의 식재공간을 확보한다. 등반 부착형 또는 감기형 등 경관을 고려한 다양한 식재기법을 적용하며, 문양 거푸집 사용시 세로 흄을 가진 리브문양을 사용한다.



- a. 능소화(능소화과) (*Campsis chinensis*) : 벽, 암벽, 콘크리트벽, 담벽 등 피복 식물
- b. 무늬줄사철(노박덩굴과) (*Euonymus fortunei radicans 'variegata'*) : 벽, 암벽, 콘크리트벽, 담벽 등 대표적 피복식물
- c. 붉은인동(인동과) (*Lonicera perichymenum 'Belgica'*) : 훈스나 공작물 유인, 벽면식재, 개화기간이 길다.

5) 자연에너지 이용

지금까지 우리나라의 도시는 급속하고도 에너지 집약적인 성장을 이루었다. 이에 따라 외형적인 성장 못지 않은 환경문제가 심각하게 대두되었다. 특히, 화석연료의 소비증가에 따라 서울을 비롯한 대도시에서 대기는 세계보건기구의 적정 기준을 빈번히 초과해 왔다. 이와 같은 시민의 건강을 위협하는 공해물질은 대부분이 에너지가 도시화 과정에서 쓰여지면서 생성된 직접적인 산물인 것이다. 따라서 이들 환경 문제의 개선을 위해서는 이제까지와는 다른 도시성장 체계의 확립이 절실히 요구된다.

생태환경도시에서는 기존의 화석연료를 사용한 에너지사용방식보다는 대체에너지의 이용을 통한 환경부하를 최소화하는 방향으로 에너지사용 계획을 수립해야 한다. 이를 위해서 지역실정에 적합한 태양열, 풍력, 수력, 바이오매스, 폐기물이용 등의 대안을 모색하고 적용가능한 방식을 도출하여 계획단계별로 활용방안을 마련하여야 한다.

(1) 태양에너지 이용

태양광발전은 깨끗하고 무한한 태양에너지를 직접 전기에너지로 변환시키는 기술이다. 현재 태양광 발전 기술수준으로는 생태환경도시 전체의 전력수요를 충당할 수는 없으나 개별건축시 적용하여 가정용 전력이나 가로등, 조명 등에 활용할 시 상당부분의 대체에너지 역할을 담당할 수 있다. 따라서 생태환경도시 계획시 현지 여건에 맞는 태양에너지 활용시스템을 개발하여 적용할 필요가 있다.

이와 같은 태양에너지 이용 시스템은 크게 태양에너지를 기계장치를 통하여 얻는 엑티브 솔라 시스템과, 태양열을 에너지화하여 이용하는 패시브 솔라 시스템으로 구분할 수 있다.

가. 개요

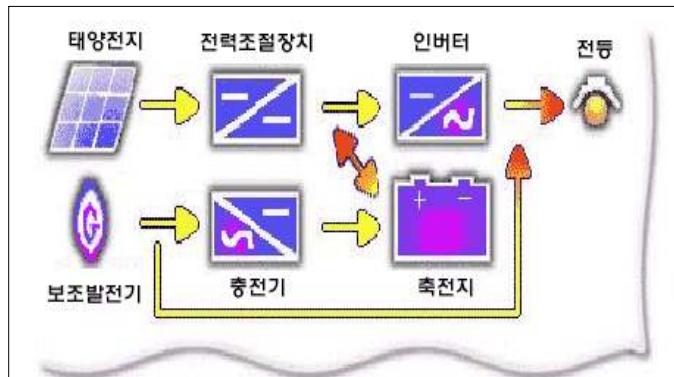
태양에너지 이용을 위한 태양광전지는 얇은 규소 결정판의 한쪽 면에 극미량의 인을 붙이면 4개의 규소와 5개중 4개의 인 원자가 결합하게 되어 결합에 필요치 않은 인의 한 개 원자가 규소판 위에서 자유롭게 이동할 수 있게 되어 인으로 이루어진 n층은 양전하를 띠게 된다. 반대로 규소판의 다른 한 면에는 봉소를 입혀 전자가 모자라는 자리를 채울 수 있게 하여 판전체는 전기적으로 중성을 띤다. 이 반도체 접합으로 구성된 태양 전지(solar cell)에 태양광이 조사되면 규소의 자유전자가 양전하를 띤 n-면으로 이동하고 상대적으로 p-면 경계에 전자 부족 상태가 양으로 하전되는 결과를 갖는다. 따라서 두 면을 전자를 통과시켜주는 금속으로 연결 시 n층과 p층을 가로질러 전류가 흐르게 되는 광기전력 효과(photovoltaic effect)에 의해 기전력이 발생하여 전기에너지가 발생하게 된다.

이러한 태양 전지는 하나의 발전량이 1.5 와트 밖에 되지 않아 전기용품에 이용되기에 불충분한 면이 있어 필요한 단위 용량으로 연결하여 광전지를 보호할 수 있도록 투명한 합성수지로 싸서 유리판 사이에 넣은 형태의 태양전지 모듈(solar cell module)로 만들어 이용될 수 있다.

광전지를 이용한 태양광 발전기는 대체로 독립형과 계통 연계형으로 나뉜다. 독립형은 자가발전 시스템처럼 생산된 전기를 전력망에 연결하지 않고 사용하는 것으로 등대나 섬과 같이 전력 계통이 정비되지 않은 지역에서 이용되고 현재 가장 많이 사용되나 항상 에너지원, 에너지 저장장치, 충전 조정장치, 배전장치 및 소비장치로 구성되어 있어 설비 상에 부담이 된다. 여기서 에너지원은 당연히 햇빛이 되고, 저장장치로는 일반적으로 축전지가 사용된다. 축전지는 햇빛이 비칠 때 광전지에서 생산된 전기를 저장했다가 햇빛이 비치지 않을 때 내놓는 일을 반복하는 역할을 하는데, 니켈-카드뮴 축전지, 니켈-수소화금속 축전지, 니켈-나트륨 축전지, 납축전지 등 다양한 종류가 있다. 조정장치는 축전지와 광전지 사이에 설치되는 것으로, 축전지가 과충전되거나 모듈 쪽으로 전기를 방전하는 것을 방지하여 축전지의 수명을 가능한 한 오래 유지시키는 역할을 한다. 배전장치는 생산된 전기를 축전지로부터 또는 광전지로부터 직접 전기 사용장치로 전달해주는 장치이다.

계통연계형 태양광 발전 시스템은 모듈에서 생산된 전기를 전력망에 연결해서 전력공급회사로 보내는 것을 말한다. 이 경우 태양전기 생산자는 자신이 쓰고 남은 전기를 전력회사에 팔고, 태양전기로 필요한 전기를 충당하지 못할 때는 전력망으로부터 전기를 공급받게 된다. 이 시스템에서는 전기가 남을 때는 전력망으로 보내내고 모자랄 때는 전력망으로부터 전기를 얻을 수 있기 때문에, 전기 저장장치가 필요없게 되고, 이에 따라 비용도 적게 든다. 주요 구성장치는 태양광 발전기와 전력망으로 보내는 역송전장치이다. 발전기에서 생산된 직류의 태양전기는 우선 역송전장치로 들어가고 그곳에서 전선망에 맞는 교류로 변환된다. 그 후 이 전기는 가정에서 필요한 경우에는 원래 가정에 설비되어 있는 전선을 통해 자체 소비되고, 그렇지 않은 경우에는 전선망으로 보내진다. 이때 역송전된 전기와 전기회사로부터 공급받은 전기를 계산하기 위해 두 개의 계량기가 설치된다. 계통연계형 시스템은 독립형에 비해 여러가지 설비가 필요없게 되고 따라서 유지비가 적게 들어가기 때문에 경제적으로 크게 유리하다.

태양광 발전은 무한정, 무공해의 태양 에너지를 이용하므로 연료비가 불필요하고, 대기오염이나 폐기물 발생이 없으며, 발전 부위가 반도체 소자이고 제어부가 전자 부품이므로 기계적인 진동과 소음이 없으며, 태양 전지의 수명이 최소 20년 이상으로 길고 발전 시스템을 반자동화 또는 자동화시키기에 용이하며, 운전 및 유지 관리에 따른 비용을 최소화 할 수 있는 장점을 지니고 있다. 그러나 태양 전지는 가격이 비싸 많은 태양광 발전 시스템의 건설에는 초기 투자가 요구되므로 상용 전력에 비하여 발전 단가가 높고, 일사량에 따른 발전량 편차가 심하므로 안정된 전력 공급을 위한 추가적인 건설비 보완이 필요한 단점이 있다.



〈태양광 발전의 원리〉

나. 액티브 솔라 시스템

액티브 솔라 시스템은 기계적 장치를 사용하여 강제적으로 태양열을 저장하는 방식으로 태양에너지를 적극적으로 활용하는 방법이라 할 수 있겠다. 태양광 발전 시스템(태양전지)과 설비형 태양열 이용 시스템으로 구분할 수 있다.

① 태양광 발전 시스템(태양전지)

④ 개념 및 특성

태양광 발전 시스템은 태양 빛을 받으면 직접 전기를 발생하는 반도체 소자인 태양전지를 이용한 발전방식을 말한다.

실리콘 태양전지는 결정상태에 따라서 단결정실리콘(monocrystalline silicon) 태양전지, 다결정실리콘(multicrystalline silicon) 태양전지, 비정질실리콘(amorphous silicon) 태양전지의 세가지로 분류한다. 이들 중에서 가격은 단결정 실리콘이 가장 비싸고, 다결정, 비정질순으로 가격이 저렴한데 현재 이들이 국내외의 태양전지 시장을 석권하고 있다.

태양광 발전은 햇빛이 있는 곳이면 어느 곳에서나 설치가 간단하며, 한번 설치 후 유지비용이 거의 들지 않는다. 그리고 태양전지 숫자만큼 전기를 생산하므로 태양전지를 많이 설치할 수록 많은 양의 전기를 획득할 수 있다. 또한 별도의 기계 가동 부분이 없으므로 소음과 진동 등이 없고 환경오염이 없으며, 수명은 20년 이상으로 비교적 오랫동안 사용할 수 있다.

우리나라의 경우, 에너지 밀도가 낮아 많은 수의 태양 전지가 필요하므로 많은 공간이 소요되고 태양전지의 재료가 고가의 반도체 재료인 실리콘을 사용하기 때문에 초기 설치비용이 높다는 단점이 있다.

일사량에 따른 발전량 편차가 심하므로 안정된 전력공급을 위한 추가적인 건설비 보완이 필요하기 때문에 경제적인 측면을 고려해야 한다.

태양광 발전은 시스템의 독립성 여부에 따라 독립형 시스템과 계통연계 시스템의 두 가지로 나눠질 수 있다.

〈태양광 발전 시스템의 종류〉

종 류	특 징
독립형 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 등대나 섬과 같이 전력 계통이 정비되지 않은 지역에서 이용하며 가장 널리 사용되고 있다. 태양광으로는 하루 평균 3시간 정도만 발전 가능하므로 발전된 전기를 저장하는 기능이 필수이며, 큰 용량의 축전지를 사용해야 한다.
계통연계 시스템	<ul style="list-style-type: none"> 태양광으로 발전된 전기와 함께 전력회사에서 공급하는 전기를 같이 사용한다. 전기를 사용하고도 남는 경우에는 전력 계통에 거꾸로 흘려보낸다. 태양광으로 발전되지 않는 시간에는 전력 계통으로부터 전력을 공급받는다.

① 계획지침

초기의 많은 설비 투자와 높은 발전단가를 고려하여 비용 절감 외에 제도적인 정비를 우선 고려한다. 시스템은 초기 투자비용이 높고, 초기 투자비의 회수기간이 길기 때문에 저리 응자 제도, 보급 계몽사업 등의 지원책이 요구된다. 태양열 취득을 위한 집열판의 위치는 정남향이 이상적이나 남서 30° ~남동 20° 이내의 범위에 설치한다.

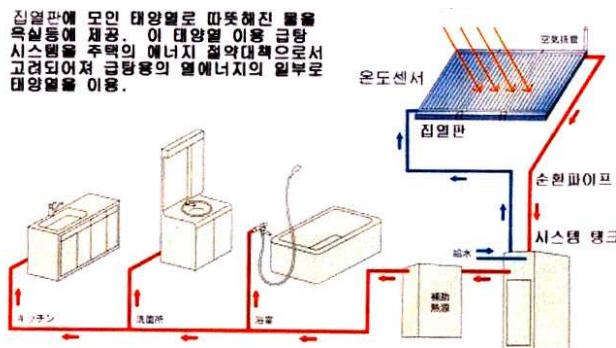
② 설비형 태양열 이용 시스템

① 개념 및 특성

- 작동유체를 기계적인 동력을 이용하여 태양열 전달을 임의로 조정할 수 있도록 만든 장치로써 집열판(solar collector)에서 뜨거워진 물을 펌프를 이용하여 지하실에 있는 축열 탱크(storage tank)로 보내어 열을 저장하는 방식으로 축열 탱크에 있는 물을 이용하여 난방 및 온수로 사용한다.
- 부착 온실형을 채택하면 자연형과 마찬가지로 태양열을 직접 받아 축열을 하며 온실로도 가능하다.

② 계획지침

- 비경제적이며 고장의 염려가 있으므로 이에 대한 대응이 필요하다.
- 관리와 취급의 어려움이 있으므로 관리요원이 필요하다.
- 맑은 날에는 축열 탱크에 저장된 뜨거운 물을 이용하며, 흐린 날이 계속될 경우나 혹은 열이 충분하지 않을 경우를 대비해 보조열원을 지하실에 설치한다.
- 고효율의 태양열 이용 난방 시스템의 설계를 위해서는 적용대상 지역의 기후조건과 건물의 특성 및 제원을 고려하여 일간 집열량과 난방 부하 또는 난방능력을 산정한 후 축열조 저장수의 운전 온도 범위와 집열량을 결정하여야 한다.



〈설치형 태양열 이용시스템의 원리〉

다. 패시브 솔라 시스템

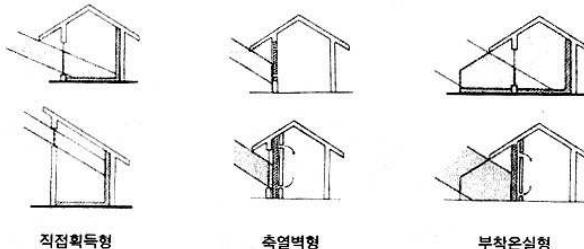
패시브 솔라 시스템은 특별한 기계 장치 없이 태양열을 활용하는 방법으로 난방용, 온수 급탕용으로 이용될 수 있다.

① 개념 및 특성

- 집열부 혹은 축열부로부터 자연적인 열 전달방법(전도, 대류, 복사)에 의한 것으로서, 자연적인 방법으로 열을 모은 후 저장하여 이용할 수 있도록 한 장치이며 경제적이고 간단하다.

- 높은 경제성과 함께 고장이 잘 안 나고 오래 쓸 수 있으며 관리가 용이하나, 열의 순환을 조절하기가 어려워 원하는 만큼의 열만 공급받기가 어려운 단점이 있다.
- 태양에너지를 건물에 이용하는 방법에 따라 직접 획득형, 축열벽형, 부착 온실형으로 나눌 수 있다.

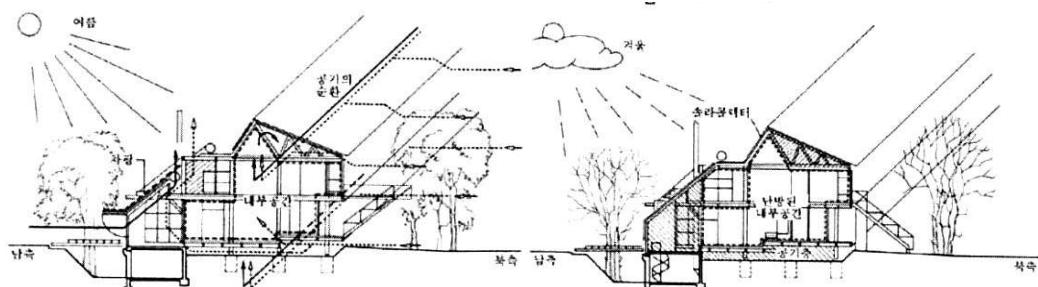
〈패시브 솔라시스템 개념도〉



〈패시브 솔라 시스템의 종류〉

종류	특징	계절별 이용 방법	
		여름/냉방	겨울/난방
직접 획득형 (Direct Gain)	<ul style="list-style-type: none"> 남향면의 집열창을 통하여 유입된 태양열을 직접 난방에너지로 이용 거주공간의 구조체(실내 바닥벽)를 축열체로 이용하여 야간이나 흐린 날에 난방에 이용 	<ul style="list-style-type: none"> 태양열의 차단을 위해 적정 길이의 차양 설치 및 투명창의 단열 뒷문 설치 실내환기를 위해 통풍용 환기창 설치 	<ul style="list-style-type: none"> 남측의 집열창을 통해 유입된 태양열 이용 실내의 바닥 및 내벽에 저장해 야간이나 흐린 날에 이용
축열벽형 (Trombe Wall)	<ul style="list-style-type: none"> 유입된 태양열 대부분을 별도의 구조물 벽에 저장하여 축열벽으로부터 복사열을 자연 순환에 의해 실내의 난방 효과를 얻도록 한 방식 축열벽 상,하부에 통기구를 설치하여 자연 대류를 통한 난방 	<ul style="list-style-type: none"> 축열벽 전면에 개폐용 창문 설치 적정길이의 차양 설치 	<ul style="list-style-type: none"> 축열벽을 설치하여 전도, 대류, 복사와 같은 열전달 효과 및 자연 대류현상에 의한 난방 에너지 이용
부착 온실형 (Attached Sun Space)	<ul style="list-style-type: none"> 온실의 역할을 겸하면서 실내공간의 온도 조절 실내로부터 떨어져 있거나 단열된 집열부를 두고 난방이 필요할 때 독립된 대류작용에 의하여 그 효과를 얻음 	<ul style="list-style-type: none"> 하절기에 과열방지용 차양설치 개폐용 창문 설치 	<ul style="list-style-type: none"> 부착온실에 태양열을 집열, 축적하여 인접한 실내공간의 난방 에너지로 이용

〈하절기와 동절기의 패시브 솔라 개념도〉



① 계획지침

패시브 솔라 시스템을 적극적으로 활용하기 위해서는 건축계획 초기 단계에서부터 건축물 배치계획, 남측 창문계획, 구조체, 지붕 등에 대한 계획지침을 고려해야 한다.



〈솔라하우스 전경〉

〈패시브 솔라 시스템 계획지침〉

구분	계획지침
배치계획	<ul style="list-style-type: none"> 일조, 채광을 고려하여 남북 장방형으로 계획하며, 남향 배치가 용이하도록 가능한 동서 장방형으로 배치한다.
남측창문 계획	<ul style="list-style-type: none"> 남측 면에 태양에너지 집열용 남향 창(유리 또는 투명플라스틱)을 설치한다. 가능한 창 면적이 크고 틈새 길이가 적은 것을 선택한다. 창 면적은 최대로 하고 창틀은 가능한 불박이로 하여 틈새에 의한 에너지 손실을 최소화 한다.
구조체	<ul style="list-style-type: none"> 야간의 열손실을 고려한다. 투명단열을 통한 에너지 취득은 직사광선이 구름을 가려도 복사열이 취득되므로 에너지 취득효과가 있어 기상조건이 매우 나쁠 경우를 제외하고 주간에는 전천후로 실내 난방효과를 기대할 수 있다. 건물 내부의 구조체(바닥, 벽, 흑은 천장)를 이용하여 태양열을 저장한다.
지붕	<ul style="list-style-type: none"> 지붕은 태양열 취득이 벽체보다 용이하므로 천장 벽체에 집열판을 설치한다. 집열된 열의 순환을 원활히 하기 위해 측창과 벽 하부 등에 환기팬을 설치한다. 이로 인해 각 시간대에 따라 모아진 태양열 에너지를 효율적으로 활용할 수 있다.

라. 태양에너지 이용 사례

① 유인등대 (Manned Navigation Lights) : 한국[칠발도]

- 등대 조명과 등대를 지키는 사람의 생활전력 공급목적으로 설치됨.
- 장점 : 소음과 공해없이 등대의 기본적인 전력(조명, 모터, 고동장치)을 공급하고 거주자의 증가하는 수요에 대해 지속적인 전력공급
- 태양광 시스템의 크기는 등대지기의 수에 따른 수요량 변화에 따라 유동적일 수 있다.
- KOREAN Maritime and Port Administration 투자로 사용 중이고, 생산비용은 US \$375,000, PV요소 비용은 US \$206,000으로 태양광 비중이 55%정도이다. 전력망까지의 거리는 30km이상이다.
- Array의 크기는 7.56kWp, 전지의 크기는 110V 600Ah(20hr), 108 cells 설치, 수요는 매일 22kWh정도이고 1987년 설치되었다.

② 낙도의 전력공급 (Electrification for Remote Islands) : 한국[호도]

- 60 가구 정도의 낙도에 전기를 공급
- 장점 : 효율적인 비용과 전문가 필요없이 유지과정 단순

- PV 발전기는 디젤 발전기처럼 호도의 총 전력 수요 중 약 20%정도의 주전력원으로 사용된다.
 - KEPCO(한전)에서 투자하여 지방정부와 한전에서 사용한다.
- 생산비용은 US \$ 1,200,000, PV비용은 US \$ 600,000, PV비용의 비중은 50%, 전력망까지의 거리는 25km이다.
- Array의 크기는 90kWp, 전지의 크기는 200V, 2,700Ah(500hr), 270cells, 수요는 매일 250~300kWh이다. 1993년부터 사용되었다.



〈태양에너지를 이용한 등대〉



〈낙도의 전력공급을 위한 태양에너지 이용〉

(2) 풍력에너지

풍력발전은 어느 곳에나 산재되어 있는 무공해, 무한정의 바람을 이용하므로 환경에 미치는 영향이 거의 없고, 국토를 효율적으로 이용할 수 있으며, 대규모 발전 단지의 경우에는 발전 단계도 기존의 발전 방식과 경쟁 가능한 수준의 신에너지 발전 기술이다. 따라서 생태환경도시 조성 시 지역여건을 감안하여 풍력발전 시스템의 도입을 적극 활용할 필요가 있다. 그러나 지역여건이 맞지 않는 곳에서는 설비투자에 비해 효율적인 활용이 불가능한 경우가 있어 대상지역의 기상여건을 충분히 고려하여 적용여부를 검토하여야 한다.

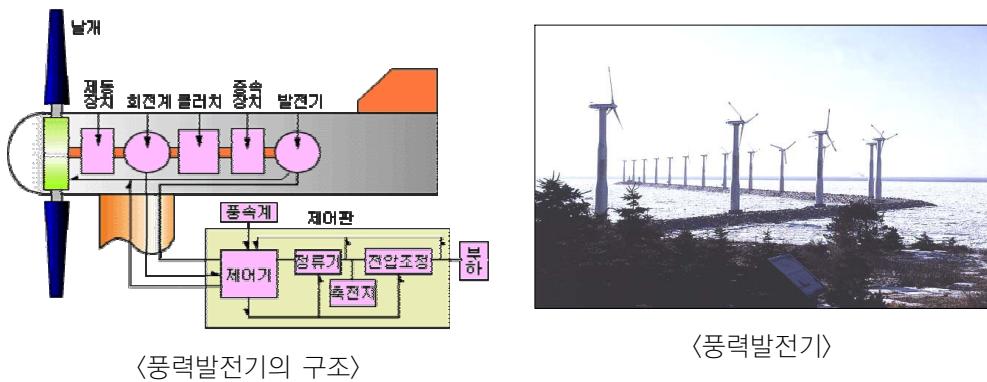
가. 개념

풍력발전이란 공기의 유동이 가진 운동 에너지의 공기역학적(aero-dynamic) 특성을 이용하여 회전자(rotor)를 회전시켜 기계적 에너지로 변환시키고 이 기계적 에너지로 전기를 얻는 기술이다. 풍력 발전기는 지면에 대한 회전축의 방향에 따라 수평형 및 수직형으로 분류되고, 주요 구성 요소로는 날개(blade)와 허브(hub)로 구성된 회전자와 회전을 증속하여 발전기를 구동시키는 증속 장치(gear box), 발전기 및 각종 안전 장치를 제어하는 제어 장치, 유압 브레이크 장치와 전력 제어 장치 및 철탑 등으로 구성된다.

또한 풍력 발전 단지의 면적 중에서 실제로 이용되는 면적은 풍력 발전기의 기초부, 도로, 계측 및 중앙 제어실 등으로 전체 단지 면적의 1%에 불과하며, 나머지 99%의 면적은 다른 용도로 이용할 수 있다. 일반적으로 발전 방식에 따른 소요 면적은 풍력 1,335 m²/GWh, 석탄 3,642 m²/GWh, 태양열 3,561 m²/GWh 그리고 태양광 발전 3,237 m²/GWh로서 풍력 발전이 가장 작은 면적을 필요로 한다.

〈풍력의 장 · 단점〉

구 분	내 용
장 점	<ul style="list-style-type: none"> · 무한정의 청정에너지원 · 화석연료를 대신하여 자원 고갈에 대비 · 풍력발전시설은 비용이 적게 들고, 짧은 건설 및 설치기간 · 풍력발전시설단지는 농사, 목축 등 토지 이용의 효율성을 높임
단 점	<ul style="list-style-type: none"> · 규모가 커서 시각 장해를 줄 수 있고, 소음 공해 일으킬 가능성(장소의 제한)



나. 계획지침

연간 평균 풍속이 매초 4m 이상 되는 곳에서 이 시스템의 활용이 가능하며, 바람이 없는 경우를 고려하여 예비 전원을 설치해야 한다.

우리나라는 산이 많기 때문에 대기의 흐트러짐이 유럽보다 크다. 태풍이 많으며, 입지지점의 바람 상황에 따라 비용의 차이가 크다는 점 등, 도입 가능지역이 한정되어 있으므로 대상 지역의 지형, 기후조건 등을 고려하여 채택한다.

다. 풍력발전을 도입한 생태마을 사례 : 두레마을

생태공동체 두레마을은 지리산 두메산골에 조성되었다. 마을 둘레는 산머루밭으로 둘려 있고 둘머리엔 장승 대신 풍력발전기가 설치되어 있다.

대전-진주간 고속도로를 타다 함양인터체인지를 빠져나가 남원쪽으로 20여분 동안 달리면 함양읍 중림리 시목마을이 나온다. 여느 지리산 자락처럼 수수한 수목들로 둘러싸인 마을을 지나 삼봉산 기슭을 100여m 올라가면 조금 비탈진 널따란 평원이 펼쳐진다.

두레마을은 “30여년 동안 두레공동체를 키워온 경험을 바탕으로 모든 에너지를 자급자족하고 사람과 가축과 자연이 어우러져 사는 생태공동체 마을을 만들어가겠다”는 목표로 마을조성이 시작되었다. 두레공동체는 김진홍 목사가 1970년대 청계천 빈민들과 남양만에서 시작한 생활·신앙 공동체다.

지리산 두레마을은 기존 생태공동체와 이질적이다. 지식인들이 생태이념을 구현하기 위해 학교를 중심으로 생태마을을 소규모로 개척해가는 간디학교나 변산공동체와는 먼저 13만평이라는 규모에서 다르다. 또 농림수산부·산림청 등의 지원을 받아 기존 마을을 유기농·순환농법 등으로 생태화하는 대신 ‘백지’상태에서 생태마을을 10여년에 걸쳐 계획적으로 조성해갈 계획이다.

두레마을은 생태에너지의 자급자족에 역점을 두고 있다. 마을에 설치된 3대의 풍력발전기는 바람개비(프로펠러)를 열심히 돌리며 20와트짜리 전등 6개를 환하게 밝힌다.

이 풍력발전기는 태양광 겸용 발전기로, 중국 내몽고에서 지난 79년부터 사용해온 기술을 도입한 것이다. 출력 500와트짜리 소형 발전기의 프로펠러는 가벼운 산들바람도 감지할 정도로 예민하여 초속 1.5m의 바람만 불어도 날개가 돌아가고 3m 정도에서는 충전까지 가능하다. 두레마을에 평균 풍속이 초속 3m 미만이라 초속 8~12m의 풍속에서 전기를 발생하는 중대형 풍력발전기보다는 소형발전기가 제격이다.

두레마을의 풍력-태양광 겸용 발전기는 2200만원을 들여 설치된 3대의 발전기는 20와트짜리 할로겐 전등 20개를 밝힐 수 있는 전기를 생산해 마을 가로등과 청소년수련관 등의 조명을 실질적으로 담당한다.

두레마을은 갑자기 마을이 커지면 환경이 파괴될 우려가 있어 1년에 10여세대씩 10년에 걸쳐 100여세대로 구성될 계획이다.

(3) 수력에너지

수력발전은 우리나라 전기생산량에 있어 화력발전 다음으로 많은 부분을 차지하는 발전방식이다. 화석연료를 사용하지 않는다는 장점이 있으나 인공댐의 조성등으로 생태계를 교란시키는 부작용이 만만치 않아 적용에 신중을 기해야 한다. 생태환경도시에서는 기존 생태계에 부정적인 영향을 끼치는 댐식발전은 지양하고 지역여건에 따라 환경친화적인 소수력발전이나 수로식 발전 등을 고려해 볼 수 있다.

가. 수력발전 개요

수력발전이란 하천 또는 호소 등에서 물이 갖는 위치에너지를 수차를 이용하여 기계에너زي로 변환하고 이것을 다시 전기에너지로 변환하는 발전방식이다.

즉, 물이 떨어지는 힘으로 수차를 돌리면 수차의 축에 붙어있는 발전기가 돌아가게 되어 전기가 발생하는 것이다. 이때의 발전기 출력은 낙차와 수량과의 곱에 비례하므로 수량은 지점별로 다르지만 그 양이 연간 강수량에 비례하므로, 수차에 큰 낙차가 작용할 수 있도록 인공적으로 댐을 막기도 하고 수로를 바꾸기도 한다.

1892년에는 세계 최초로 수력발전소가 2개소 가동되기에 이르렀다. 그 하나는 웨스팅 하우스사가 건설한 발전소. 미국의 오레건주에 있는 폭포를 이용한 수력발전이었다. 또 하나도 역시 수력발전으로 일본의 비파호(琵琶湖) 물을 이용한 교토 시영 발전소였다. 우리나라 최초의 수력발전소는 1905년 동양금광회사의 운산금광에서 자가용으로 청천강의 지류인 구룡강에 550kW Francis 수차를 설치, 가동한 것이며, 일반 영업용 전기사업의 수력발전은 1912년 12월 86kW 용량의 원산수력 전기(주)가 최초이다. 대규모 수력발전소를 건설한 것은 1929년 북한의 부전강수력으로 20만kW이며, 그 후 장진강수력, 허천강수력 및 암록강 수풍수력이 개발되었다. 남한에서 수력발전은 1931년 운암수력(2,560kW×2기)을 시작으로 1937년 보성강수력(3,120kW), 1943년 청평수력, 1944년 화천수력, 1945년 칠보수력 등이 해방전에 개발되었으며 1960년대 경제개발 5개년 계획과 더불어 본격적인 수력발전소 건설이 추진되었다.

나. 발전방식

① 수로식

하천을 막아 긴 수로를 만들고 발전소 상부의 물 저장소인 물탱크까지 물을 보내어 떨어지는 높이를 크게 만든 후 작은 수압관로를 통해 내려가는 물의 힘으로 수차를 돌리게 하는 발전방식이다.

② 댐식

물의 양이 많고 높이의 차이가 적은 지형의 강을 가로질러 높은 댐을 쌓아 물을 저장하고 이 물이 터널을 통해 발전소로 보내서 발전하는 방식으로 가장 널리 이용되는 수력 발전 방식으로 대규모 댐을 조성함으로 기존 생태계의 파괴와 단절을 초래함으로 생태환경도시에 적용하기에는 적합하지 않은 방식이다.

우리나라에는 춘천, 의암, 청평 수력발전소 등이 댐식 수력발전에 해당한다. 댐 구조에 따라 다음과 같이 나누어진다.

- 아치댐 : 콘크리트 댐으로, 수평한 아치 작용과 연직한 캔틸레버 보 작용으로 상류면에 작용되는 하중을 측방의 암반과 하방의 암반에 전달하는 구조를 말한다.
- 중공(부벽)댐 : 콘크리트 댐으로, 부벽댐은 댐 상류면에 작용하는 수평 수압을 자중으로 막고 그 연직 분력을 기초 지반에 전달하는 구조를 말한다.
- 흙댐 : 필댐으로 흙, 돌 등의 자연재료를 이용하여 만들되 $\frac{1}{2}$ 이상이 흙으로 된 댐. 소양강댐이

대표적이다.

- 암석댐(록펠댐) : 록펠댐은 댐의 $\frac{1}{2}$ 이상이 암석으로 구성된 댐을 말하며, 석괴댐이라고도 한다.
- 중력댐 : 콘크리트 댐으로, 댐 상류면에 작용하는 수평 수압을 자중으로 막고 그 연직 분력을 기초지반에 전달하는 구조를 말한다.

③ 댐수로식

댐에 의해서 얻어진 물높이와 강 하류의 경사를 함께 이용하여 수로로 떨어지는 높이의 차이를 크게 하여 발전하는 방식으로 댐식과 수로식의 장점만을 택한 발전방식이다. 이 방식 역시 물을 담기 위한 댐의 축조가 불가피하므로 생태계의 교란을 피할 수 없다.

④ 유역변경식

유역변경식은 강의 자연적 흐름을 인공적으로 바꾸어 커다란 높이의 차이를 만들어가는 발전방식이다. 우리나라에는 강릉 수력발전소와 북한의 금강산 수력발전소가 해당되며 북한강으로 내려와야 할 강물이 동해로 강물의 수류가 변동됨으로 하여 자연 생태계가 깨어지는 문제가 발생하고 있다. 생태환경도시에 적용하기에는 적절하지 않다.

⑤ 소수력발전

소수력발전은 일반적인 대규모 수력 발전과 원리면에서는 차이가 없으나 대규모 수력발전이 환경에 부정적 영향을 미치는 점을 생각한다면 국지적인 지역 조건과 조화를 이루는 규모가 작고 기술적으로 단순한 수력 발전이라고 할 수 있다.

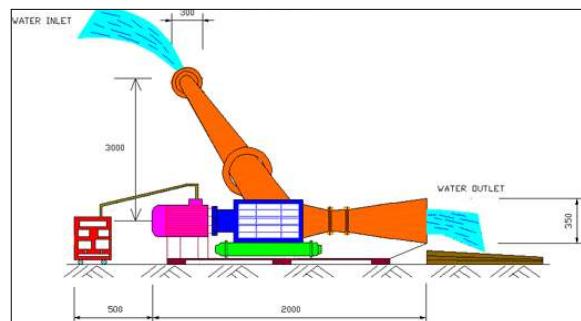
소수력발전은 공해가 없는 청정에너지로서 국내에도 15MW 정도의 부존량이 확인되어 있으며, 다른 재생가능한 에너지원에 비해 높은 에너지 밀도를 가지고 있기 때문에 개발 가치가 큰 부존자원으로 평가되어 생태환경도시에 도입가능한 수력에너지 이용방식이라 할 수 있다.

이러한 소수력 자원의 적극적인 개발은 에너지원의 개발 차원뿐 아니라 경제·사회적으로 a. 전력 수요 급증시의 부하 평준화 효과 및 석유 수입 대체 b. 민간 주도의 반영구적 공익사업으로서 환경 친화적인 에너지원의 개발을 통한 지역 개발의 촉진과 이로 인한 경제적 파급 효과의 극대화 c. 관련 기술의 수출 산업화 등의 부수적인 효과를 거둘 수 있다고 평가되고 있다.

구미선진국과 중국 등지에서는 일찍부터 소수력 개발의 사회·경제적 중요성을 인식하고 수문학적 자료를 비롯한 기초 통계 자료의 확보와 기술 개발 및 보급에 힘을 기울여 소수력발전은 에너지원으로서뿐 아니라 주요 산업으로 자리 잡아가고 있다.

이들 소수력발전 강국들은 토목 공사비를 절감하기 위한 방안으로 관개용 등 기존의 댐을 활용한 소용량 발전 시스템의 상용화와 사이폰식 저낙차 시스템의 개발을 추진하고 있으며, 발전용 댐 건설 기술의 개량과 댐 설계 및 운용의 최적화 기술의 개발에도 투자를 아끼지 않고 있으며, 수차를 비롯한 다양한 소수력 발전 설비의 표준화를 추진하여 큰 성과를 거두고 있다.

우리 나라에서는 '82년 소수력개발 활성화 방안'이 공표되면서부터 소수력 자원의 개발이 본격적



〈소수력 발전기〉

으로 추진되기 시작하여 현재 16 개소의 소수력발전소가 가동되고 있다. 정부는 소수력 발전의 보급 확대를 위해 발전된 전력에 대한 매입단가 보장, 장기 저리의 시설자금 융자 등의 보급확대 정책을 펴고 있다.

우리나라 소수력자원의 조사를 통하여 도출된 결과에 의하면 대부분의 소수력발전 입지가 자연 낙차가 크지 않다는 것을 알 수 있으며, 자연낙차가 큰 소수력발전 입지는 매우 제한되어 있기 때문에 낙차가 작은 저낙차 소수력발전소의 건설에 노력을 기울일 필요가 있다. 또한 이와 병행하여 저낙차이면서도 고낙차 소수력발전소에 비하여 경제성 면에서 뒤지지 않는 저낙차용 수차의 개발이 시급한 실정이다.

한편 소수력발전소는 전력생산 외에도 수상레포츠 시설로의 개발이 가능하며, 지역여건에 따라 번지점프장, 빙벽타기, 암반타기, 낚시터, 휴게소, 실버타운 등 연계개발을 모색할 수 있으며, 발전소 자체를 산교육장이나 관광소재화할 수 있다.

⑥ 양수발전

일반 수력발전은 자연적으로 흐르는 물을 이용하여 발전을 하지만, 양수발전은 흔히 위쪽과 아래쪽에 각각 저수지를 만들고 밤시간의 남은 전력을 이용하여 아래쪽 저수지의 물을 위쪽으로 끌어올려 모아 놓았다가 전력 사용이 많은 낮시간이나 전력공급이 부족할 때 아래쪽 저수지로 물을 떨어뜨리면서 발전하는 방식이다. 수력을 이용한 다른 발전방식보다는 환경 및 생태계에 미치는 영향이 적어 지역여건에 따라 생태환경도시 조성시 도입을 고려해 볼 수 있다.

(4) 바이오매스, 폐기물

바이오매스는 생물자원을 에너지로 전환하는 방식으로 생태환경도시에 적극 도입할만한 방식이다. 그러나 폐기물 에너지 이용은 에너지화 과정에서 또 다른 공해를 유발할 가능성이 있으므로 지역여건과 기술수준 등을 고려하여 도입에 신중을 기해야 한다.

가. 바이오매스(Biomass)

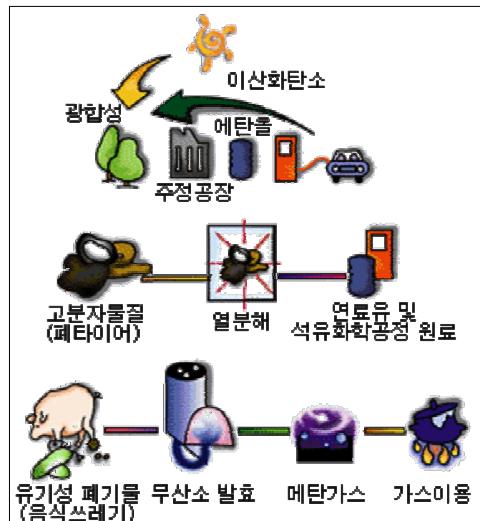
바이오매스란 나무나 풀, 가축 분뇨, 음식쓰레기 등이 에너지원으로 쓰이는 것을 말한다. 바이오매스는 원래 생태학의 용어로서 생물계 유기자 원, 생물량 또는 생체량이라고 번역할 수 있다. 이것은 살아 있는 동물·식물·미생물의 유기물량(보통 건조중량 또는 탄소량으로 표시)을 의미한다. 따라서 생태학의 용어법에서는 나무의 줄기 뿌리, 잎 등이 대표적인 바이오매스이며 석유나 석탄과 같은 생물유의 화석자원은 포함하지 않는다. 즉, 죽은 유기물인 유기계 폐기물(폐재, 가축의 분뇨 등)은 바이오매스가 아니라고 할 수 있다. 하지만 일반적으로 산업계에서는 유기계 폐기물도 바이오매스에 포함시키는 것이 보통이다.

도시가스나 석유, 전기 등은 편리하지만 공해를 많이 일으킨다. 화학공학, 생물공학, 유전공학 기술들을 사용하면 여러 종류의 바이오매스들을 알코올(메탄올, 에탄올)이나 도시가스와 비슷한 메탄가스, 수소가스 그리고 전기로 바꿀 수 있다. 이렇게 만들어진 알코올이나 가스 혹은 왕겨탄, 곡식이나 과일, 채소 등을 지어서 먹거리를 마련하고 남는 것 들은-예를 들면 벗짚, 보릿짚, 콩대, 옥수수대, 참깨줄기, 고추줄기 그리고 과수의 가지- 훌륭한 연료가 된다.

가축 분뇨, 공장폐수, 농수산 쓰레기, 음식쓰레기 등 잘 태울 수 없는 폐기물을 미생물로 발효시키면 쓰기가 편리한 메탄가스, 수소가스, 양질의 퇴비를 만들 수 있다. 주위의 음식쓰레기나 동물의 배설물도 뛰어난 바이오 매스이다. 이것을 썩히면 메탄가스와 같은 바이오 연료로 변환된다.

나. 폐기물(쓰레기) 에너지

폐기물을 소각할 때 발생하는 고온연소가스로 보일러에서 증기를 만들어 증기 터빈으로 발전기를 돌려 발전하는 것을 말한다.



〈바이오매스의 원리〉

〈폐기물 에너지의 장 · 단점〉

장 점	단 점
<ul style="list-style-type: none"> 원료(폐기물)의 가격이 낮고 처리비를 받을 수 있어 에너지 회수의 높은 경제성 쓰레기 매립지의 문제가 심각한 요즘 쓰레기의 양을 줄일 가능성 폐기물에 의한 환경오염의 방지 효과 	<ul style="list-style-type: none"> 고도의 기술과 연구 개발 요구 폐기물 에너지화 과정에서 또 다른 환경 오염(공해) 유발 가능성 문화나 산업의 특성에 따라 다른 많은 처리 기술 필요

다. 연료전지

물을 전기 분해하면 전극에서 산소와 수소가 발생하는데 연료전지는 물의 전기분해 역반응을 이용하는 것으로 천연가스, 메탄올, 석탄가스, 납사, 등유, 석탄, 가스 등의 다양한 연료에 있는 수소와 공기 중에 있는 산소를 이용하여 전기와 물을 만들어 내는 발전장치를 말한다.

출력 규모를 자유롭게 설정할 수 있으며 일반 화학전지(건전지, 축전지 등)와 달리 수소와 산소가 공급되는 한 계속 전기를 생산할 수 있는 것으로 공기만 있으면 무한히 사용할 수 있는 에너지이다.

(5) 기타 에너지

미이용에너지, 지열에너지, 빙축열에너지 등도 환경친화적인 에너지 활용시스템으로 생태환경도시 조성지역의 여건과 기술수준을 고려하여 도입이 가능한 방식이다.

가. 미이용 에너지

하천수, 하수 등의 온도차 에너지나, 공장배수, 생활 배수, 빌딩 배열, 변전소 배열(排熱), 초고압 지하 송전선에서의 배열, 지하철 지하가의 배열 등 지금까지 이용되지 않았던 에너지를 총칭한다. 1차적으로는 에너지의 절약 및 환경부하의 저감을 꾀하고, 이로부터 발생되는 열은 전량 지역 냉난방의 열원으로서 활용된다.

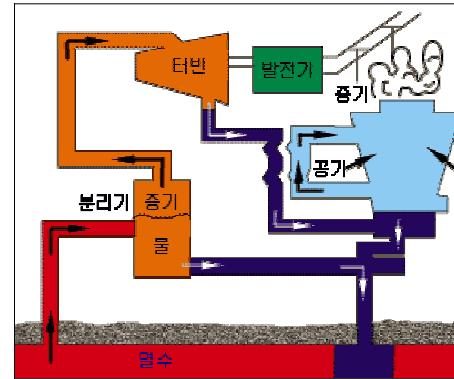
미이용 에너지는 기본적으로 다른 목적으로 소비된 에너지에서 버려지는 열의 이용이므로, 사용 자측에서 열을 필요로 하는 시간에 미이용 에너지가 발생하지 않는 시간적 불일치를 고려한다.

나. 지열 에너지

지열에너지는 지구 자체가 품고 있는 땅속의 열(지열)을 이용하여 인간생활에 필요한 에너지로 사용할 수 있게 한 기술이다. 지구는 중심부로 갈수록 뜨거워지며, 방사선물질의 붕괴에 의해 야기되는 핵반응 때문에 용해된 지구 중심부의 온도는 4000°C에 달 한다. 태양열의 약 46%가 지표를 통해 저장되는데 이양은 현재 사용중인 에너지양의 약 500%에 해당되는 규모이다.

땅속 10m이하에서는 년중 온도가 일정하며 보통 15°C정도로 유지하고 있는데, 이 온도를 이용하여 히트펌프냉동기와 함께 냉동사이클을 구성하여 우리생활과 밀접한 관계가 있는 냉방, 난방 및 급탕에 활용하는 시스템으로서 폐회로시스템에서는 지하에 매장되어 있는 열을 고밀도 플라스틱파이프(HDPE)를 통해 물 또는 부동액이 회로 내를 순환하면서 동절기에는 대지로부터 얻은 열을 본 시스템에 의해 건물내로 전달하고, 하절기에는 건물내의 열을 흡수하여 회로를 순환하면서 지하로 흡수열을 방출시키는 과정이다.

이와 같이 지열 에너지는 재생이 불가능한 에너지원이나 지구 자체가 가지고 있는 에너지이므로 굴착하는 깊이에 따라 잠재력은 거의 무한이라고 할 수 있다. 이러한 시스템을 통해 한여름에는 18°C되는 공기 획득, 냉방효과, 환절기의 쾌적한 환기효과를 기대할 수 있다. 그러나 지표면 근처의 온도변화에 영향을 받지 않고 안정적으로 열량을 확보하기 위해서는 연중 일정한 온도를 유지하는 불역층 이하까지 파이프를 매설해야 하므로 이에 대한 기술개발이 필요하다.



〈지열발전기의 구조〉

다. 빙축열 에너지

- 값싼 심야전력으로 야간에 열음을 만들어 주간에 열음을 녹여 사용하는 무공해 냉방시스템으로 열음에 축열함으로써 단위 용적당 축열 효율이 크다.
- 값싼 심야전력을 사용하므로 일반 냉동시스템보다 운전비용이 저렴하다.
- 냉동기와 관련 기기의 용량이 적고 타 방식에 비해 보다 전문기술을 이용한 관리가 요구되므로 다른 에너지 절약 시스템과 연계하여 고려하면 더욱 효율적이다.
- 가스에너지와 CFC(염화불화탄소) 사용을 억제하는 환경친화형 시스템이다.

6) 자원의 순환

(1) 쓰레기

가. 분리수거 및 재활용

① 필요성

쓰레기의 재활용은 매립이나 소각 처리해야 할 쓰레기의 양을 줄여 줌으로써 환경 오염을 감소시키고 유한한 자연 자원의 고갈문제를 해소시켜 줄 수 있는 가장 바람직한 쓰레기 처분 방법이다. 또한 쓰레기의 재활용은 자연자원을 절감시켜 줄뿐만 아니라 쓰레기의 수거, 운반, 매립에 소요되는 비용을 절감시켜 많은 경제적 이득을 줄 뿐만 아니라 에너지순환의 효율을 극대화시키는 친환경적인 요소이다.

② 계획방향

- 쓰레기의 각종 분리수거가 진행되면서 쓰레기용기도 이에 맞춰 다수가 필요하게 된다. 쓰레기의 분리수거를 진행하기 위해서는 이를 위한 용기가 가까이 있어야 하고 사용이 편리해야 하며 회수도 간단해야 한다. 시스템키친이나 수납벽에 식기나 가재도구를 수납하는 경우와 마찬가지로 분별화된 쓰레기의 수납 용기를 빌트인화 하는 것이 바람직하다.
- 분리수거에 대응할 수 있도록 충분한 쓰레기 보관장소를 확보한다.
- 쓰레기의 종류에 따라 젖으면 재활용이 되지 않는 경우도 있으므로 비바람을 피할 수 있어야 한다.
- 위생이나 악취, 그리고 미관상의 배려가 필요하다
- 거주자가 쓰레기를 내놓기 편리한 위치에 있어야 하며 거주공간이 한정적이므로 항상 공용 보관장소를 이용할 수 있도록 연구한다.
- 출입구에서 가깝고 사람의 눈에 잘 띠는 곳. 무엇보다 위생이나 악취, 그리고 미관상의 배려가 있어야 한다.

③ 쓰레기 종류별 배출요령 및 재활용

① 종이류

- 국내의 종이 사용량은 지속적으로 증가하고 있어 이에 따른 폐지의 발생량도 계속 늘어나고 있는 추세이다. 2000년 기준으로 국내의 폐지 자급율을 69.6%에 불과하고 수입고지 금액은 약 4,090억원에 달하므로 분리수거를 통해 재활용함으로서 고지의 수입 의존도를 줄여야 한다.
- 종이류의 종류별 배출요령

〈종이류 종류별 배출요령〉

종 류	배출요령
신문지	- 물기가 젖지 않도록 하고 반듯하게 펴서 차곡차곡 쌓은후 30cm정도의 높이로 끈으로 묶어 배출 - 비닐코팅된 광고지, 비닐류, 기타 오물이 섞어지 않도록 함
책자, 노트, 종이쇼핑백, 달력, 포장지	- 비닐로 코팅된 표지, 공책의 스프링등은 재활용이 되지 않음
우유팩, 음료수팩, 종이컵	- 내용물을 비운 뒤 물로 한번 헹군후 압착하여 봉투에 넣거나 다른팩에 5~6개씩 넣거나 펴서 말린 후 배출
상자류(과자 포장상자, 기타 골판지상자 등)	- 상자에 붙어있는 테이프, 철판 등을 제거한 후 압착하여 운반 이 용이하도록 배출

② 플라스틱류

플라스틱은 석유공업의 발달과 생활의 편리성 추구로 사용량이 많은 반면 자연분해되지 않아 매립해도 오랫동안 썩지 않으며 소각시에는 완전연소가 어렵기 때문에 2차적인 환경오염의 원인물질로 작용할 수 있으므로 폐플라스틱의 처리는 재활용하는 것이 가장 효과적이라 볼 수 있다.

- 플라스틱류의 분리배출요령

〈플라스틱류의 분리배출요령〉

종 류	배출요령
PET병, 우유병, 요쿠르트병 등 병모양의 용기	- 내용물을 깨끗이 비우고 다른 재질로 된 뚜껑(또는 은박지)이나 부착 상표등을 제거한 후 가능한 압착하여 배출
페스티로풀 (농수산물 포장용 상자, 포장용완충재)	- 내용물을 완전히 비우고 부착상표를 제거한 후 이물질이 묻은 경우 깨끗이 씻어서 배출 - TV, 냉장고, 세탁기, 에어컨디셔너, 전자레인지, 퍼스널컴퓨터 제품의 스티로폴 완충재는 판매자 등이 직접 회수 - 수산양식용 폐부자, 음식물 등 이물질이 많이 묻어 있거나 타물질로 코팅된 폐스티로풀은 제외
기타 받침용 용기, 접시류, 가정용 생활용품	- 플라스틱 용기의 표면 또는 바닥부분에 표기된 재질 표기문자와 숫자를 확인하여 재활용 가능품만을 재활용품으로 분리배출 - 완구등 복잡재질의 생활용품은 재활용품으로 분리배출 할 수 없음

- 플라스틱 재활용 기술

a. 재생원료화 기술

일반적인 폐플라스틱의 재활용기술은 제품 생산공장에서 발생되는 격외품이나 성형 불량품, 잉여제품 등 비교적 이물질이 혼입되지 않은 폐플라스틱이나, 생활에서 발생되어 수집된 비료포대, 농업용 필름 등을 열로 압축 성형 후, 대형통류, 정화조, 배수로 등을 만드는 기술로 대별할 수 있다.

b. 연료화 기술

혼합 폐플라스틱을 물질로서 재생 활용하는 과정은 재질 선별이나 이물질제거를 위한 비용상승 문제가 따르기 때문에 에너지회수식 소각에 의한 재활용방법도 중요하다. 쓰레기를 70%이상 소각하는 일본에서는 폐플라스틱을 조연제로 활용하여 수증기나 온수 생산 또는 전기 발전에 사용하고 있다. 연료화기술로는 폐플라스틱을 일반 가연성 쓰레기와 함께 혼합한 RDF(Refuse Derived Fuel)와 폐플라스틱만 사용하는 RPF(Refuse Plastic Fuel) 또는 분체화하여 석탄이나 석유보일러의 대체 연료로 사용하는 방법 등이 있다. 그러나 다이옥신의 발생방지를 위하여 PVC의 함유율을 3%미만으로 낮출 것이 요구되지만 이는 현재의 기술수준에서는 실현하기 어렵다. 그 외에도 몇 가지 기술적인 문제들이 있으나 많은 부분 해결 단계에 있다. 재생원료화된 폐플라스틱도 궁극적으로는 폐기물로 된다고 볼 때 폐플라스틱의 궁극적인 처리방법은 에너지 회수식 소각 방법이라고 보여진다.

c. 화학적 재활용

화학적 재활용은 폐플라스틱을 액체나 가스로 만들어 연료나 석유화학 원료로 하거나 모노머로 환원시켜 폴리머 원료로 재이용하는 방법이다.

② 유리병

- 국민의 생활수준의 향상과 더불어 캔, PET병 등과 같은 1회용 용기제품의 사용이 늘어 왔으나, 최근에 들어서는 환경보호 차원에서 재활용을 위한 유리병 사용이 다시금 증가하고 있는 추세이다.
- 유리병의 재활용은 크게 재사용과 원료 재활용으로 구분 할 수 있으며, 먼저 재사용은 빈병을 회수하여 세척·소독 처리한 후 사용하는 것으로 공병보증금제도의 정착으로 90%이상 활용되고 있으며, 원료로서의 재활용은 수거된 유리병을 파쇄하여 유리제품의 원료로 사용하는 것인데 재활용률은 약 70%수준인 것으로 알려져 있다.
- 유리병의 분리배출요령

유리병에 포함된 플라스틱이나 종이 등의 뚜껑 및 상표를 제거하고 내용물을 깨끗이 비운 후 배출한다. 또한 맥주병, 소주병, 청량음료병은 주변 가게에 되돌려주면 공병보증금을 환불받을 수 있다.



〈독일의 색상별 병수거함〉

② 캔류

- 국내에서 한해 동안 사용되는 캔의 양은 약 6억개 정도로 그 중 80%가 철캔이며 나머지가 20%(1.2억개) 정도는 알류미늄 캔이다. 알루미늄캔 하나가 땅속에 묻힌 후 분해되는데 걸리는 시간은 500년이나 되기 때문에 환경적으로 반드시 재활용되어야 할 품목 중 하나이다.
- 캔류의 분리배출요령
 - 철캔, 알루미늄캔
 - 캔속에 들어있는 내용물을 깨끗이 비우고 물로 행군후 압착하여 배출
 - 겉 또는 속의 플라스틱 뚜껑 등 제거
 - 뚜껑분리형의 경우에는 뚜껑을 캔 속에 넣어 함께 배출
 - 기타캔(부탄가스, 살충제용기) : 구멍을 뚫어 내용물 비운 후 배출

③ 고철류

- 철강업의 3대 기초원료(철광석, 원료탄, 고철) 중 하나인 고철은 전기로 제강, 신철 및 주물업계의 주요한 원료로서 현재까지 주로 고로에서 선철제조시 사용하였으나 제강기술의 발전으로 전기로에서 철강, 합금철 제조시 사용할 수 있게 됨에 따라 고철 사용이 증가될 것으로 전망된다.
- 고철의 분리배출 요령은 이물질이 섞이지 않도록 한 후 봉투에 넣거나 끈으로 묶어서 배출하고 플라스틱 등 기타 재질이 많이 섞인 폐품은 금속성분이 있더라도 고철로 배출하면 안된다.

④ 폐가전·가구

- 폐기물로 배출되는 가전·가구 중 수선, 수리만하면 재이용할 수 있는 것이 70%나 되고 폐가전·가구는 현재 지방자치단체, 가전제품 제조업체, (사)한국생활자원재활용협회에서 주로 수거하고 있는 상황이다.
- 분리배출 요령은 신제품 구입으로 버리는 사용가능한 가전·가구는 필요한 사람에게 제공하거나 가까운 재활용센터, 녹색가게 등 중고 물품 교환매장에 보내고 고장난 제품은 수리가 가능한 경우 수리하여 사용한다.

⑤ 음식물

- 음식물 쓰레기 배출요령
 - 비닐, 병뚜껑, 은박지, 젓가락 등의 이물질과 필요시 소금성분이 많은 된장, 고추장, 간장 등은 별도 배출하고 김치 등을 씻어서 배출한다.
 - 동식물성 유지류, 중금속 오염기능 물질 및 잉크물질은 제거하여 배출한다.
 - 가정용 수집용기를 비치하여 음식물쓰레기만을 별도로 수집한다.
 - 가정용 수집용기에 모은 음식물쓰레기를 종량제 봉투에 담아 배출하거나, 공동수거 용기에 배출하기 전에 물기를 최대한 제거하여 배출한다.
 - 음식점이나 집단급식소에서는 음식물 쓰레기 발생 단계별 조리 전 쓰레기, 조리 후 먹고

남긴 쓰레기(잔반)를 구분하여 수집용기에 수집한다.

- 조리후 먹고 남긴 쓰레기는 체나 망사형 자루 등에 수집하여 자연탈수 또는 간단한 기기, 기구를 이용하여 물기를 제거한다.
- 감량의무 사업장은 스스로 또는 위탁하여 재활용하거나 감량화 처리를 한 후 배출하여야 하며, 기타 사업장은 사군구의 조례가 정하는 바에 따라 배출한다.
- 시장, 백화점, 호텔 등 음식물쓰레기 발생형태들을 감안하여 분리수집이 용이한 장소에 적정규모의 분리수집 장소를 확보하고, 음식물쓰레기의 물기와 이물질을 제거한 후 분리수집 장소에 배출한다.
- 음식물 쓰레기의 처리
 - 음식물 쓰레기는 퇴비나 사료로써 유용한 자원으로 가능하나 다른 쓰레기와 혼합배출하여 매립시 토양오염 및 침출수 등 2차 오염을 일으키는 상당한 위험을 안고 있다. 따라서 다음과 같은 재활용 및 처리가 바람직하다.

〈음식물 쓰레기 처리방법〉

구 분	내 용
퇴비화	가정이나, 음식점, 구내식당 등에서 고속발효기 등을 설치하여 직접 음식물 쓰레기와 미생물 발효제를 넣어 퇴비원료를 만들거나, 공동 수거용기로 수집운반하여 부산물 비료 공장에서 유기성 퇴비 생산, 주말농장이나 텃밭, 정원에 유용한 거름으로 사용한다.
지렁이 사육	식물 쓰레기, 하수처리 오니를 혼합하여 지렁이 먹이로 제공하면 이것을 먹고 성장한 지렁이는 약품원료 등으로 이용하고, 지렁이가 배출한 분변토는 발아용, 원예용의 고품질 고가의 퇴비로 이용한다.
소각	수분함량이 많아 건조 후 소각한다.

◎ 의류

- 현 의류를 보관할 때 무엇보다도 중요한 것은 카페트, 가죽백, 구두, 기저귀 커버 등과 같이 복합소재의 제품이 섞이지 않도록 해야 한다. 또한 쓸만한 단추나 지퍼 등을 따로 떼내어 가정에서 필요할 때 다시 활용토록 한다.
- 배출요령 : 30cm의 높이로 둑어 부피를 줄여 배출한다.

나. 음식물 퇴비화

① 필요성

음식물 쓰레기에 대한 대책으로 가장 중요한 것은 음식물 쓰레기를 감량화 하는 것 이상으로 재활용하여 자원화시키는 것이다.

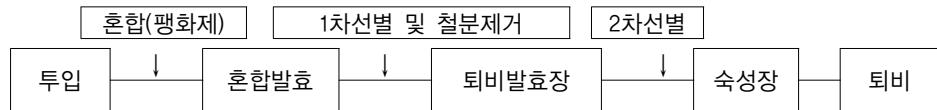
음식물 쓰레기는 건조 중량 기준 발열량이 높고 수분이 충분하며, 유기성 물질로서 영양소도 충분하므로 과다한 염분 농도 문제, 향신료(매운 맛) 문제 등 일부 문제점을 제거하면 퇴비나 사료로써 유용한 자원으로 재활용이 가능하다.

음식물 쓰레기는 가정 밖으로 배출되는 순간 막대한 비용 손실과 환경오염을 일으킨다. 하지만 음식물 쓰레기를 줄이고 재활용을 통해 경제성과 환경성을 높이는데 도움이 된다.

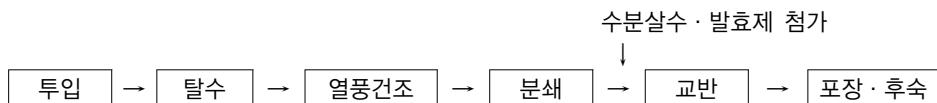
② 퇴비화 방법별 분류

• 미생물 발효에 의한 퇴비화

- 퇴비화시설의 주요공정은 선별시설, 혼합 및 발효시설, 불순물제거시설, 숙성시설, 악취제거시설로 구성됨.
- 처리공정



- a. 불순물 제거는 트롬멜 스크린으로 선별
- b. 혼합발효조에서는 발효제를 투입하여 24시간 교반시켜 함수율을 52% 이하로 만들
- c. 퇴비발효장에서는 28~30일간 체류시키면서 공기송풍과 온도를 55~60°C로 유지시키며, 퇴비이송로더로 일일 20회정도 교반
- d. 퇴비숙성장에서는 공기투입과 교반을 실시하여 함수율 42%이하의 퇴비를 생산
- 퇴비화시설 가동시 발생되는 악취를 제거하기 위하여 혼합이송·스크린·숙성공정에서 발생하는 악취물질은 포집하여 주퇴비화시설로 이송하고, 주퇴비화시설에 이송된 악취물질은 압출 방식으로 퇴비층을 통과시킨후 악취제거시설인 바이오플터(미생물탈취상)를 통과시켜 제거
- 건조에 의한 퇴비화는 음식물쓰레기를 탈수건조시킨후, 발효를 위한 수분살수와 미생물발효제를 첨가하는 후숙발효 과정을 거치는 원리
- 처리공정



- a. 기계식 압착으로 탈수(75%제거)한 후 열풍식 건조실로 이송되어 180~250°C 열풍에 의해 수분이 80%이상 건조됨.
- b. 건조된 쓰레기는 분쇄기로 이송되어 잘게 파쇄한 후 교반기에서 후숙에 필요한 수분살수 및 발효제를 첨가
- c. 악취는 밀폐구조를 통하여 악취처리기로 흡입되어 제거됨.

• 지렁이를 이용한 퇴비화

- 가정에서 발생하는 음식물 쓰레기나 사업장의 오니류, 가축분, 제지, 슬러지 등을 먹이로 하여 처리를 하게 되면 매우 유익한 물질인 분변토와 사육장 및 사육용기에서 발생하는 지렁이 액비(worm tea) 외에는 그 어떠한 부산물을 남기지 않는다. 그리고 증식되는 지렁이는 물고기의 먹이, 낚시 미끼, 가축의 먹이 및 의약품 원료로 쓰일 수 있으므로 지렁이를 이용해서 음식물쓰레기를 처리하는 방법은 기존의 처리법과 비교하여 환경적인 측면에서 매우 훌륭한 방법이다.

③ 설치장소

- 투입 용기의 경우에는 생쓰레기에 수분이 침투하지 않도록 하고 가끔 흙을 섞어 주는 작업이 필요하다. 또한 발산을 촉진시키기 위해 햇빛이 잘 드는 장소에 설치하는 것이 바람직하다.
- 경관이나 악취 등을 고려하여 적절한 설치장소를 고려할 필요가 있다.
- 퇴비화 설비의 용도에 대해서는 주택과 일체로 계획할 필요가 있다. 예를 들면 단지내의 텃밭이나 녹지용 퇴비로 이용하는 것이 바람직하다.

(2) 물순환

가. 하천보전

① 계획기법

- 하천생태계 기능유지를 위하여 자연적 하천형태의 보전 및 친자연형 하천으로 복원하며 직강화된 하도로의 변경은 바람직하지 않으며, 물의 흐름 등을 고려하여 수목류(갈대군락 등) 등은 보존하고 부득이한 개발의 경우 자연생태에 가깝도록 하며 원래형태로 복원될 수 있도록 고려하여야 한다.
- 하천을 가로막는 시설물(수중보 등)은 가능한 한 설치하지 말고, 부득이한 경우 수중생태계를 위한 어도의 설치 등 필요한 조치를 마련하여야 한다.
- 하천의 생태계보전을 위하여 돌, 풀, 나무 등과 같은 자연재료를 이용하여 하천의 동식물이 서식하기에 유리한 환경을 조성하고 하천의 인위적 정비 및 복원을 위해서는 자연형 하천공법을 고려하여 추진하는 것이 바람직하다.
- 하천오염 방지와 하천변 경관의 증진을 위하여 일정지역에 대하여 완충지역을 지정·설치하는 것이 바람직하다.
- 하천변은 자연상태로의 보전을 원칙으로 하며, 부득이 친수공간으로 활용하고자 하는 경우에는 가급적 한쪽 면만을 대상으로 하는 등 개발을 최소화하고 친수공간의 활용방법으로는 체육시설 등의 과도한 개발보다는 하천변 수림대 조성 등 휴식공간으로 활용하는 것이 바람직하다.

② 하천의 기능

- 이수기능 : 상업, 농업, 공업용수 및 수운, 수력발전 등과 같은 물을 이용하는 기능
- 친수기능 : 홍수방지를 주로한 지역의 안전을 위한 기능이며, 하천주변에 인간이 정주하는 한 항상 대비해야 하는 가장 기본적인 기능
- 환경기능 : 자연생태계에서 나오는 부산물을 스스로 깨끗이 하는 자정작용과 각종 동식물의 서식처로의 기능을 가지며, 수변위락, 수변 경관감상 등의 친수기능과 과밀하게 되어 가는 도시에서 귀중한 공간자원을 제공해주는 공간기능

③ 하천의 생태환경 조성방법

④ 근자연형(近自然形)하천

- 기본방침
 - 자연에 가까운 도시 소하천을 만들기 위해 자연석과 돌풀, 야생화를 이용
 - 소하천을 따라 장거리의 숲조성, 산과 도심을 연결하는 길을 만들어 휴식공간을 조성
 - 숲에서 유하되는 깨끗한 물은 하수와 분리하여 하천으로 흐르게 하여 하수처리장의 부담을 덜고 배출 오염 부하량을 경감하여 수질을 보전
- 근자연형 하천정비의 효용
 - 생물다양성의 환경조건 창출이 가능
 - 여울이나 못을 조성하고, 하안선을 불규칙하게 넓히거나 좁혀 굴곡을 주며, 하안은 급완류를 조성하여 자연상태의 생태계를 부활시킨다. 이러한 하천의 역동성(침식, 쇄굴, 퇴적)은 유수기능 및 홍수 조절기능을 확대시킬 수 있어 치수 효과를 높이고, 수질정화 측면에서도 (여울이나 낙차공) 자정 작용의 확대 (요철부에서의 접촉산화 및 흡착), 침전 및 1차 소비자 번식력 증대 등을 기대할 수 있다.

- 생물의 생존장으로서 수면과 녹지확대 가능

수면과 녹지를 넓힌다는 것은 도로 포장시 투수성이 큰 재료를 이용하여 우수의 침투지역을 확장하며 토양에 생물의 서식지역 확대, 벽면에는 덩굴, 지붕에는 야생초의 조성으로 곤충류 등 작은 동물의 서식처를 제공한다. 이와 같이 사소한 일들로부터 균자연형 하천 정비가 가능해진다. 도시 하천의 주변에서 조성된 물과 녹음의 네트워크는 생태계 보전, 지하수 함량, 도시의 수환경 개선, 도시의 흑한 및 흑서를 완화시킬 수 있다.

- 아름다운 환경 조성

- 지역의 풍토에 적합한 식생을 조성하여 강다운 강의 부활
- 세련된 디자인을 가미한 하천을 조성
- 주위 배경과 어울리는 소박한 풍경을 조성
- 가능하면 자연의 식생과 식재를 이용하며, 인공 구조물을 이용할 경우에는 인공 구조물이 갖는 혐오감을 최소화.
- 호감 가는 풍경 조성

㉡ 다자연형(多自然形)하천

- 하천정비공법

- 홍수시 외력 경감 공법을 사용하여 댐 등 하도내 저류, 유수지 및 조절지등 하도 외의 저류에 의한 홍수유량을 경감
- 수제와 Vane공 (날개수제)등에 의한 외력의 집중 완화
- 낙차공의 설치로 종단경사를 완화하여 외력을 경감하는 것 등이다.

- 하천의 동적 특성 고려

- 제방

제방법면의 완경사로 구릉과 같은 제방조성, 제내지 법면의 확충과 식재에 의한 제방 녹화, 식재에 의한 제방법면의 보호 등

- 둔치부지

수목의 조밀지, 초지, 습지 및 작은 만 등 다양한 수변환경 조건의 조성

- 저수호안 및 비탈멈춤공

수리 특성에 따른 식생, 돌 및 나무등을 사용한 호안, 돌망태, 잡석 등 다양한 다공질 구조를 가지는 재료의 선택.

- 수제

작은 만 등에 의한 다양한 형태의 흐름 조성, 다공질구조물을 가지는 재료의 사용.

- 낙차공

자연적인 흐름의 형태, 하천경관에 적합한 다단식 낙차공, 경사식 낙차공등 전단면 어도화

④ 하천생태환경의 전제조건

㉠ 수질개선

각종 용수의 수요 증가에 따른 생활 하수, 공업폐수 등의 배출량의 증가로 수질이 악화, 건천화로 인해 희석기능이 약화되고, 하천의 칙선화와 하천 양변의 콘크리트 제방 때문에 자정작용이 더욱 저하되어 도시 하천 수질이 악화되므로 수질개선에 각별한 노력이 요구된다. 수질 정화방법은 표 6-4와 같이 다양하며 지역여건에 따라 선택하는 것이 바람직하다.

〈수질정화방법〉

정화방법	내 용
접촉산화법	자갈등의 접촉재를 이용하여 하천수를 현장에서 직접 정화
박층류법	하천폭을 확장하고 수심을 얕게 함으로써 물과 접촉하는 하상면적을 크게 하여 하천의 정화능력 증대
하상형태변경법	여울을 형성시키고 생물 서식환경을 복잡하게 하여 하천의 정화능력 증대
토양정화법	토양이 갖는 분해흡착능력을 이용하는 방법이다. 트렌치등을 이용하여 오염수를 토양에 주입함으로써 하천수 정화
수생식물 이용법	수생식물(갈대등)이 번성하는 수로에 오수를 통하여 하천수를 정화하는 방법이다.
복류수정화법	복류수를 펌프로 공급하여 하천수를 희석시키고, 하천수를 복류시켜 여과, 흡착 등의 효과를 이용
산화지법	연못에 오수를 체류시켜 생물학적 분해와 침전효과를 이용
독이용법	하도에 둑을 설치하여 여과와 침전효과를 이용
DCF법	하도에 투수성 직물을 설치하여 여과와 침전효과를 이용
도수법 (조식이용방법포함)	깨끗한 물을 끌어들여 희석, 소류등의 효과를 도모
여과법	여과장치를 이용하여 하천수를 직접 여과
폭기법	폭기장치를 이용하여 물리적으로 DO를 공급
유로전화법	본류에 유입하는 오염된 지천의 유로를 변경하여 정화

① 수량확보

시가지에서 배출되는 오·폐수만을 따로 모아서 흘려보내는 차집관로를 매설하여 하류의 하수처리장에서 처리하여 방류함으로써 하류지역의 수질개선을 도모하고 있으나, 하수처리장 상류의 도시하천에서는 취수량이상의 유량이 급격히 줄어들어 건천화 되고 있다. 그리고 도시화에 따른 불투수 피복 면적이 증대되어 강우시 우수의 유출시간이 빨라지고 침투수의 감소로 토양의 함수량이 감소되어 평시 유출량이 감소하여 건천화를 더욱 심화시키고 있다.

그 결과 도시하천은 하천기능을 유지하는데 필요한 최소한의 유량을 확보하지 못해 하천의 자정작용을 위시한 환경기능을 상실하게 되는 것이다. 표 6-5는 수량확보 방법들을 비교분석한 것이다.

〈수량확보 방법들의 비교〉

구분	장점	단점
댐건설	안정적인 수원확보 유지관리 용이	건설비용 큼, 건설적지 확보 곤란, 주변환경에의 영향이 큼
유로변경	타사업과 연계 가능 (예: 농업용수)	건설비용이 큼, 수원 확보 곤란 유지관리비 큼
지하수 개발	사업기간이 짧음	건설비용 큼, 유지관리비 큼, 수량이 제한됨
수원지 함수능력증대	유지관리비 저렴 산림녹화와 연계가능 토사유출 방지 효과	효과가 작음, 장기적 투자가 필요함
가정오수처리이용	지천 건천화 방지	건설비용 큼, 유지관리 곤란, 기술적 문제

④ 수심

수심이 얕은 경우에는 유량감에 영향을 준다. 하안 재질이 노출되면 경관이 훼손되기 때문에 그 지역의 대표적 지점에서 하천을 바라보아 하안재료 등이 어느 정도 감추어질 정도의 수심을 확보할 필요가 있다. 어류의 서식을 위한 최소수심은 0.3m이므로 어류의 보존을 위해서는 0.3m이상의 수심을 확보할 필요가 있다.



〈자연형 하천1〉



〈자연형 하천2〉

나. 우수활용

① 필요성

- 신선한 물에 대한 효용성이 지구온난화와 인구증가, 소비습성 등으로 인해 1/3까지 떨어지며, 지하 대수층 또한 낮은 수준으로 되어 신선한 물의 부족, 건강과 지역사회에 대한 제한요소가 될 것이다. 따라서 앞으로는 우수저장 시스템과 같은 물 보전기술을 통해 물 공급에 대한 부정적 영향을 감소시키고, 우리도시의 다양성과 건전함을 유지시킬 수 있도록 해야 할 것이며 우수를 활용한 생태주거단지로의 전환을 모색해야 한다.

② 계획기법

- 빗물의 이용은 그 용도가 화장실의 세정수나 살수 등의 잡용수로 중수의 용도와 중복된다. 따라서 환경공생주택에서 잡용수 공급시스템을 계획할 경우에는 해당 주택의 규모나 등급, 강우 데이터 등을 감안하여 빗물이용, 중수이용 중 어떤 것을 선택할 것인가 또는 양쪽을 조합시켜 운용할 것인가를 검토할 필요가 있다.
- 비가 올 때 빗물을 간단히 탱크에 집수한 후 이를 살수용으로 사용하는 단독주택에서 쉽게 이용할 수 있는 시스템에서 출발하는 것이 현실적일 것으로 생각된다. 다만 물수급 문제가 심각한 일부 대도시의 주택단지에서는 환경공생의 관점에서 한층 더 나아가 본격적인 잡용수 공급을 계획하는 것이 바람직할 것이다.
- 우수조를 만들어 단지 주민 전체가 공동으로 사용할 수 있으며 방화용수로 또는 화초의 물주기 등에 사용하고 단지내 광장의 분수나 벽천 등에 수경용으로도 활용한다.
- 저류방식은 크게 단지내 주차장, 공원, 놀이터 지하공간의 저수조, 쇄석공극 저류지, 연못을 이용하는 상시저류지, 주동 지하저수조, 주동내 지붕저수조 등을 이용한다.
- 쇄석공극 이용은 현재 실용화 단계이며 주동내 지붕저수조, 주동 지하저수조 등의 유형 도입이 필요하다. 수자원 절약을 위해 단기적으로 도입함이 타당하고 활용 극대화를 위해 중수도 등 다른 시스템과의 연계가 필요하다.
- 계획 및 유지관리시 고려사항으로는 경제성을 고려한 집수면적, 저류용량, 사용용도, 사용량 등의 적절한 계획이나 우수의 수질이나 사용용도에서의 필요수질을 고려한 적절한 수처리방법의 선택과 음용수로의 사용방지 및 저류조내의 청소 등의 유지관리등에 유의한 계획이 필요하다.

③ 우수의 재활용 기법

① 우수의 확보방법 및 특징

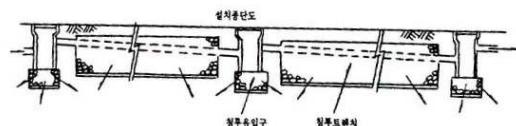
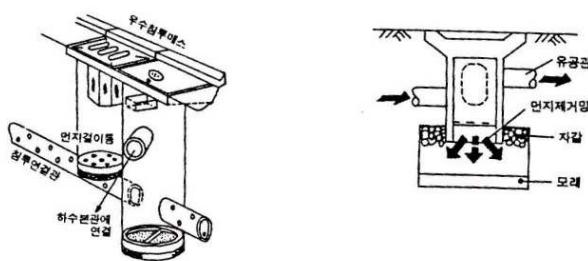
〈우수확보방법 및 특징〉

수원	집수방법	특징 및 문제점	장소
빗 물 의 직 접 이 용	공통적인 특징 - 강우시의 물, 강우 후 몇 시간에서 몇 일간에 걸쳐 공급 - 주수원으로서가 아니고 보조적으로 이용하는데 유효 - 수질은 노면배수, 조성법면 배수등이 혼합되는 곳은 오염이 됨		
	- 지표수를 직접모음 	- 강우시 빗물이 흘러감 - 법면 배수로를 이용 - 수질은 녹지대를 통한 것이 양호함	- 녹지대에 수로가 접하는 곳이 적당
	- 조정지 	- 토지이용상 비경제적임(방재계획과 동시에 적용할 수 있는 곳이면 좋음) - 갈수기는 경관상의 문제	- 공원내시설(연못)로서 설치 가능 - 기존연못을 이용
	- 얕은 화단 	- 조정지의 한 형태 - 면적은 조정지보다 많이 필요하지만 건물사이의 공간을 활용하면 유효 - 경관상으로 저정지보다 좋음(평상시에는 화단으로 사용) - 주택조성단계에서는 만들지 않음 - 관리상의 문제가 있음	- 주택지의 주동간, 시설정원 등을 이용
	- 지하저류(건물옥상저류) 	- 공급기간이 상당히 자유로움 - 수질은 양호 - 지상의 이용이 자유로움 - 집수효율이 낮음 - 비용이 많이 듬	- 주택지내의 설치(주택이 많이 필요, 시설만 단독으로 사용못함) - 중고층보다 저층주택에서 더 좋음

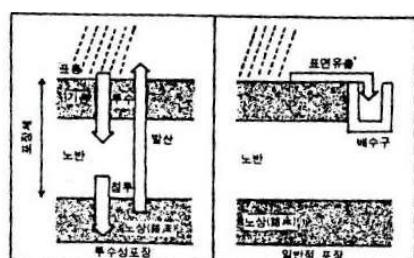
② 우수침투방법

침투형 유출억제시설은 지표의 불포화층을 통하여 우수를 분산 침투시키는 방법으로 침투유입구, 침투도랑, 침투성포장, 침투지, 침투측구 등이 있으며, 이러한 침투형 시설은 유출억제측면 뿐만 아니라 지하수함양, 강우시의 초기오염대책 등 그 효과가 큰 방법이다.

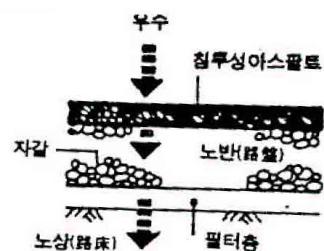
- 침투유입구 : 침투유입구는 밑면을 쇄석(모래 또는 자갈등)으로 채우고 우수를 그 밑면 및 측면으로부터 지표 얕은 곳의 불포화 또는 포화대를 통하여 방사형으로 분산 침투시키는 시설
- 침투도랑 : 굽착한 도랑에 모래 또는 자갈을 채우고 그 중간중간에 침투유입구와 투수관을 설치하여 유입된 우수를 쇄석의 측면과 밑면에서 지중에 대상으로 분산 침투하는 시설
- 침투측구 : 측구측면을 쇄석으로 채워 집수한 우수를 그 지면으로부터 지중에 분산 침투시키는 시설
- 투수성 포장 : 포장면을 통하여 우수를 직접 노상에 침투시켜 지중에 환원하는 기능을 갖는 포장



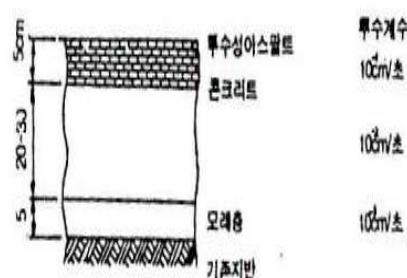
〈침투받이 및 침투도랑을 통한 우수의 지하 침투〉



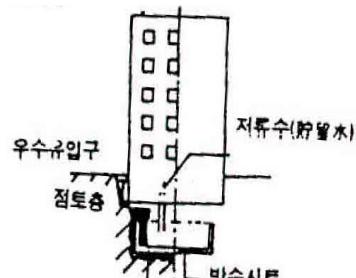
〈토수성포장의 개념도〉



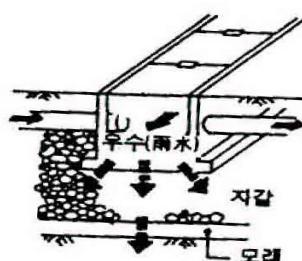
〈침투성포장〉



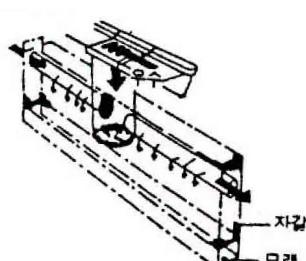
〈토수포장 단면도〉



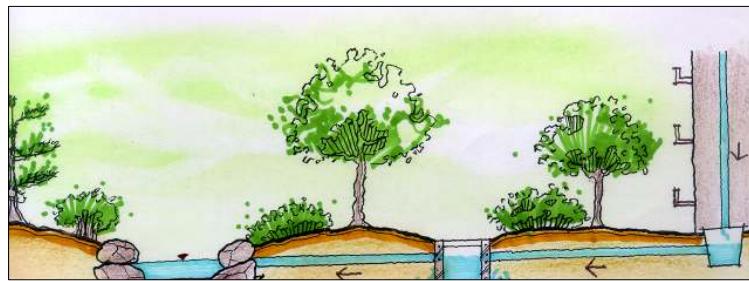
〈저류침투〉



〈침투측구〉



〈침투매관〉



〈빗물침투시설의 조합예시도(옥상빗물 → 빗물받이 → 침투정 → 실개울)〉

④ 우수저류방법

• 지역내 저류시설

- 일반적으로 소제방이나 얕은 굴착형식으로 공원, 교정, 광장, 주차장, 집합주택의 동간 등 본래의 이용목적을 갖는 토지에 얕은 수심의 저류시설을 설치하여 강우시 그 위치에서 저류하여 유출을 억제하는 시설
- 상대적으로 규모가 적어 그 효과는 적지만 별도의 부지가 필요없이 토지본래의 목적을 유지시키면서 치수효과를 부수적으로 얻을 수 있는 특징을 지님
- 저류가능용량은 본래의 토지이용을 배려함과 동시에 이용자의 안전확보와 유출억제효과를 감안하여 결정
- 저류한 우수의 방류방식은 자연조절방식을 원칙으로 하고 방류량 및 방류공은 저류가능용량을 초과하지 않도록 하며 배수는 강우 종료후 일정시간에 배수가 완료될 수 있도록 설계하여야 함.

• 지역외 저류시설

유수지, 치수녹지, 홍수조절지 등의 시설로써 우수유출량을 집중적으로 처리하기 때문에 저류 잡재효과가 높고 안정성이 있으며 시설의 유지관리도 용이하나 많은 부지가 소요되어 지가가 높은 도시지역에서는 시설설치에 제한을 받는다.

⑤ 우수처리

• 수질 : 집수면에 따른 우수의 수질 특성을 정리하면 다음과 같다

〈집수면에 따른 수질 특성〉

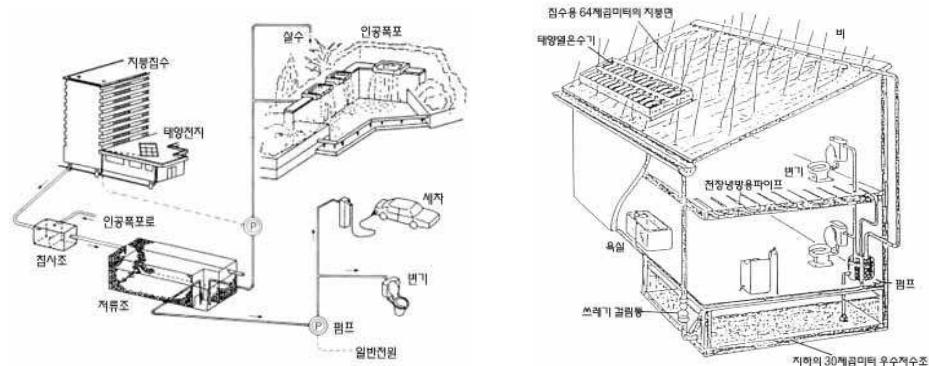
수질	수위에 따른 수질 특성	
지붕·옥상면 유출수	<ul style="list-style-type: none"> · 초기 유출수는 표면퇴적물을 포함하는 관계로 COD, SS등의 오염도가 높다 · 지속시간이 길어지면서 우수의 수질은 양호한 상태로 바뀐다. · 일반세균 항목을 제외하고는 음용수 수질기준에 준하는 양호한 수질이다. 	
도로면 유출수	<ul style="list-style-type: none"> · 대기분진 외에 기름, 타이어 마모물질, 흙입자, 협잡물 등 비점오염물질이 유입될 가능성이 높다. · BOD 오염농도는 비교적 높은 편이다. · 강우량이 적은 경우 탁도 농도가 매우 높아진다. · 교통량이 많을수록 오염도는 높다. · 아스팔트 표면이 콘크리트 표면보다 탁도가 높다 	
주차장 유출수	교통량 소	<ul style="list-style-type: none"> · 사람에 의한 인위적인 오염행위가 없으면 옥상면에 준하는 수질을 얻을 수 있다.
	교통량 대	<ul style="list-style-type: none"> · 교통량 증가에 따라서 탁도는 높아지고 사람에 의한 인위적인 오염행위에 많은 영향을 받는다. 침수에 의한 오염물질의 유입가능성도 높다

녹지 유출수	잔디	· 초기 오염물질을 제외하면 비교적 양호한 수질을 얻을 수 있으나 유출계수가 작아 사면을 이용하는 것이 효과적이다.
	거친 잔디	· 우수의 지속시간이 경과될수록 탁도는 높다
인공지반 유출수		<ul style="list-style-type: none"> 인공지반에 여과기능을 부가한 경우, 건물 주변이나 정원이나 모아지는 우수의 수질은 비교적 양호하다. 모래 등의 유입이 우려되는 경우 집수구 근처에 니토류를 설치한다

- 처리방법

연못, 습지의 유지용지는 침전조 외의 처리설비를 필요로 하지 않으나, 실개천, 벽천, 폭포의 유지용수는 침전조가 우수 집수면적에 비해 작아 우수 유입시 난류나 교반에 의해서 협잡물이 저류조를 거쳐서 사용장소에 이동할 수 있기 때문에 이를 방지하기 위해 쇄석여과나 간이 필터 구조의 시설물을 설치할 필요가 있다.

- 자연침전 정도의 간이처리 : 침사지, 침전조는 집수된 우수내에 포함된 토사류를 자연침강에 의해 제거할 필요가 있는 경우에 설치한다.
 - 자연침전+쇄석여과 정도의 처리 : 침전조가 우수의 집수면적에 비해서 작은 경우에 우수 유입시 난류가 교반에 의해서 협잡물이 저류조를 거쳐서 사용장소에 이동하는 것을 방지하기 위해 쇄석여과나 간이필터 구조의 시설물을 설치한다.



〈우수이용시스템 활용예〉

다. 중수도

① 필요성

- 오·폐수 활용을 통한 수자원의 확보
 - 수질정화식물 서식처 조성을 통한 오·폐수의 자연정화능력 향상
 - 오·폐수의 생활용수 및 공업용수로의 재활용 촉진
 - 오·폐수 활용 등의 절수를 통한 경제적, 수질오염방지 효과 증진

② 계획방향

- 중수플랜트는 중수의 이용용도(인공개울 등의 조경, 화장실의 세정 등)에 따라 처리수준이 다르기 때문에 적합한 수질로의 처리가 필요하다.
 - 플랜트에서의 처리, 원수의 집수배관, 중수의 배관 등 설비투자가 많고 또한 물처리나 배수와

관련된 에너지소비량도 적지 않다는 점 등을 고려하지 않으면 안 된다. 또한 주동내, 주호내에서 상수와 중수의 배수관이 함께 있기 때문에 오접합이나 오염을 방지하기 위한 연구도 필요하다.

- 동주택의 중수도 설치에 처음부터 시공성을 고려하여 설계한다. 단지 내 오수정화시설이 없어 중수시설의 설치공간이 혐오시설로 되기 때문에 위치선정이나 면적 등에 대해서 신중해야 한다. 시설의 입지는 단지에서 떨어진 곳에 설치하되 주변을 녹지공간과 연계하여 거주자에게 오히려 쾌적한 환경을 제공토록 하거나 어린이 놀이터 지하에 설치하는 것이 바람직하다. 옥상중수탱크를 지하 및 중간층에 중수탱크를 설치하여 가압펌프로 조정하여 옥상으로의 중수배관을 감소시킨다.
- 절수형 도시의 형성을 지향하고 수자원의 유효이용을 위하여 상수사용량의 절감이나 하수 류량의 절감을 꾀하는 중수도 이용을 계획한다.
- 주거환경에서 생활용수의 수질은 음용을 기준으로 하여 배급되고 있는데 직접 음용으로 사용되는 수량은 전체 사용량의 1~2%정도 밖에 안 된다. 따라서 주방에서 사용하는 물 등 음용수 정도의 수질기준이 필요한 것도 있으나 그 밖의 청소, 변기세척, 조경 등의 용수는 중수도를 이용할 수 있다. 또한 공동주택의 경우 300세대 이상일 경우 중수도 이용의 경제적 설치규모 이상을 확보할 수 있어 도입에 유리하다.
- 화장실 등 물의 사용이 일정치 않고 아침과 저녁에 집중되는 주거용 건물의 경우 유량조정조에서 물의 정체로 인하여 물의 부패 및 부식성을 유발시켜 중수시설물의 노후화가 급속히 일어나므로 내부식성 및 내화학성 제품으로 시설물을 설치하여야 한다.
- 중수도 이용은 대상구역의 범위에서 일반적으로 광역순환방식·지구순환방식 그리고 개별순환방식으로 대별된다. 광역순환으로는 하수처리장에서의 재생수나 공업용수를 주된 원수로 이용하고, 지구순환방식이나 개별순환방식으로는 생활배수나 우수를 주된 원수로 이용하는 것이 일반적이다. 대규모 주택단지와 시가지 재개발지구 등에 있어서는 지구순환방식을 많이 사용한다.

③ 중수도 이용방식

① 개별순환방식

개별순환방식이란 사무소, 빌딩 등에 있어 그 건물에서 발생하는 배수를 자가 처리하여 빌딩 내에서 다시 이용하는 것을 의미한다.

1990년 일본의 경우 약 126,838m³/일 용량의 중수가 840개 빌딩에서 개별순환방식으로 재이용되었고 이는 1987년 590개 빌딩에서 67,356m³/일의 중수가 이용된 것에 비하면 급속도로 그 이용 량이 증가하고 있음을 알 수 있다.

우리나라에서는 현재 서울 잠실의 롯데월드를 비롯하여 이러한 방식의 중수도를 가동하고 있다.

② 지역순환방식

지역순환방식이란 비교적 한 곳에 집중되어 있는 좁은 지구 즉, 아파트 단지나 새로 건설되는 주거지역 등에 있어 사업자와 건축물 등의 소유자가 공동으로 중수도를 운영하고 해당 건축물의 수요에 따라 중수를 급수하는 방식을 말한다.

일본의 경우는 1990년도에 127개 지역에서 56,476m³/d 용량의 재이용수를 지구순환방식으로 이용하고 있는 것으로 나타나 있다.

③ 광역순환방식

광역순환방식이란 일정지역내에서 해당지역내의 빌딩과 주택 등 일반적인 중수의 수요에 따라 중수도로부터 광역적, 대규모적으로 공급하는 방식을 말한다. 주로 대규모 하수종말처리장 유출수나 공단폐수 종말처리장 유출수를 다시 처리하여 이용한다.

우리나라에서는 아직 도입되지 않았으나 일본의 경우는 1990년 402개 지역에서 약 44,957m³/d 용량의 중수가 생산되어 이용된 것으로 나타나 있다.

④ 중수처리

연못, 분수 등의 수공간 조성을 위한 환경용수나 살수용수로 사용하기 위해서는 인체 등 공중위생과 인간의 감각면에서 뿐만 아니라 기기·설비 등에서 요구하는 수질의 정도를 만족해야 한다. 그리고 그러한 수질을 얻기 위해 원수에 따른 수처리 정도 및 기술 등에 대한 종합적인 검토가 필요하다

- 식생여과대 조성을 통한 오·폐수 활용기술
 - 오·폐수 정화를 위한 습지조성과 정화식재를 통한 재활용
 - 우수유출수가 넓고 평평하게 퍼지는 지역에 적용, 주로 완충녹지대 전면에 조성하여 수질 개선을 위한 배수체계가 유지될 수 있도록 설계
 - 식생여과대는 습생식물, 정수식물, 부엽식물, 침수식물의 위계별로 조성되도록 함
 - 식생여과대의 처리효과는 경사가 증가할수록 감소하는데 17%이상의 경사에서는 발휘될 수 없으며, 5%미만의 경사에서 최적의 효과를 기대
 - 여과대의 최소길이는 6m가 되어야 하고, 미세침전물의 적절한 제거를 위해서는 30~90m의 길이가 필요
 - 제거효율별 식생대 길이는 레이놀즈수(Re)와 흐름동안의 입자침강수(Nf)의 함수로서 이루 어지는 경험공식이 개발되어 있으며, 이식을 이용해 우수 유출수에 함유된 입자의 제거효율과 각 효율별 필요식생대 거리를 구할 수 있고, 이 침식물에 특정 오염물과의 관계를 적용하면 오염물 제거효율로의 환산도 가능

$$x = (Re)0.82(Ne) - 0.91$$

여기서, $Re = (vs \cdot Rs) / v$, vs : 유속, Rs : 식생밀도지수, v : 동점성 계수

$$Nf = (LT \cdot w) / (ws \cdot Df)$$

LT : 식생대 길이, w : 입자침강속도, Df : 수심

- 상기의 식생형 시설들을 어느 한가지로 선정하여 설치하는 것보다는 다단계로 조합하여 활용하는 것이 가장 효과가 좋음
- 식생여과대 도입 식물 종류

〈식생여과대 도입식물〉

구 분	식 물 종
습생식물	갯버들, 버드나무, 용버들, 사초류, 물여뀌, 물억새, 매자기 등
정수식물	갈대, 부들, 줄, 달뿌리풀, 애기부들, 미나리 등
부엽식물	연꽃, 수련, 부례옥잠, 마름, 개구리밥, 생이가래 등
침수식물	봉어마름, 검정말, 나사말, 자라풀 등

⑤ 수질

원수 특성에 따라 수처리 정도가 달라질 수 있기 때문에 원수의 수질을 파악하는 것은 중요하다. 공동주택단지에서의 평균원수 수질 특성은 다음과 같다.

〈공동주택단지의 평균원수 수질〉

		CODcr (mg/L)	BOD (mg/L)	SS (mg/L)	ABS (mg/L)	PH	생도 (9도)
세면배수	하계	106	49	41	2.8	7.6	82
	동계	155	80	101	2.0	6.5	50
목욕배수			48.8	15.4	0.2		
냉각수		106	4	6	0.3	7.5	60
주방배수	하계	732	480	218	54.4	5.4	
	동계	844	418	296	21.7	6.0	51
수세식 화장실	하계	597	197	170		8.7	
	동계	719	328	444		8.6	268

중수의 순환이용에 사용하는 원수는 적어도 2차 처리수 또는 그와 동질이상의 것으로 하고 그 수질은 살수용수와 조경용수의 경우 다음과 같은 수질기준을 만족해야 한다.

〈살수, 조경용수의 수질기준〉

항목/용도	살수용도	조경용도
대장균군수	검출되지 않을 것	검출되지 않을 것
잔류염소	0.2mg/l 이상일 것	
외관	불쾌감을 느끼지 않을 정도	불쾌감을 느끼지 않을 정도
탁도	5도를 넘지 않을 것	5도를 넘지 않을 것
BOD	10mg/l 를 넘지 않을 것	10mg/l 를 넘지 않을 것
냄새	불쾌한 냄새가 나지 않을 것	불쾌한 냄새가 나지 않을 것
pH	5.8–8.5	5.8–8.5

라. 투수성포장

① 필요성

생태환경도시에서는 투수성포장을 통해 우수가 지하로 직접 침투하도록 하여 지하수 함양 도모와 부족한 수자원 확보 및 지역내의 미기후 조절 등 토양의 본래 기능을 회복시킨다.

② 계획기법

- 아스팔트 등의 불투수성 포장재신에 공극이 있는 투수성 포장재료를 이용해 우수가 지하로 스며들 수 있도록 바닥을 처리
- 유공관의 주위를 쇄석으로 감은 침투형 트렌치(trench) 등을 이용해 우수를 지중에 침투시킨다.
- 지하공간에 쇄석을 충전하고, 그 공극에 우수를 저류하고 지하침투를 꾀한 쇄석공극저류법도 실용화되고 있다.
- 잔디블럭을 이용한 주차장 포장, 투수성칼라아스팔트, 투수성블럭포장, 마사토포장 등 다양한 포장재를 사용한다.
- 부지주변의 지층구조나 지형·표고한 지하 침투가 부적당한 경우도 있으므로 사전에 적절한 조사진단이 필요하다.

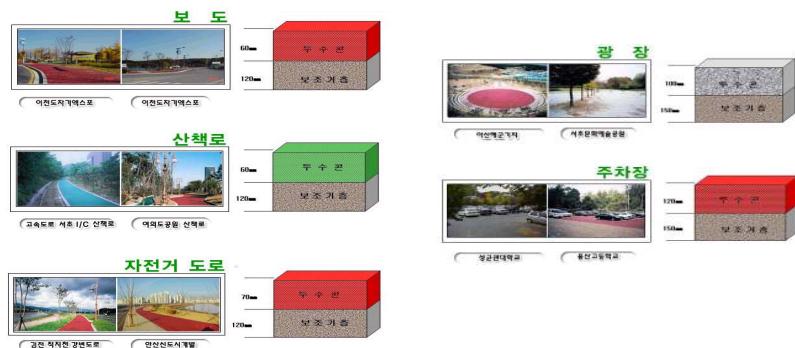
- 침투성 포장재료는 막힘에 의한 기능저하에 대한 대비책을 마련하는 것이 중요한 과제이다.
- 지하침투의 효과중에서 미기후의 개선 등 열적효과에 관해서는 데이터가 적고 추후의 검증이 요구된다.
- 공간의 성격에 맞는 다양한 투수성 포장재·기층재 선정
 - 놀이터 : 모래깔기·마사토깔기
 - 운동장 : 마사토깔기
 - 광장·휴게소·놀이터 등의 보도포장 : 투수콘크리트
 - 녹지내 보도 : 자연석깔기·잔디블럭포장
- 투수성 배수시설
 - 유공관의 주위를 쇄석으로 감은 침투형 트렌치(trench) 등 설계
 - 넓은 녹지에 페수로 등의 개거 설치

③ 포장공법에 대한 특성 비교

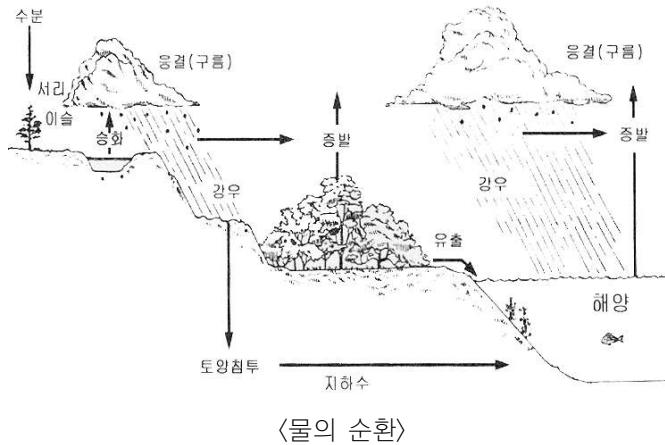
〈포장공법에 따른 특성〉

구분	투수콘크리트	투수아스콘
특성	시멘트와 결합한 콘크리트 슬럼프를 0으로 하여 골재 상호간에 공극을 만들어 투수기능을 만든 포장	다공성 아스팔트 훈화재료로 써 물이 포장체 속으로 투과하여 노반에 흡수되도록 한 포장
용도	보도, 주차장, 광장, 자전거도로 등	보도, 주차장, 광장, 자전거도로 등
장점	<ul style="list-style-type: none"> 투수성이 우수·보행성 및 평탄성 양호 미끄럼저항 양호·시공성 내구성이 양호, 미관양호 곡선부 시공 양호 	<ul style="list-style-type: none"> 시공후 즉시 개통·보행성 및 평탄성 양호 미끄럼저항 양호·곡선부 시공 양호
단점	<ul style="list-style-type: none"> 노반의 부등침하에 대하여 취약 슬럼프 맞추기가 곤란하다 장기간 경과시 투수성 저하 양생 및 줄눈이 필요 	<ul style="list-style-type: none"> 노반의 부등침하에 대하여 취약 장기간 경과시 투수성 저하
경제성	공사비 고가	공사비 보통

④ 투수성포장의 적용사례



마. 블루네트워크



① 필요성

물순환시스템은 단지내의 개울 또는 시냇물을 자연생태계 원리에 적합하게 조성하고 순환할 수 있는 체계로 하는 것과 넓은 의미로는 우수침투, 중수, 우수의 단지내 이용이 모두 포함된다. 기존의 주거단지는 녹지를 제외한 모든 면적이 포장되어 있으므로 우수의 일부분만이 땅속으로 침투할 수 있다. 이러한 현상은 물의 순환을 억제하여 지중의 생태계를 파괴함과 동시에 전체적인 물순환의 균형을 깨뜨리게 된다. 그러므로 자연의 형태대로 우수는 땅속으로 침투시키고 일부를 모아 단지내의 실개천을 흐르게 하거나 녹지, 채소원의 수원으로 활용한다. 단지의 실개천은 중수, 우수, 지하수 등을 이용하고, 인공산과 결합하여 지형의 중력을 이용하여 단지내를 순환하도록 조성하므로써 생태계의 순환에 순응하고 쾌적한 단지를 조성할 수 있다.

② 계획방향

- 도시수계의 생태적인 조건을 유지 및 증진시키는 방법을 모색하면서 물의 재순환체계, 우수 및 하천수 이용체계를 토지이용형태(업무 및 상업지역, 주택가, 공원 등)에 맞게 확립

<물순환체계 정비를 위한 방안>

관련대책	세부내용
물수요 자체의 절감	<ul style="list-style-type: none"> 절수기기 및 기술 이용(절수형 화장실, 절수형 세탁기 등) 물의 다단계 이용, 사용 추세 조사 및 관리 누수 조사 및 노후관 교체
배수의 재이용시스템 도입	<ul style="list-style-type: none"> 개별 건물 및 단지내 중수도시스템 도입 공업용수, 살수 등의 광역순환방식 도입
우수 및 하천수 이용시스템 도입	<ul style="list-style-type: none"> 투수성 포장기법 및 우수침투조 도입 빗물을 가정내 허드렛물이나 살수 및 빙화용수로 이용
자연스런 물 흐름의 유지	<ul style="list-style-type: none"> 빗물의 토양 내 침투기능 보전 및 회복 생태적 하천관리기법의 도입 주택가 하천복개의 제한
지하수의 관리	<ul style="list-style-type: none"> 지하수의 지역별 분포 및 부존량 조사 지하수오염원의 관리

- 수변 환경의 회복과 정비를 통해 주변환경과의 조화와 하천이 가진 생태적 순환성·안정성이 충분히 만족되도록 한다.
- 도시하천의 생태적 관리를 통해 용수로 적합한 수질을 확보하고, 수생생물의 휴식처로 적합한 수질의 보전과 회복, 수생생물 등 자연과 주변 녹지의 보전, 사람들이 하천에 친숙하도록 만드는 친수성의 확보 등 다양한 계획

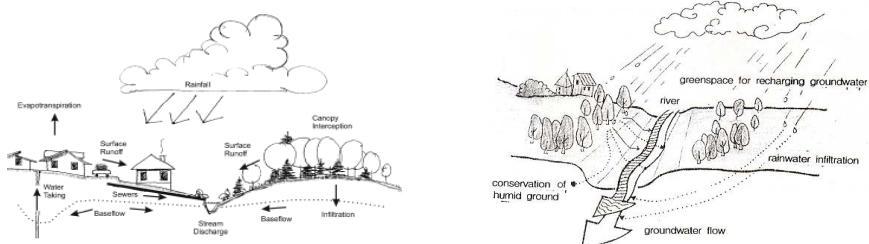
〈물가주변 환경의 회복 및 보전을 위한 방안〉

관련대책	세부내용
친수공간의 조성과 창조	<ul style="list-style-type: none"> · 하천에 대한 접근성의 제고 · 물가주변의 보전·정비 및 친수시설의 설치 · 물과 주변 녹지의 동반관계 형성 · 이벤트 개최, 계몽 및 교육활동 전개
하천관리를 위한 운영계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> · 이미 수립된 매립 및 간척계획의 재평가 및 취소 · 간척 및 매립된 지역의 단계적 회복계획 수립 · 하천 관련 환경정보의 체계적 제공
수생생물의 보전과 육성	<ul style="list-style-type: none"> · 실태에 대한 종합적 조사실시 · 보호 및 육성을 위한 장기적 조치 도입 · 지역생태를 고려한 수산자원의 계획적 육성

③ 물의 순환적 측면을 도입하기 위한 단지의 수공간 계획기법

- 단지입구 : 단지입구는 단지진입 뿐만 아니라 물순환형 단지에서 물순환의 시작을 알리기도 한다. 기존에 설치된 지하저류조 상부에 연못을 조성하고, 지하에 저류된 우수 및 중수를 분수로 토출한 뒤 다양한 경관 및 물소리를 창출하는 캐스케이드를 거쳐 실개천으로 흐르게 한다. 캐스케이드 측면에는 식생 조경을 하는 물과 녹이 어우러지게 계획
- 단지내 실개천 : 단지 전체를 순환하는 실개천을 조성한다. 이 실개천은 단지내 물의 순환에 기여하면서 개별적으로 조성된 비오톱들을 연결한다. 수심은 1cm 내외정도, 수로폭원은 약 30~40cm를 기본으로 하며, 실개천이 합류하는 곳이나 각 주동을 거쳐 흘러 수량이 늘어나는 곳은 단면을 보다 크게 계획한다. 실개천 곳곳에 작은 저류연못을 조성하여 어류 등의 서식처를 제공한다.
 - 주동 앞 : 일자형의 주동전면에 분수가 있는 연못과 실개천을 조성하여 연결한다. 기존 주차장이 차지하고 있던 공간을 녹지화하여 수공간을 조성함으로서 청량감과 쾌적함을 줄 수 있다.
 - 휴게공간 : 단지의 중앙에 위치한 휴게공간에 연못을 조성하고 연못가에 벤치, 파고라, 조명 등의 휴게시설을 설치한다.
 - 놀이터 : 하천변에 인접한 어린이놀이터에 어린이들의 흥미를 유발하는 벽천과 안전하게 물 속에서 놀 수 있는 얕은 수심의 도보지를 조성한다. 수공간에 사용된 물은 잔디의 살수용 수로 재이용한다.
 - 보행자전용도로 : 인근주택지와의 사이에 있는 약 120m 길이의 보행자전용도로에 실개천 및 다양한 높이의 샤프노즐을 설치하여 다양하고 흥미로운 경관을 창출한다.
 - 근린공원 : 단지의 수공간과 공원의 수공간을 실개천으로 연결한다. 공원은 생태적으로 다양한 녹지로 조성하고 필요한 관개수는 연못에서 정화된 물을 사용한다. 기존 공원내 부족한 편의시설을 도입하여 주민들의 공원 이용을 도모한다.
 - 근린공원-하천의 연결 : 공원 연못으로 유입된 물은 수중식생에 의해 정화된 후, 하천으로 방류되어 전천시 하천의 유지용수로 재이용된다.
 - 하천 : 하천변을 주민들의 친수공간으로 활용할 수 있도록 수변에 녹도를 이루는 보행자도

로를 설치하고, 하천과 연결하는 계단 및 다리를 조성한다. 호안은 갈대 등을 이용한 생태 호안으로 하여 생태적 안정성을 추구하고, 하천의 종단면은 저수위에서도 수중생물의 서식처를 제공할 수 있도록 다양한 수심을 형성하도록 계획한다. 우기시 오염물 유입이 갑작스레 증가하지 않도록 수면에 식생대(VFS)를 조성하고, 인근단지에는 우수유출을 제어할 수 있는 시설을 설치한다



〈자연형 하천〉

(3) 생태화장실 및 퇴비화

가. 개념

생태적 화장실은 수세식 화장실처럼 용수가 필요하지 않으며 수거식 화장실과 같은 악취가 발생하지 않아 환경적으로는 오염이 없고 위생적으로 깨끗하며 에너지 절약뿐 아니라 환경오염 예방에도 크게 기여하고 있는 자연발효형 화장실을 말한다.

나. 필요성

- 산업화-도시화에 따른 탈농업화 경향으로 흙에서 멀어진 사람들은 배설물을 혐오하게 되었고 눈으로부터 안 띄게, 냄새 안 나도록 멀리 보내는 방식으로 등장한 ‘수세식’의 보급으로 인해 인간의 배설물은 생태순환 고리에서 떨어져 오염원으로 작용하는 심각한 사회문제 대두
- 사람의 배설물을 처리함에 있어 기존의 수세식 화장실에서의 분뇨처리에 들어가는 엄청난 수자원의 낭비이며 정화조를 거쳐 집 외부로 나간 희석수는 물오염을 가중시키는 원인이 되나, 자연생태적 입장에서 보면 훌륭한 퇴비자원으로의 활용으로 생태순환의 연속성에 자연의 에너지원으로 이용가치가 대두
- 자연 속에서 살아가는 생물들이 서로간에 관계를 주고받으며 순환하는 것처럼 사람의 배설물은 오염원이 아니라 바로 생태순환의 중요한 고리이며 자연의 질서를 유지시키는 중요한 에너지원으로 생각의 전환이 필요한 시점
- 이렇듯 사람의 배설물을 효율적으로 활용하는 방법을 통해 생태순환의 고리가 끊어져버린 지금의 화장실 문화로 하여금 다시 생태성을 회복케하여 그것을 생태순환의 원리에 따르도록 하는데 목적이 있다.

다. 생태적 화장실의 개발방향 및 요소

- 생태적 화장실은 자연환경 오염이 적어 친환경적이고, 깨끗하며 위생적 유지관리가 용이하며, 경제적인 방향으로 개발·보급되어야 할 것이다.
- 사람의 배설물에 희석제를 넣어 주어 가스장애와 기생충감염을 막은 2차 처리 유기폐기물로 전환하여 토양미생물들의 먹이가 될 수 있는 적합한 상태가 되도록 유지

– 희석 재료의 종류와 특징

- a. 재 : 분뇨를 퇴비화시키는 희석제중에서 가장 효율이 높고 구하기 쉽다. 화장실에서 뒤를 본 후에 재를 뿌리면 악취 제거와 수분 조절, 분뇨속의 별레 제거 및 접근 방지 등 여러 가지 장점을 가지고 있다. 특히 소각장이나 발전소에서 나오는 비산재는 산성화된 토지 개량용으로 쓸모가 있다. 주의 해야할 점은 화학제품이나 중금속이 섞이지 않게 소각하여 재를 얻어야 하고 비닐이나 고무, 플라스틱, 폐전전지 등이 섞인 채 소각하면 재 성분 속에 식물 생장에 안 좋은 유독 성분이 섞이므로 함께 태워 재로 쓰면 안 된다.
- b. 부엽토 : 산이나 들에서 거두어 온 부엽토는 낙엽이 부식된 흙이므로 뒷간의 희석제로 최상이다. 산행이나 산책을 통해 약간의 부엽토를 구해 화장실에 뿌려주면 좋다.
- c. 석고/석회 : 석고를 가루로 만들어 화장실의 희석제로 쓰면 좋다.
- d. 한약재 : 한약찌꺼기는 한의원에서 약탕을 낸 후 나온 부산물이며 쓰레기이다. 그 자체만으로도 최고의 퇴비가 될 수 있지만, 희석제로 쓰면 효과가 매우 좋다.
- e. 왕겨 : 격의 겉껍질인 왕겨는 화장실의 첨가제로서는 재와 더불어 가장 많이 쓰이는 재료다.
- f. 숯가루(활성탄) : 화장실의 분뇨를 고급 천연퇴비로 만들고 또한 냄새 방지와 별레 방지, 양질의 미네랄이 듬뿍 들어 있는 등 많은 이점이 있다.
- g. 톱밥 : 질소질이 많은 분뇨를 희석시키기에 좋은 재료다. 다른 재료에 비해 보수력과 흡수력이 크다.

• 생태적 화장실 모델 구조 및 공간계획 요소

〈생태적 화장실의 공간계획요소〉

구 분	내 용	
공간구조 및 규모	공간구조	화장실+샤워실복합형
	규모	3평
분뇨처리 기능 및 구조	분뇨 처리기능	자연발효형
	분뇨조 설치방식	고정식
	분뇨조 유형	지하형
	분뇨 처리방식	수동식
	분뇨 발효방식	대소변 혼합형
	분뇨조 재료	FRP(강화 플라스틱)
	배기시설	5W
건물형태	벽체구조 및 재료	벽돌조적조
	지붕구조 및 재료	박공지붕, 아스팔트싱글
내부마감재료	바닥	타일
	벽체	타일(샤워실)
내부시설	화장실	양변기, 보조환풍기, 휴지걸이
	샤워실	세면기, 샤워기, 거울
기타	조명, 수도, 전기시설	

라. 생태적 화장실의 설치방법 및 유형

① 생태적 화장실 설치방법

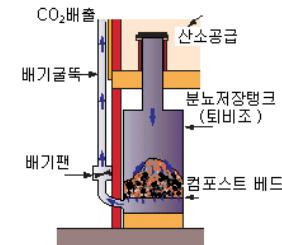
- 부지선정 및 배치계획 : 화장실 계획 부지는 주변 환경과의 조화, 안정성과 이용성, 경제성, 합

리적 관리기능의 극대화를 도모할 수 있는 적합한 장소를 선정한다.

- 평면계획 : 평면계획은 내·외부의 유기적 관계를 고려, 합리적이고 기능적으로 구성하며, 동선을 단축하여 불필요한 공간을 배제하고, 관리측면의 효율적 기능을 부여한다. 세면장과 화장실은 분리하여 화장실 이용을 편리하게 한다.
- 입면 및 단면계획 : 자연과 조화로운 색상과 재료를 선택한다. 벽체 재료는 토석벽돌 등 농촌의 부드러운 이미지를 주는 자연친화적인 재료를 사용하며, 지붕형태는 주택과 어울리는 형태로 하여 시각적인 연속성을 부여한다. 최소의 공간을 수용할 수 있는 층고를 결정한다.
- 발효조 설치 및 건축공사 : 발효조 매립을 위한 터파기공사, 되메우기공사, 콘크리트공사를 시행하고 콘크리트가 충분히 양생한 후 건축공사, 마감공사, 내부시설공사 순으로 진행한다. 발효조는 지하에 매설하여 눈에 띠지 않도록 하였으며, 발효제 투입 등 발효조 관리에 편리하도록 관리구를 만든다.

② 생태적 화장실의 유형

- 수거식 화장실 : 분뇨통을 화장실 안에 하나, 바깥에 하나를 묻어 놓고 두 개의 통 윗부분에 파이프를 연결하여 화장실 안의 분뇨통이 거의 차게 되면 이 연결 파이프를 통해 분뇨물이 바깥통으로 흘러나가게 해놓은 것이다.
- 해우소식 화장실 : 생태적 원리는 자연의 원리에 따라 분뇨가 자연발효 되도록 하단부를 높고 열린 구조로 만들되 발효 촉진과 냄새 제거를 위해 식물성 유기물과 재 등을 불일 본 후 뿐려주는 것이다.
- 자연발효 위생화장실 : 분뇨나 음식찌꺼기 같은 유기폐기물을 박테리아를 활용하여 자연발효 시켜 퇴비로 전환시키는 방식을 따르면서도 현대식 구조를 갖추고 수세식과 같은 모양의 좌변기를 놓는다든가 변기통과 저장탱크 등을 모두 발포우레탄을 씀으로써 깔끔하고 견고하게 하는 동시에 그 안에서 완벽한 발효작용이 이루어지도록 한 것이다.



〈구조 및 작동원리〉



〈무등산 증심사〉



〈오대산 구월사〉

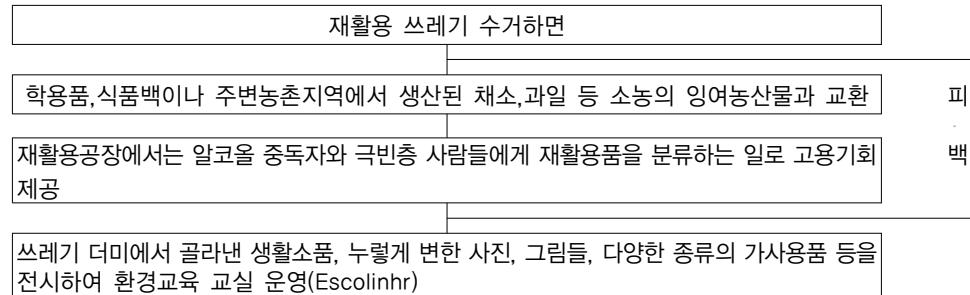
(4) 시스템 운영 : 녹색교환

① 개념

생태환경도시에서의 쓰레기정책과 관련하여 재활용품 쓰레기를 경제적 편익을 줄 수 있는 여러 가지 재화로 교환해 주는 시스템

② 적용사례(브라질 꾸리지바)

• 재활용 쓰레기



③ 기대효과

- 생태주거단지의 상징적이며, 교육적인 의미로 적용가능
- 재활용을 통하여 에너지 절약형 환경생태도시 구현가능
- 도시빈민들에게 경제적 편의 제공

7) 환경교육 및 주민활동 체계

(1) 생태환경교육기관

생태환경도시에서는 지역주민들의 생태환경관련 의식 제고와 학생들의 교육을 위한 교육기관이 필요하다. 교육기관의 형태로는 일반적인 유치원, 초·중·고등학교가 설치될 수 있으며 이와 별도로 생태교실이나 대안학교 등이 설치될 수 있다.

가. 생태교실

생태교실은 정규학교의 형태가 아닌 방과후 학교 혹은 주말학교의 형태로 지역주민, 학생, 어린이들에게 생태, 환경 등에 관해 강의하고 체험할 수 있도록 각종 학습 프로그램을 운영하는 곳이다. 교실에서 이루어지는 강의와 자연체험, 탐사여행 등의 과정을 통해 수강자들이 생태환경 보존, 마을가꾸기 등의 필요성과 방법 등을 체득할 수 있도록 도와준다. 이와 같은 생태교실은 지속적인 학습과정을 통해 생태환경도시 주민들의 의식제고와 바람직한 생태환경 조성에 대한 공감대 형성 등의 효과를 기대할 수 있다.



〈브라질 꾸리찌바시의 녹색교환 현장〉

생태교실의 실례로 경남산청의 간디마을에서는 생태교실 프로그램과 학생교류 프로그램을 마련하여 운영하고 있다. 이 마을에서는 외부 도시인이나 간디학교 학생들이 마을을 방문하여 마을 전체를 체험할 수 있는 교류프로그램을 계획하고 외부의 학생들을 대상으로 하는 생태마을 체험 프로그램을 실시한다.

이러한 생태교실에서 진행되는 프로그램은 년 중 자연의 변화를 관찰하고 느끼는 프로그램, 자연 체험의 느낌을 글로 표현하는 프로그램, 장애인 및 사회적 약자와 함께하는 프로그램, 자연에 관심이 높은 초등학교 학생을 대상으로 하는 프로그램, 조류탐사, 들꽃관찰, 갯벌체험 등이 있다.

나. 대안학교

우리나라에 '대안'이라는 이름이 붙은 학교가 공식 등장한 것은 최근의 일이다. 정규학교 부적응 학생과 기타 여러 가지 이유로 배움의 기회를 놓친 학생들을 불러모아 직업·인성교육 위주의 수업을 펼치던 학교, 뜻이 맞는 몇몇 사람이 농촌에서 공동체 생활을 하면서 자녀들의 교육을 위해 만들기 시작한 학교, 혹은 무언가 특별한 교육을 해보겠다는 청운의 뜻을 안고 폐교 부지를 빌려 계절학교 형태로 운영되던 학교들이 제도교육의 틀 안으로 들어간 것은 지난 1998년의 일이다. 현행 교육법상 대안학교는 고등학교 과정만 인정받아, '특성화고등학교' 중 대안교육분야로 한 자리를 차지하고 있다.

이처럼 대안학교는 정규학교나 비정규학교에서 기존 학교 교육의 한계를 극복하고자 시도하는 대안적인 학교의 형태를 말한다. 점수와 지식 위주의 획일적인 학교교육의 한계를 극복하기 위한 차원에서 모색되고 있는 다양한 실천 운동 중 하나이다. 그렇다고 기존 학교교육을 배척하는 것은 아니다. 대안학교에 참가하고 있는 사람들이 우려하고 있는 것 중의 하나가 대안학교는 특별한 사상을 가진 사람만이 아이를 보내는 곳이라는 일반인들의 인식이다.

교육법에서는 대안학교를 "자연친화적이고 공동체적인 삶의 전수를 교육목표로 학습자 중심의 비정형적 교육과정과 다양한 교수방식을 추구하는 학교를 말한다"라고 정의한다. 대안학교는 비정상적인 교육 정책이 아닌 기존 교육을 보완하는 한 교육 방법에 속한다.

이와 같은 대안학교는 생태환경도시의 학생교육뿐 아니라 도시나 마을형성의 구심점 역할을 하기도 한다. 간디학교를 배후로 조성된 간디마을이나 녹색대학의 배후로 조성된 청미래마을 등이 그 실례라 할 수 있다.

〈인가받은 대안학교 현황〉

학교명	개 요
두레자연 고등학교	<ul style="list-style-type: none"> 경기도 화성군 우전면 소재 99년 설립되었으며 전교생 120명으로 중학교 3학년생과 자퇴생을 모집 대상으로 한다. 1학년은 한 달에 한 번 영화나 연극보기, 민속촌 1박하기, 기숙사 내 생일파티 등의 행사를 갖는다. 일주일 단위로 공동체생활 적응위주의 교육을 실시한다. 2학년은 각자 성향에 맞는 전공을 선택, 3학년이 되면 진로에 맞는 특기교육에 주력한다. 1년에 3주 동안은 전학년이 중국의 한 마을로 교실을 옮겨 풀배기와 밭갈기 등 농업활동과 장승 세우기, 염색하기 등 전통 수공업 등 현장체험하면서 수업을 대신한다.
양업고등학교	<ul style="list-style-type: none"> 충북 청원군 옥산면 소재 97년 문을 연 가톨릭 대안학교. 부적응학생 위주로 선발하고 전교생은 총 120명. 1학년은 공통 필수과목을 중심으로 인성회복 프로그램, 23학년은 인문교과, 현장실습, 특성화 교과중심으로 운영된다. 주요 특성화 프로그램은 성교육, 인간관계 훈련. 그림 그리기와 차트를 통해 학생들의 성격을 검사하고 각자의 성격 파악 후 상대방을 이해하도록 돋는 프로그램이다.
한빛고등학교	<ul style="list-style-type: none"> 전남 담양군 대전면 소재 국내 대안학교 중 가장 규모가 큰 기독교계 특성화 고등학교. 각 학년당 4개 학급으로 구성되고 정규교사 23명을 포함해 50여 명의 교수진을 두고 있다. 자연현장실습 등 체험 위주의 교육을 지향하는 곳으로 각 학년별로 생활예술, 자립교과, 지식교과로 나뉜 10개 과목을 개설하고 학생들의 자율적인 선택에 따라 특성화 수업을 진행하고 있다. 학과 과정을 마친 저녁시간에 자유롭게 특성화 교육이 이루어진다는 것도 특징. 자연 체험 학습 프로그램은 전교생에게 공통필수 과목.
영산성지 고등학교	<ul style="list-style-type: none"> 전남 영광군 백수읍 소재. 82년 설립된 가장 오래된 대안학교. 각 학년별 2개 학급 현재 전교생 92명. 무학년·무학급제 이동식 수업이 특징이다. 학령의 지체와 부적응으로 인한 학력 편차를 줄이고 개인의 적성과 소질에 맞는 개별화 교육을 위해 취미 적성별로 과를 구성했다. 교육과목 보다 선택과목을 대폭 늘리고 신청과목에 따라 이동식 수업을 진행한다. 현장학습을 중시하는데, 가장 인기 있는 학습은 산악등반 수업. 학교 제반사항은 학생들의 의견을 전적으로 수렴하는 것을 원칙

학교명	개요
간디학교	<ul style="list-style-type: none"> 경남 산청군 신안면 소재 지난 97년 문을 열었다. 중·고등학교 과정을 운영중인 대안학교로 일반학교 성격이 강한 것이 특징이다. 중·고등학교 모두 각 학년별 정원은 20명씩. 주입식 교육으로 억압된 인성, 감성을 회복하기 위해 텃밭 가꾸기, 음식 만들기, 옷 만들기 등 기초적인 의식주 문제를 해결할 수 있는 자립 교과 프로그램을 실시한다. 인문계 과정 수업은 오전중에 이루어지고 오후 시간에 감성, 자립 교과별 수업이 진행된다. 중학교는 인가를 받지 못해 간디중학교를 마치면 검정고시를 치러야 고등학교로 진학할 수 있다. 간디학교 소개 프로그램으로 방학기간을 이용해 간디학교를 운영하기도 한다.
화랑고등학교	<ul style="list-style-type: none"> 경북 경주시 양북면 소재 98년 설립된 부적응 학생들을 대상으로 모집하는 대안학교. 각 학년당 2개 학급으로 14명의 교수진 이외 수시로 외부강사가 초빙된다. 1학년을 대상으로 한 “팀 프로젝트” 교과과정이 대표적 프로그램. 팀별로 한 가지 주제를 완성시키는 것으로 연극 만들기, 장승 만들기를 통해 공동작업으로 수업진행. 2학년은 원예조경, 요가, 생활도자기 실습 등 다양한 현장학습 위주의 교육을 실시한다.
원경고등학교	<ul style="list-style-type: none"> 경남 합천군 적중면 소재 부적응 학생 대상으로 체험교육 위주의 교육을 실시하는 대안학교. 20명 정원으로 각 학년별 2개 학급. 교감선생님이 직접 수양 프로그램인 마음 공부를 지도한다. 1·2학년을 대상으로 매 수업마다 학생들이 각자의 일기를 써서 발표하고 일기를 통해 자기 마음을 들여다보고 일기 쓰는 방법 등을 가르친다. 전 학년을 대상으로 매일 2시간씩 현장 학습 교육을 실시한다.
동명고등학교	<ul style="list-style-type: none"> 광주광역시 광산구 서봉동 소재 기독교계 대안학교로 각 학년별 20명씩 총 120명을 선발한다. 16명의 교수진 포함한 인문계 특성화 학교로 인성교육과 자연 친화적인 교육에 비전을 두고 있다. 일반 고등 교과과정뿐 아니라 특성화 교육 프로그램으로 국토순례, 텃밭 가꾸기, 국내 배낭여행, 농장체험 등을 실시하고 있다. 한 학급당 2명의 담임교사가 배치되어서 선생님과 학생간의 보다 밀접한 관계가 형성되고 아이들은 언제든지 자연스럽게 상담을 요구해 온다.
세인고등학교	<ul style="list-style-type: none"> 전북 완주군 화산면 소재 중학생 4명 위탁교육을 실시하면서 지난 97년 대안학교로 발전된 형태다. 각 학년별 2개 학급으로 총 120명 정원. 일반 인문계 교과과정 이외 5차원 전면교육 실시로 유명하다. 지식뿐만 아니라 심력, 체력, 자기 관리능력, 인간관계 훈련을 위한 학습법이 체계적이다. 지식을 내면화할 수 있기 위해 1인 1악기 훈련, 1인 1스포츠 훈련, 일기쓰기, 편지쓰기 등 다양한 훈련 프로그램이 마련되어 있다.
푸른꿈 고등학교	<ul style="list-style-type: none"> 전북 무주군 안성면 소재 99년 설립된 인문계 특성화 고등학교로 생태학습으로 유명하다. 전교생은 중3과 고1 남녀를 대상으로 각반 25명씩 모두 75명. 3학년이 최고 학년으로 14명의 교수진과 외부 강사가 생태교육에 주력하고 있다. 학과 과정의 50% 이상을 생태학습 프로그램으로 과수재배, 생태농업, 가축연구 생태농업, 생태건축 등을 생태농업 필수 과목으로 규정하고 다양한 이론수업과 실습을 병행한다.
국제복음교	<ul style="list-style-type: none"> 인천광역시 강화군 소재 전교생 38명에 7명의 교수진을 갖춘 아담한 학교. 정규 고등학교 부적응자를 대상으로 선발하며 한 학기당 2~3번 테마여행과 기행 등 외부 체험 여행을 필수적으로 실시한다. 올해 관동8경과 청평댐, 수목원으로 여행 계획중. 매년 입학자들을 대상으로 석도 오리엔테이션과 지리산 기행을 필수 코스로 지정. 2학년은 일주일에 2시간 사회봉사활동을 규정하고 강화꽃동네 등을 방문해 봉사활동을 한다.

다. 대안학교 사례 : 녹색대학

녹색대학은 경남 함양군 백전면 대안리에 폐교한 백전중학교 교실을 개조해 개교하였다.

녹색대학의 기존 틀 깨기는 태생부터 시작됐다. 녹색대학은 지역과 고리된 ‘섬’으로 전락한 대학을 지향하고 생명체로서의 대학을 만들자는 90년대 중반의 대안대학 운동 속에서 임태됐다. 장

회의 총장(전 서울대 교수), 홍순명 전 풀무농업고 교장 등이 모여 창립위원회를 구성한 녹색대학은 개교 첫해 40명 정원에 150여명이 지원하였다.

학생들은 녹색문화학, 녹색살림학, 생명농업학, 생태건축학, 풍수풍류학 등 독특한 분야를 전공하게 된다. 그러나 녹색대학은 무엇보다 생태공동체를 지향하고 있다. 학생들은 4년 동안 기숙사 생활을 하면서 스스로 농사를 지으며 자급자족 공동체 생활을 배운다. 녹색대학은 이를 위해 학교에서 3km 떨어진 곳에 23만여평의 터를 잡고 '청미래마을'을 조성해 생태주의를 실천하는 생생한 실습장으로 활용할 계획이다. 이곳에는 귀농을 신청한 26가구가 입주중에 있다.

녹색대학의 또 다른 시도는 대안화폐운동이다. 녹색대학은 야생화사업단, 천연염색염료사업단, 생태마을사업단, 건강식품사업단 등으로 구성된 그린네트워크의 배후 지원을 받는다. 이 그린네트워크에서는 노동의 등가 가치가 존중되고 공동체 의식이 적용된 '녹색화폐'가 통용된다. 녹색화폐의 액면가는 일반화폐와 1대1로 교환되며, 단위는 '사랑'이다. 녹색대학은 조폐공사에 의뢰해 액면가 30억원 어치의 녹색화폐 20만장을 인쇄했다. 교수와 교직원은 급여의 25%를 녹색화폐로 받으며, 학생들은 등록금의 25%를 아르바이트를 해서 번 녹색화폐로 낼 수 있다. 녹색화폐는 학교 주변에서 이미 음식값으로 치러질 정도로 지역화폐로 썩을 토우고 있다.

녹색대학의 새 틀 짜기 가운데 학생들이 가장 관심을 갖는 것은 수업의 일부를 스스로 만들어간다는 것이다. 졸업 이수학점의 3분의 1은 이들 수업으로 따겨 된다. 이것은 말 그대로 '물들이 만드는 수업'이다. 학생들이 기획과 강의를 맡아 선생님까지 수강하는 수업에서부터 학생들이 강사를 초빙해 지역주민들과 함께 듣는 '화요특강', 지역이나 외국의 풍물을 경험하는 '세상보기 프로그램', 자신이 필요한 배움을 익히기 위해 장인을 찾아가 배우는 '도제수업' 등이 있다.

〈녹색대학 개요〉

구 분		내 용
위 치		경남 함양군 백전면 (구) 백전중학교 부지
개교일		2003년 3월 3일
개설 학과	학부	<ul style="list-style-type: none"> (전공과정) 녹색문화학, 녹색살림학, 생명농업학, 생태건축학, 풍류풍수학 (공동체생활) 4년제를 기본으로 함(생태교양과정 2년 + 전공심화과정 2년)
	대학원	<ul style="list-style-type: none"> (녹색) 교육학과, 생태건축학과, 자연의학과 (주말반 운영) 2~3년제를 기본으로 함
학생 정원	한 학년 100명 이내	
사회교육원	일반인 및 지역민을 대상으로 다양한 중·단기 과정 개설 예정	
입학 대상	고등학교 졸업에 준하는 자격을 지닌 학생이 지원하는 것을 원칙으로 하되, 예외규정을 둘 수 있음	
재원 조달	설립에 뜻을 둔 사람들의 후원금 및 기금, 기타 수익사업	

(2) 주민참여 활동 및 프로그램

생태환경도시는 기존의 행정기관 주도의 도시행정과 더불어 주민들 스스로의 참여에 의한 마을 도시 가꾸기 및 운영이 성공의 중요한 요소로 작용한다. 이를 위해 주민자치 활동을 위한 조직과 프로그램 등이 마련되어야 한다.

가. 주민 활동과 주민자치센터

주민자치의 사전적 의미는 주민들이 스스로 자신들이 살아가고 있는 지역을 통치·운영한다는 것

이다. 그러나 복잡한 현대사회에서 다양한 이해관계를 갖고 있는 주민들이 지역의 모든 의사결정에 직접적으로 참여하여 무엇인가를 결정한다는 것은 상상하기 힘들다. 따라서 주민자치의 상을 현실에 맞게 구체적으로 이해하기 위해서는 지역사회에서 실천되고 있는 주민자치를 지향하는 제반 활동들의 양태를 통해 간접적으로 살펴볼 수 있다.

오늘날 우리 사회에서 전개되는 주민자치운동은 첫째, 주민들의 참여를 높이려는 방향성을 지니고, 둘째 주민들의 참여를 통한 자치적 활동이 지역사회 내에서 영향력을 획득하려는 방향성을 지닌다. 그리고 셋째, 주민들의 영향력이 집단이기주의적인 것이 되지 않기 위하여 공동체적인 의식과 활동을 지향하고 있다.

주민자치센터는 주민자치력을 향상하고 주민공동체 형성을 목표로 하는 커뮤니티 센터 (community center)이다. 따라서 주민자치센터가 가장 중요하게 지향해야 할 지점은 앞에서 언급한 주민들의 참여 활성화, 주민들의 공동체적 의식과 실천의 조장, 지역사회 내에서 주민들의 자치적 활동이 지역사회 내의 제반 의사결정과정에 영향력을 확보하도록 지원하는 등이라 볼 수 있다. 이러한 주민자치와 주민자치센터에 있어 가장 중요하게 고려해야 할 사항이 주민자치, 주민자치 센터의 운영주체라 할 수 있다. 주민자치는 누군가가 주민들을 '위해' 자치를 대신해 주는 것이 아니라, 주민들 '스스로'가 자치의 주체가 되어야 하는 것이다. 따라서 주민자치센터 역시 주민들 스스로가 그 운영의 주체가 될 수 있어야 할 것이다. 이는 당연히 주민들의 활발한 참여를 통해서 가능한 것이며, 이러한 참여가 지속적일 수 있기 위해서는 참여의 행위에서 주민들이 보람과 기쁨을 느낄 수 있어야 한다. 또한 참여를 통한 보람과 기쁨은 그 참여의 행위에 대한 권한과 책임을 부여받을 때만이 실현될 수 있다. 따라서 주민들의 참여를 활성화하기 위해서는 참여한 주민들에게 가능한 한 많은 권한과 책임을 부여해 주어야 할 것이다. 이를 통해 주민들은 자치력과 주민자치센터를 운영할 수 있는 역량을 훈련받을 수 있다.

그러므로 생태환경도시에 있어서 주민자치센터는 단순히 주민들이 참여하는 프로그램을 운영하는 센터가 아니라 자치적 인간, 공동체적 인간, 친환경적 인간을 양성하는 '사람'의 변화를 주목적으로 하는 교육과 훈련의 장이 될 수 있어야 한다.

나. 주민조직의 역할

생태환경도시에 있어서 주민조직은 지역주민들에게 다양한 정보와 교육을 제공하는 역할과 주민들의 조직참여를 통해 조직활동의 경험을 쌓는 역할을 한다. 또한 주민조직은 주민들의 능동적인 참여를 유도하고, 개인적인 이해관계가 상충될 때 이를 조정할 수 있는 역할을 한다.

지역내 생산, 가공, 유통을 위한 시설을 유치하고 이를 지속적으로 관리하는 것도 주민조직의 몫이다. 이러한 주민조직은 생태마을의 조성을 위한 기본적인 의견수렴과 논의, 운영을 위한 조직으로 활동한다.

주민조직은 지금까지 없거나 드물었던 정부정책사업의 유치와, 자치단체의 협조, 기타 지원 단체의 사업들을 끌어들여 마을발전을 활성화하기 위한 대외창구의 역할을 담당하기도 한다.

주민조직에 의한 공동체교육은 마을의 자연, 역사, 문화, 생활, 생산 등을 통하여 자연과 타인, 자신, 이웃, 살아가는 방식 등에 대하여 마을 어른들이 마을의 아동들에게 전달하는 마을 자체적인 교육형태라 할 수 있다.

교육 과정에 있어서 생태교실이나 실험학교는 공교육기관이 아니고 학교시설도 국가나 지방자치단체가 요구하는 시설을 갖추지 않아도 된다. '교실'이 따로 없고 마을대장간, 옹기가마, 목수할아버지의 작업장, 약초 재배장, 산 속의 빙터, 개펄, 논과 밭, 여러 종류의 실험실, 공작실, 박물관, 공동체의 삶터 전체가 교실이다. 또, 시작과 끝이 없고 하고 싶은 일을 하면서 하루를 보낼 수 있다.

다. 프로그램의 운영

① 주민욕구의 파악

생태환경도시 주민들의 ‘편의 및 복리’를 증진하는 것은 단순히 주민들에게 무료로 무엇인가를 제공해 준다는 의미만이 아니다. 진정한 주민자치가 되기 위해서는 주민들의 지역사회활동에의 참여가 기본전제가 되어야 한다. 이를 위해서는 주민들에게 참여의 계기를 만들어 줘야 하며, 그런 점에서 주민들에게 편의 및 복리를 제공해 주는 것은 참여의 의미와 쉬운 방법을 전달해 주는 것이다.

주민들에게 제대로 적절한 서비스를 제공하기 위해서는 주민들이 필요로 하는 욕구가 무엇인지 제대로 알아야 한다. 따라서 이를 위한 주민욕구조사가 필요한데, 주민욕구 파악이 안되면 지금과 같이 ‘비슷한 프로그램의 베끼기’ 형태로 프로그램이 운영될 수밖에 없고, 한정된 일부 주민들에게만 일회적인 프로그램이 제공될 뿐이다. 그리고 이 욕구조사는 문화/취미 등의 프로그램을 묻는 것에 국한되어서는 안 된다. 주민들의 욕구 중에 진정으로 파악해야 하는 것은 주민들이 자신들이 살아가는 지역사회의 제반 환경과 조건 중에 개선했으면 하는 것이다. 이러한 욕구 조사를 통해 지역사회 진흥 프로그램이 기획될 수 있고, 또한 그 실천과정을 마을가꾸기와 같은 주민자치적인 방법으로 실행할 수 있을 것이다.

욕구조사의 방법도 단순히 설문조사보다는 그 자체가 하나의 지역사회 진흥프로그램이 될 수 있다. 예를 들면, 어린이 글짓기 대회나 그림그리기 대회의 개최, 이를 통한 작품전시와 시상 등의 매리트를 동원하여 욕구조사를 실시할 수도 있다. 그림그리기나 글짓기의 주제로 ‘우리가 살기 좋은 마을이 되려면...’이나 ‘학교 통학길에 느끼는 일’ 등으로 설정하면, 작품을 통해 교통사고의 위험이 높은 곳과 이유, 위험시설물, 어린이 유해환경 등을 간접적으로 파악할 수 있을 것이다. 물론, 어린이들을 통한 욕구조사이기는 하지만, 이것도 매우 중요한 자료가 될 수 있다. 또한 이러한 작품들을 주민자치센터 내에 전시한다면, 주민들이 주민자치센터를 쉽게 이용할 수 있는 홍보효과도 클 뿐만 아니라, 간접적으로 성인들의 욕구를 파악할 수 있는 여러 계기를 만들 수도 있다.

그리고 반상회 등 주민들의 모임에서 딱딱한 분위기에서 주민들에게 욕구를 묻기보다는 카드놀이나 디자인 게임 등의 놀이기법을 활용하는 것도 좋은 방법이다. 프로그램 중에 지역을 걸어서 (또는 자전거를 타고) 관찰하는 프로그램을 기획한다면, 주민들에게 지역의 자연환경이나 물리적 시설 등에 대한 이해를 높일 수 있을 뿐 아니라 그 과정에서 발견된 문제들을 해결하려는 욕구를 불러일으킬 수도 있다. 이는 지역사회의 유해한 환경을 주민들 스스로가 소모임을 구성해 개선하는 마을가꾸기 프로그램으로 발전할 가능성이 매우 높다. 이러한 프로그램들은 주민들에게 흥미를 높일 수 있을 뿐만 아니라, 그 자체가 주민들의 공동체적 문화를 조성하는 좋은 프로그램이기도 하다.

② 자치적인 모임의 형성

주민들의 욕구를 바탕으로 하는 프로그램의 기획 및 개설뿐만 아니라, 주민들이 관심을 갖고 주체적으로 참여할 수 있는 진행방법도 고안되어야 한다. 일정한 강좌식 프로그램이 끝나면 주민들로 하여금 작품전시회를 갖게 하거나 해당 모임이 지속될 수 있도록 주민자치 모임을 만들어 줄 필요가 있다. 즉, 서예반의 경우 서예작품전시회를 갖도록 해주고, 노래배우기의 경우 지역에서 불우이웃돕기 자선공연을 하도록 주선한다. 수지침 강좌의 경우 끝난 후 자치적으로 수지침을 더 배우기도 하고 지역의 노인들을 위한 무료 수지침 진료활동을 하기도 한다. 풍물을 배우는 강좌의 경우에도 풍물을 지속적으로 배우고 즐길 수 있도록 연습장소 등을 알선하여 자치적인 모임 활동을 지속하도록 하여야 한다.

중요한 것은 주민 각자가 그동안 익힌 솜씨들을 발휘할 수 있는 장을 제공함으로써 지속적인 동기를 부여해주는 것이다. 이를 통해 참여자들의 작품을 전시하거나 연주하는 등의 계기를 가질 수 있어, 참여자들의 만족도도 높을 뿐 아니라 공동체적인 지역문화를 높이는데 큰 기여를 하고 있다. 이러한 주민들의 조그만 모임을 형성하도록 지원하는 것은 그 자체로 주민들의 자치력을 향상하고 공동체를 형성하는 중요한 과제라 하겠다. 그리고 이러한 동아리들이 자족적인 모임에 그치지 않고 지역사회 내에서 조그만 활동이라도 수행한다면, 그 자체는 지역을 주민들 스스로의 참여를 통해 발전시키는 주민자치 활동이라 할 수 있다.

③ 주민자치 행사의 개발

주민자치 프로그램은 지역에 개방된 다양한 프로그램으로까지 확대하는 것이 필요하다. 주민자치와 지역사회 진흥 프로그램은 결코 한정된 공간에서 이루어 질 수가 없기 때문이다. 그런 점에서는 지역운동단체들의 여러 프로그램들을 배울 필요도 있다. 예를 들면, 지역운동단체에서 수행하는 봄가을의 나물캐기 및 밤따기, 지역의 생태기행 및 역사기행(지역 유적기행, 아파트 생태탐사, 자기 지역의 야산 생태조사 및 보호활동 등) 등의 프로그램도 좋은 방안이고, 자전거타기 모임 등과 같은 취미별 모임도 충분히 고려할 수 있다. 또한 지역사회의 문제점들을 찾아내고 자치적으로 해결하는 다양한 프로그램들도 좋은 방안이다. 즉, 지역을 주민들이 자전거를 타든 등산을 하든, 산책을 하든 간에 지역의 환경 등을 자세히 조사하여, 그 문제점을 공동으로 도출하고 그 해결을 위해 주민들이 어떤 행동을 취하는 것 등은 바람직한 프로그램들이라 할 수 있다. 이러한 프로그램을 잘 수행하기 위해서는 지역의 다양한 자원들과 네트워크를 형성하여 공동으로 사업을 기획·집행하는 것도 좋은 방안이다. 그리고 이러한 사업을 수행하기 위해서는 참여하는 주민들이 주체적으로 활성화될 수 있는 방안을 고려해야만 한다. 이러한 프로그램에서 주민들이 단순히 프로그램의 수혜자로 머무는 것을 경계해야 한다. 그러기 위해서는 참여하는 주민들을 잘 파악하여 이들이 주체적으로 사업에 참여하고, 지속적으로 지역활동에 참여할 수 있도록 이들에게 가능한 많은 권한과 책임을 부여해 줄 수 있어야 한다. 그래야만 이들은 조그만 사업을 통해서도 보람과 공지를 느낄 수 있을 것이며, 이는 지속적인 참여의 동기가 되는 것이다.

라. 기타 관련주체의 역할

① 전문가의 폭 넓은 참여

생태환경도시의 실현을 위해서는 여러 분야 전문가의 폭 넓은 참여가 필요하다. 생태환경도시의 각종 개발계획, 실시계획 등의 수립과정과 실제 조성에 있어서 관련 전문가들의 적극적인 참여가 절실하다. 또한 주민들의 욕구를 꾸준하게 파악하는 노력과 이들의 욕구 파악을 기초로 거주민들에게 환경생태 의식을 갖게 하는 환경·교육적인 노력도 중요하다. 주민 스스로 거주하는 마을도시에 대한 역사, 문화 그리고 생물과 공존할 수 있는 생태적 환경, 직접 환경을 체험할 수 있는 채원과 생태학습장 등의 소재를 충분히 파악하고 자랑할 수 있도록 전문가들이 지속적인 교육과 홍보를 함으로써 주민 스스로 환경 문제 의식을 고양하고 그 해결방안을 실천할 수 있도록 돋는 것이다.

② 행정적인 지원 체제 구축

생태환경도시 형성에 있어서 행정적인 지원체제를 확립하는 것도 필요하다. 주민의 적극적인 참여를 촉진하기 위해서는 생태환경도시의 조성 참가를 호소하는 광고활동이나 정보 제공 외에 자

치적 활동을 지원해 가기 위한 기술지도, 자금 면에서의 조성이나 용자 등의 제도를 마련해나가는 것도 중요하다. 또한 생태환경도시 조성에 관하여 각 분야에서 우수한 실적이나 활동을 하고 있는 개인, 단체, 기업, 단지나 마을에 대해서 표창하는 것도 중요하다. 이와 같은 행정의 지원 체계 구축은 생태환경도시에 대한 주민 의식의 계몽과 유도에 효과를 올리고 있다. 또한 생태환경도시 조성을 위해서는 실제 지역에 거주하는 주민들의 욕구를 분명히 파악하는 노력이 필요하다. 최근 지방 의제21 작성과 관련하여 도시민 혹은 거주자의 다양한 욕구 파악을 위한 의식 조사와 같이, 정기적으로 지방자치단체별 혹은 거주 단지별 거주 환경에 대한 주민 의식조사를 제도적인 차원에서 파악할 필요가 있다. 주민들에게 가장 필요한 기본적인 생태환경도시 계획요소를 파악하여 그 감수성을 축발시킬 수 있는 매력적인 환경요소를 제공하는 도시 및 단지 계획적인 접근을 하는 것이 주민 만족도가 높은 계획 방안으로서 성공할 수 있다고 판단된다.

마. 주민참여형 생태마을 가꾸기 사례 : 일본의 마을가꾸기

일본에 있어서 도시와 마을가꾸기(町づくり)의 관계는 산업화에 따른 급격한 도시문제를 각 주체들이 유기적인 관계 형성 속에서 지역을 특화시키면서 아이덴티티를 구현하는 관계이다. 즉 지역 현안을 행정의 정책적인 방법으로 해결하지 못하는 부분을 주민과 전문가, 시민단체의 참여로 풀어나가려는 진보적인 형태의 운동이다.

일본에 있어서 마을가꾸기의 주안점은 다음과 같은 형태로 집약되고 있다. a. 전반적인 지역 활성화 대책 b. 쾌적한 공익시설 도입 c. 아름다운 거리미와 환경창조 d. 방재성의 향상 e. 공장이 전용지 활용 f. 대지의 유효화 및 고도 이용 g. 교통터미널 정비 h. 창의적인 민간 재개발 지원 i. 환경친화적 아파트 재건축 등으로 요약될 수 있다.

생태마을 가꾸기의 중심요소는 지역풍토와 역사, 생활, 환경 등이다. 이를 지속가능한 형태로 발전, 도시와 농촌 간의 교류, 인간과 자연의 공존공생, 각 추진 주체 간 통합 등이 성공을 위한 중요한 방법이다. 생태마을 가꾸기는 파트너쉽을 필요로 하며 추진하는 2대 주체는 시민과 행정이다. 생태 마을에서는 무엇을 창조하고 있나를 살펴보면 a. 인재 가꾸기 b. 마을발전 과제 개발 c. 삶터 가꾸기 d. 마을조직 가꾸기 e. 마을조례 가꾸기 f. 마을 특성(특산품) 가꾸기 g. 주민의식 개발 등이 일반적으로 실행되고 있다. 즉 지역을 발전시키기 위해 꼭 필요한 부분에 대해 먼저 상징 부분과 제도 부분을 검토하는 것이 생태마을을 가꾸어 나가는 데 필요하다.

8) 생물서식처

(1) 비오톱 조성

① 개념

- 비오톱(Biotope)은 그리스어 ‘bios(생명, 생물, 생활의 의미)’와 ‘topos(공간, 장소의 의미)’를 어원으로 한다. 이 어원에서 알 수 있듯이 비오톱은 특정한 생명 또는 생물이 살고 있는 일정한 공간을 나타내는 말이다. 이 용어는 생물의 생존에 적합한 서식공간을 지칭한다는 점에서 Habitat(거주하다 또는 서식하다라는 의미의 라틴어 habitare가 어원)나 Standort(서식지)와 유사하나, 일반적으로 비오톱은 일정한 공간적 경계에 살고 있는 생물군집(Bioz nose)과 공간과의 관계가 내재된 용어이다⁵⁾. 즉, 일정한 공간적 경계를 가지는 서식지를 의미하는 비오

5) “서식지(Habitat, 독)와 비오톱(Biotope)은 동일한 의미로 사용되고 있으나 대부분의 독일학자들은 서식지란 개념을 “한 종 또는 한 개체군의 서식공간”이라는 의미로 제한하고, 비오톱은 생물군집(Bioz nose)과 연결시켜 정의하고 있다. “서울특별시, 도시생태 개념의 도시계획에의 적용을 위한 서울시 비오톱 현황조사 및 생태도시 조성지침 수립, 2000,2

톱과 그 공간에 생존하는 생물군집은 생태계라는 동전을 구성하는 앞면과 뒷면으로 이해할 수 있다.

- 이러한 “비오톱은 가치중립적인 개념이며 종종 일반인들이 생각하는 것처럼 특별히 가치가 있고 보호할 필요가 있는 서식공간만을 의미하는 것은 아니다. 즉 단순한 종으로 구성된 농경지도 종다양성이 높은 소택지와 마찬가지로 하나의 비오톱이다.”⁶⁾



〈집약적 이용된 농경지, 독일〉

〈소택지, 독일〉

〈강화 생태연못〉



〈용인마북리 현대APT 생태연못〉 〈상암동 월드컵경기장 생태연못〉 〈삼정 초등학교 생태연못〉



〈내발산 초등학교 생태연못〉



〈서빙고 초등학교 생태연못〉

- 다시 말해, 비오톱은 특정한 생물군집이 지속적으로 서식하고 있는 일정한 공간 영역을 말하며, 하나의 비오톱은 그 위에 서식하고 있는 생물과 물리적 요인에 의해 고유한 환경특성을 가져서 다른 비오톱과 구분된다. 즉, 하나의 비오톱 내에서 생물은 다른 개체나 개체군의 영향을 받을 뿐 아니라 이를 둘러싸고 있는 토양, 수분, 산소, 기후 등 무생물적 요소와 상관관계에 의해 고유한 환경특성을 가지며, 이로 인해 다른 비오톱과 공간적 경계를 달리하게 된다.
- 이런 관점에서 볼 때 자연경관(Landschaft)은 고유한 환경특성을 가지며 공간적 규모와 경계를 달리하는 다양한 비오톱의 조합으로 이해될 수 있다. 즉, 다양한 비오톱의 모자이크가 바로 자연경관이며, 자연경관을 고유한 환경특성을 가지는 공간적 단위로 분해하면 비오톱이 된다.

② 비오톱 지도의 필요성

- 환경계획의 목적은 개정된 국토의계획및이용에관한법률에서 제시한 바와 같이 자연환경 및 경관의 보전, 개선 및 복원으로 요약할 수 있다. 환경계획을 통해 이러한 목적 달성을 위해서는 무엇보다 자연환경 및 경관에 대한 조사와 평가기법이 선결되어야 한다.

6) 서울시, 전계서

- 환경계획 기법이 체계화되지 못한 현실에서는 자연환경 및 경관을 보전하기 위한 수단으로 사전환경성검토 제도가 도입되어 있다. 사전환경성 검토는 자연환경, 생활환경, 사회·경제환경으로 구분하여 총 14개 항목을 조사 평가한다. 특히 자연환경 부분은 기상, 지형·지질, 동·식물상, 해양환경, 수리·수문의 항목으로 나누어 검토하고 있으나, 검토 항목 자체가 지나치게 각론화되어 있기 때문에 이를 공간 차원에서 종합하여 보전, 개선 또는 복원 등의 계획 방향을 제시하는데 한계가 있다.
- 이러한 문제를 원천적으로 해결하기 위한 방안의 하나가 바로 비오톱 지도이다. 앞에서 살펴본 바와 같이 비오톱은 자연환경을 고유한 속성을 가지는 개개의 공간으로 분해하는 수단이 되며, 비오톱 자체가 동·식물상 및 기상, 지형·지질, 수리·수문 등 물리적 요인과의 상관관계가 종합적으로 반영된 차별적 공간 단위이기 때문에, 평가의 결과가 그대로 보전할 공간과 가용할 공간을 구분하는 환경계획에 반영될 수 있는 장점이 있다.
- 다시 말해, 비오톱 지도는 일정한 공간 단위로 그 공간의 생태적 환경특성을 종합적으로 평가할 수 있는 유용한 도구로 보전지와 가용지의 구분을 궁극적 목적으로 하는 환경계획에 매우 유용할 것으로 판단된다.
- 한편, 비오톱 지도는 생물다양성의 보전을 위한 서식공간의 보호라는 관점에서 중요성을 가진다. 즉, 자연보호의 관점에서 가장 중요한 생물 서식지의 보호와 유지를 위해 비오톱의 조사와 지도화는 필수적이며, 이런 관점에서 1980년대 이후 독일을 중심으로 비오톱의 지도화 작업이 활발히 진행되고 있다.

③ 비오톱 유형

- 목적에 따른 분류
 - 보존 Biotope : 현재 Biotope으로서의 가치가 뚜렷하게 인정되는 것으로서 생태적으로 상당히 건강한 상태의 Biotope
 - 복원 Biotope : 보존할 Biotope과 비슷한 성격을 지니나 인간의 인위적인 행위에 의해 생태환경이 훼손되어 복원의 필요성이 있는 것
 - 창출 Biotope : 인위적으로 조성된 공간으로서 보존 혹은 복원할 Biotope과 공간적으로 연계되어 도시 전체적 차원에서의 생태환경조성에 유리한 잠재적 Biotope
- 구성요소에 따른 분류
 - 수환경 : 호수, 저수지, 하천 등
 - 녹지환경 : 공원, 녹지, 대규모 환경조림지 등
 - 인공환경 : 학교, 운동장, 관공서나 아파트의 조성녹지
- 형태에 따른 분류
 - 점적(Point)요소 : 비교적 작은 규모의 소택지, 연못, 학교 내의 소규모 Biotope
 - 선적(Line)요소 : 도로변, 하천변, 철로변 등에 이루어진 Biotope으로 다양한 생물종의 이동통로로서의 역할
 - 면적(Area)요소 : 대규모 녹지 지역이나 호수와 같이 비교적 큰 면적을 가지고 있고 그 자체로 독립된 생태환경을 유지하고 있는 곳

〈비오톱 유형간의 연관관계〉

목적	구성요소	공간적 형태	유형
보존 및 복원	수환경	점선면	<ul style="list-style-type: none"> · 소류지 · 하천 · 호수, 저수지
	녹지환경	점선면	<ul style="list-style-type: none"> · 소규모 공원, 유적지 · 시설녹지(도로변, 철로변) · Green Belt지역, 자연녹지지역, 대규모공원, 대규모 유원지
창출환경	인공환경	점선면	<ul style="list-style-type: none"> · 학교, 관공서 · 운동장, 아파트 단지

④ 비오톱 유형 평가

- 비오톱 유형 평가는 자연성, 다양성, 희귀성 항목으로 구분한다.
- 자연성 항목은 식생이 분포하지 않는 지역에서는 지형의 자연상태 여부, 식생이 분포하는 지역은 식물종의 자생성에 따라 자연생태계(등급1), 인공생태계(등급2), 비생태계(등급3)로 등급화 하였으며, 다양성은 식생이 분포하는 지역은 다층구조(등급1), 단층구조(등급2)로 구분하고 식생이 없는 지역은 비생태계(등급3)로 등급화 한다.
- 희귀성은 우리나라 도시지역 인근 생태계특성 중 습지성 자연생태계가 희귀한 것을 고려하여 습지성 생태계(등급1), 건조지성 생태계(등급2), 비생태계(등급3)로 등급화 한다.
- 비생태계 중 문화재지역은 희귀성에서 등급 1로 설정한다.

〈비오톱 유형평가 항목 및 등급 구분〉

가치등급	자연성	다양성(층위구조)	희귀성(습도)
1	자연생태계	다층구조 생태계	습지성생태계, 문화재지역
2	인공생태계	단층구조 생태계	건조지성생태계
3	비생태계	비생태계	비생태계

〈비오톱 유형 등급 판정〉

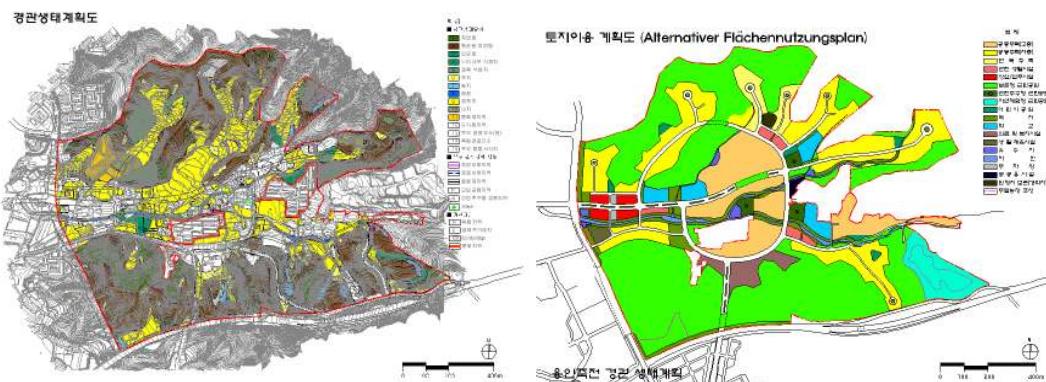
비오톱 유형 등급	판정기준
I 등급	· 3개 평가항목 중 적어도 2개 이상의 항목에서 가치등급 1인 지역, 문화재지역
II 등급	· 자연성 평가항목에서 가치등급이 1이고 나머지 항목은 가치등급 2이하인 지역
III 등급	· 자연성 평가항목에서 가치등급이 2이고 다양성 평가항목에서 가치등급 1인 지역
IV 등급	· 3개 평가항목 중 1개 이상의 항목에서 가치등급 2이고 나머지 평가항목에서 가치등급 3인 지역
V 등급	· 3개 평가항목 모두 등급 3인 지역

⑤ 적용원칙

〈비오톰 유형의 등급별 공간 계획 방향〉

등급	특성	내용	계획기준	계획방향
I	자연생태계 지역, 문화재지역	· 하천, 습지 · 건조지성 자연림 · 습지성 자연림	절대 보존지역	보존
II	일부 훼손 또는 인공생태계 포함 자연생태계	· 일부 훼손된 자연림 · 외래종 포함 자연림	보존적 이용 지역	개발 방향
III	인공생태계 지역 중 자연생태계로 발달되는 지역	· 다층구조의 인공림	보존적 이용지역	보존 방향
IV	조성된 인공생태계 지역	· 초지, 관목식생지, 경작지 · 조경수식재지 · 단층구조인 인공림	개발가능	
V	도시화지역	· 도시화지역 · 나지	개발가능	개발

- 생태환경도시에서의 가용지 선정기준은 다음과 같다.
 - 비오톰유형 평가도에 따라 자연 생태계를 최대한 보존하면서, 가용지를 찾아냄(1, 2, 3등급은 원칙적으로 훼손하지 않는 것을 기본으로 함)
 - 현재, 토지현황을 검토하여 기존에 이용되고 있는 부분에 대해서는 가용면적으로 확보한다.(논, 밭, 경작지, 나대지, 도로 등 표고, 경사에 관계없이 현재 이용되는 지역의 가용성 검토)
 - 경사지 기준으로 주거단지 택지조성 일반기준인 절대경사 20%미만의 경사지를 우선 개발 가용지로 선정한다.
 - 등고선 평균고도 70~90m까지의 경계선을 설정하여 경계선 미만의 지역은 개발가능지역으로 선정한다. 그러나 90m이상의 고도부분은 경사도가 20% 미만인 경우에 한하여 선택적으로 이용하는 것을 원칙으로 한다.
 - 가용지 내 절대 보존지역이 공존하는 경우, 생태환경, 주변여건 또한 대안마련의 가능성에 대해 세밀하고 다각적인 검토 후 합리적으로 조정한다.(보존권역을 훼손할 경우 반드시 질적 보상이 전제되어야 함)
- 비오톰의 바람직한 형태
 - 서식공간은 될 수 있는 한 넓은 곳 : 생물다양성 풍부, 안정성 증가 및 멸종률 감소
 - 같은 면적이라면 여러 개로 분할되는 것 보다 하나로 통합되는 것이 좋음 : 넓은 면적이 필요한 생물종은 서식지가 분할되면 생존율이 저하된다.
 - 서식지를 여러 개로 분할할 경우에는 고립화를 최소화하기 위하여 가능한 한 분산하지 않는 것이 좋음 : 인접해 있으면 어떤 종이 1개의 생물공간에서 멸종되어도 인접 생물서식 공간에서 동일 종의 공급이 가능하다.
 - 서식공간이 선상으로 있는 경우 보다 한 덩어리로 모여 있는 것이 좋음 : 생물종간의 교류를 원활하게 한다.
 - 단절된 서식공간은 생태통로로 연결하는 것이 좋음 : 생태통로는 생물의 이동을 비약적으로 촉진한다.
 - 생물서식공간의 형태는 가능한 둥근 형태가 좋음 : 서식지내의 분산거리를 감소시켜 종의 확산을 증진시키고 둘레의 길이를 감소시켜 외부로부터의 간섭을 최소화 할 수 있다.



〈조정절차를 거쳐 완성된 경관생태계획도와 토지이용계획도〉

(2) 동식물 생태서식처

가. 동식물조사

① 개념

동식물조사는 생물자원의 분포, 서식실태 등을 조사하여 생태환경도시계획 수립시 공원계획의 지침을 제시하고, 멸종위기에 있거나 특별한 보존을 요하는 생물 서식지 또는 종에 대한 보존대책을 세우기 위해 장기간에 걸쳐 지속적인 조사로 생태계 변화추이 분석을 하는 것이다.

② 조사대상

법적 보호동식물, 희귀종 등 보전가치가 있는 동식물의 존재 파악 및 보호대책을 수립해야 한다.

〈동식물조사 내용〉

조사분야	세부조사내용
식물상	식물상, 노거수, 보호수, 천연기념물(식물), 식생, 현존식생도, 녹지자연도
동물상	포유류, 조류, 양서류, 파충류, 곤충류, 어류, 저서성대형무척추동물
미소생물상	플랑크톤, 부착조류, 기타 미생물
생태계	산림생태계, 담수생태계, 습지, 각종 생물서식지 등

- 현재 우리나라의 천연기념물은 동물 63종, 식물 219종, 광물 37종, 천연보호구역 10개 지역이 선정되어 있다.
- 환경부에서 지정한 보호야생동식물은 총 151종으로 포유류(7종), 조류(46종), 양서·파충류(4종), 어류(7종), 곤충류(14종), 무척추동물(21종), 식물(52종)이고 멸종 위기 야생 동식물은 포유류(10종), 조류(13종), 양서·파충류(1종), 어류(5종), 곤충류(5종), 무척추동물(3종), 식물(6종)이다.

③ 적용원칙

- 생태환경도시에서는 신설 도로 및 개발 등으로 받을 영향을 미리 예측-평가하는 과정이 정확히 이루어져야 하며 이러한 예측의 단계에 있어서 해당지역에 서식하는 야생동식물의 종구성 및 분포, 계절적 변화, 산란장소, 서식처, 일상의 행동권, 식생, 주변수환경 요인 등 전반적인 일반 생태조사를 수행하여야 한다.

- 계획단계에 있어서 조사는 건강한 산림과 자연성이 높은 환경, 식생이 다양한 지역의 훼손금지, 평지와 능선부 그리고 산기슭과 연결되는 동물이동 통로의 유지, 하천, 호수, 습지의 수환경 등의 종합적인 환경을 우선적으로 고려하여 최소한의 피해를 줄이는 방향으로 이루어져야 하며 다음과 같이 도식화 할 수 있다.

동물 서식지 개황 파악	동물 분포서식지 정보구축	· 식생도 · 토양분류도 · 지형도 · 토지이용도
	환경정보	· 동물분포조사 · 해당지역 자연환경분석

나. 서식처 보존

① 개념

- 야생동물의 서식지(Wildlife Habitat) 필수요소는 은신처(Cover), 먹이(Food), 물(Water)의 3개 요소와, 여기에 온도(Heat), 공간(Space)을 추가하여 5개의 기본요소로 나누어 볼 수 있다.
- 야생동물 서식지는 통로의 너비, 식물 다양성, 높이, 임상의 개방성, 죽은 나무의 존재 유무, 먹이를 구하는 장소 그리고 외부에 의한 교란 정도에 따라 달라지므로 인위적인 조성과 관리가 필요할 때는 설계의 변수로 사용된다.

② 적용원칙

• 저습지 등의 보존

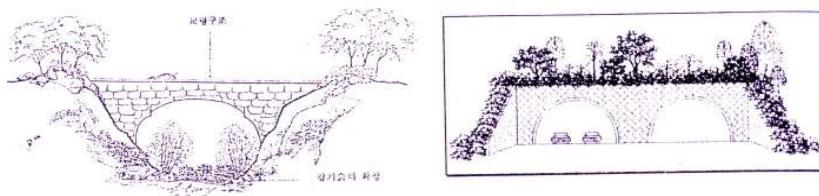
- 부지내의 기존 하천·호소·저습지 등 Biotope 조성이 쉬운 수생생태계 가운데서 주변과의 관련성에서 보존 가능한 부위
- 생태공원·생물서식지·생태통로로 활용하기에 알맞은 조건을 가지고 있는 부위는 보존하고 야생동식물의 서식처 등으로 계획
- 하천, 못 등의 기존 생태계보존지 부지의 지형조건을 수용하여 단지내 하천, 저습지 등을 생태적 조경 공간으로 되살릴 수 있도록 허용

• 생물서식지(Biotope)

- 부지내의 기존 하천·호소·저습지 등 Biotope 조성이 쉬운 수생생태계로 계획

• 생태통로(Eco-Bridge)

- 보행자도로, 가로수, 산책로, 자전거도로, 자연하천, 녹도 등으로 계획
- 핵(기존 생태계-근린공원-생태공원)과 거점(어린이공원-큰 규모 녹지), 거점과 거점을 잇도록 띠 모양의 생태통로를 계획
- 생태통로는 단지의 환경에 적합하게 계획
- 생태통로는 차량동선에 의해 단절되지 않고 부지전체를 연결토록 계획
- 지구내 공원과 인접 지역의 기존 생태계가 차량동선에 의해 단절될 경우에는 양서류나 파충류의 이동을 위해 터널·녹지육교화랑 등을 계획



〈생태통로의 예〉

• 생태공원(Ecological Park)

- 생태공원을 지구 전체 공원녹지체계의 핵으로 계획
- 못·하천·구릉지 등 기존 생태계 중 비오톱 조성이 쉽고 부지의 물리적 특성이 생태적 공원의 용도에 적합한 곳에 계획



〈생태공원의 예〉

• 생태연못 및 잠자리 못

- 저습지나 기존 연못을 활용한 서식처 조성 계획
- 동물의 서식 및 휴식처를 조성하기 위해서 은신처, 완충지, 물 등의 서식요건을 제공해 주는 원리를 적용
- 주변에 녹지대 배치하고 놀이터·광장·휴게소 등과 연계 배치



〈생태연못의 예〉

• 생태 개울

- 기존 하천이나 저습지, 단지내의 중앙광장, 긴 녹지에 붙어 계획된 보행자도로에 계획
- 실개울의 선형은 되도록 주변 자연지형의 형태에 어울리도록 배치
- 한 쪽에는 녹지대 배치하여 다공질공간 조성 가능토록 계획
- 생태연못·잠자리못과 지형의 조건에 맞추어 연계 배치



〈생태개울의 예〉

다. 생물이동통로(생태통로)

① 개념

생태통로란 도로, 댐, 수중보, 하구언 등으로 인하여 야생 동, 식물의 서식지가 단절되거나 훼손 파손되는 것을 방지하고, 야생동식물의 이동을 돋기 위하여 설치되는 인공구조물. 식생 등의 생태적공간(자연환경보전법 제2조) 즉, 규모나 성격이 상이하고, 인위적 장애에 의해 서로 떨어져 있는 비오톱을 유기적으로 연결하는 것이다.

② 필요성

생태통로는 야생생물의 이동로 제공 및 야생동물 서식지의 역할, 천적 및 대형 교란으로부터 피난처 역할, 단편화된 생태계의 연결로 생태계의 연속성 유지, 미기후 조절(기온 변화에 대한 저감 효과), 오염물질의 감소, 충돌에 의한 위험성의 경감 등 환경적인 이점을 갖는다.

③ 적용 원칙

- 생태적 연속성 유지
 - 주변생태계와 유사한 식물의 식재 혹은 주변 종의 적극적 유지방안 마련
 - 주변지형을 고려한 이동통로 설치 등을 통하여 주변 서식지 특성과 조화
 - 또한 기존 동물 이동로와의 연계방안 고려
- 외부 간섭 차단 : 통로 은폐
 - 인접도로에서 발생하는 소음 및 진동 차단을 위한 조치 필요
 - 시각적 교란 방지 : 자동차 혹은 기타 건물의 불빛 차단
- 보조시설 설치
 - 과속방지턱, 노면처리, 동물 출현 표지판 등 주로 차량에 의한 동물 피해를 최소화하기 위한 수단으로써, 이동통로만으로는 달성하기 어려운 부분에 대한 보완
- 녹지회랑 설치시 주변 핵, 거점, 점 등과 연접해서 최소 3~12m이상 설치
(보행자 전용도로가 포함될 경우 6~15m)

④ 유형 및 방법

- 선형통로(녹지축) : 생울타리(Hedgerow), 방풍림(Shelterbelt) 등
 - 선형서식지라고도 하며, 야생동물의 평면적 이동이 가능하고 서식지들을 직선으로 연결하거나 자투리 서식지를 연결함. 녹도형 보행자도로나 녹도형 자전거도로 등 단지내 도로를 생태적으로 구성
 - 녹지축의 유지, 구성, 식물조성은 일률적이지는 않으며 주변 토지이용에 따라 영향을 미침. 도로변에 교목을 식재하여 조류가 교목의 높이보다 높게 날도록 함으로써 조류보호를 위한 식재방법도 이용가능
- 육교형 통로 : Ecoduct, Overbridge
 - 차도나 구조물 등의 장애가 불가피할 경우 동식물의 상호이입 또는 이동이 차단되지 않도록 공간적으로 연결, 교량구조로 된 이동통로
 - 주로 중, 대형 동물이 대상이지만 설치 후 소형동물도 이동가능
 - 공사비가 고가이므로 넓은 면적의 보호구역이 단절되거나 생태적 가치가 우수하여 설치의

- 필요성이 높은 지역에 주로 적용
- 절개면이 발생할 경우 환경친화적인 사면녹화 및 절개지 복구방안을 동시 수행
 - 터널형 통로 : 통로박스(Box), 암거(Culvert), 파이프(pipe) 등
 - 농수로, 늪지, 개울 등을 도로가 통과하는 경우 설치되는 통로로서 소동물의 이동이 많은 지역에 골짜기를 따라 연결하는 것이 효과적임

〈생태통로의 유형 및 적용〉

구 분	적 용
통로박스(box)	<ul style="list-style-type: none"> - 도로가 수로나 작은 도로와 입체교차하는 곳 - 횡단거리가 짧고 서식지가 인접한 곳
암거(culvert)	<ul style="list-style-type: none"> - 도로가 농수로나 개울을 통과하는 경우에 설치되는 상자형 통로 (수위의 고저차가 적은 경우) - 내부 벽면 양측에 외부로부터 입, 출구와 연결되는 턱구조물 설치
파이프(pipe)	<ul style="list-style-type: none"> - 횡단지역과 서식지간 지표면에 차이가 적거나 도랑이 있던 곳에 설치 - 너구리, 족제비 등을 위한 통로의 경우 내부를 주름지게 만듬 - 배수 겸용인 경우 도랑에 빠지지 않도록 도랑에 경사로 추가
공통사항	<ul style="list-style-type: none"> - 입출구주변은 외부로부터 영향(빛, 소음, 천적등) 차단 - 이용 동물이 불안을 느끼지 않도록 입출구 식생은 주변 식생과 조화되며, 입출구가 노출되지 않도록 유의 - 동물들의 이용 유도 및 도로 횡단에 의한 위험방지 위해 입출구 좌우측으로부터 서식지 외부경계를 따라 방책을 설치 필요시 통로 내부에 배수로 설치

- 보조시설 : 나무그루터기벽(Tree Stump Wall), 유도펜스(Fence)
 - 동물(특히 족제비과 동물)을 통로로 유도하거나 올타리 대용으로 사용, 동물의 은신처 역할, 동물의 장애 횡단 방지 및 이동통로로의 유도
- 기타구조물 : 동물출현표지판(Animal Signboard), 과속방지턱(Speed Ramp), 야생동물 경고거울과 반사경(Wildlife Warning Mirrors and Reflectors), 가드레일, 축구경사면(야생동물이 자유로이 드나들 수 있도록 도움) 등

9) 지형 및 토양

(1) 단위면적당 토공량

생태환경도시 조성시 자연지형을 최대한 살려야 하며, 이를 위해서는 절·성토를 통한 지형의 변형을 최소화시켜야 한다. 따라서 단지설계시 단위면적당 토공량이 최소화될 수 있도록 설계하여야 한다.

가. 생태환경도시 단지토공 설계시 고려사항

- 자연지형에 최대한 순응하는 토공계획을 수립한다.
- 지형경사도에 따라 건축의 배치 형태를 고려한 토공계획을 수립한다.
- 건축의 조망, 일조, 배수 등을 고려하여 계획한다
- 가능한 원형지 공급방식으로 개발하여 토공량의 최소화 및 유지관리에 편리하게 계획한다.
- 원형지 경사를 고려한 단차배치가 되도록 한다.
- 수립이 양호한 지역은 가능한 원형지 공원으로 계획한다.
- 토질조건을 고려한 토공계획을 수립한다.

- 발파암 활용이 극대화 될 수 있도록 유용계획을 수립한다.
- 기존 배수체계 및 개발후 배수체계를 충분히 고려한다.
- 지구계 주변 녹지와의 접근성을 고려한다.
- 경제성, 안전성을 고려한 토공계획을 수립한다.

나. 일반적인 단지토공설계 기준

〈토공설계기준〉

구 분	설 계 기 준	
블록내 횡단경사	· 단독주택지 및 소규모 블록 4%이내	· 블록내의 토사단 경사 1:2.0
토공균형	· 접속부 단차 최소화 및 절성토 균형	
비탈면 처리	· 성토 : 5.0m미만 → 1:1.5 5.0m이상 → 1:2.0	· 절토 : 5.0m미만 → 1:1.2 5.0m이상 → 1:1.5
소단설치	· 직고 5m마다 소단설치 - 토사의 경우 : 1.0 ~ 1.5m	- 리핑암의 경우 : 1.5m

(2) 자연지형·토양 활용

가. 필요성

개발되기 이전의 지형과 개발과정 및 현재의 지형 조건 등의 분석 결과를 토대로 지형 및 지리조건을 복원함으로써 다양한 서식처 창출의 기반을 마련할 수 있다.

나. 계획방향

- 가능한 한 기존지형의 특징을 살리도록 해야 할 것이며, 절·성토의 양이 같아서 외부로 유출되는 토양이 발생하지 않도록 한다.
- 대상지내 질적으로 양호한 표토는(약30cm)는 대상지 녹지 및 공원 조성지에 활용될 수 있도록 한다.
- 표토 활용방안 검토시, 최종 지형의 모습을 결정한 후 활용하도록 한다.
- 대상지의 지반고를 높여야 할 경우, 조성 수체계 등을 고려해야 하며, 기존의 양호한 표토는 다른 곳에 옮겨두었다가 생태공원 및 녹지조성시 활용하도록 한다.
- 경사 15° 이상인 지역은 생태녹지로 확보하여 보존함으로써 개발을 억제하도록 한다.
- 고지대에는 가능한 공동주택이 입지하지 않도록 계획해야 할 것이며, 불가피하게 입지시켜야 할 경우, 주요 종 및 서식처를 고려한 위치선정 및 구체적 저감방안이 마련되어야 한다.
- 구릉지역에 단지를 배치할 때에는 구릉의 형태를 살린 단지배치가 이루어져야 할 것이며, 밀도 및 고도 등의 조정이 이루어져야 한다.
- 지형의 경사도·방향, 바람의 방향 등을 고려하여 에너지 소비를 줄이는 방향으로 건물을 배치하고 비탈을 이용한 테라스하우스 조성으로 지형에 순응하도록 한다.
- 피해받고 압축된 토양을 복구하고, 표토의 보전 혹은 재사용을 통해 표토의 손실을 최소화시키도록 한다.
- 부지조성시 기존의 지형을 최대한 보전하면서도 마운딩 등을 통한 다양한 지형 창출을 통해 생물다양성을 높이도록 한다.

(3) 지형을 고려한 배치

가. 경사도

① 경사도에 대한 공간특성

산지의 경사도는 구조계획, 설비계획 등 건축의 하부구조뿐만 아니라 대지내 건축물의 위치, 형태, 도로, 주차장, 놀이터의 배치 등 모든 계획에 영향을 미친다.

〈경사도에 따른 공간특성〉

경사도	공간특성
0° ~ 4°	<ul style="list-style-type: none"> 거의 평탄하게 보이며 가장 쾌적한 경사 수평의 보행속도와 별 차이가 없으며 일상적인 행위와 활동이 가능
4° ~ 10°	<ul style="list-style-type: none"> 산책 등 휴식과 관망에 적당한 경사 이용상 쾌적한 경사
10° ~ 30°	<ul style="list-style-type: none"> 올라가는 속도가 조금씩 느려지며 휴식과 관망에 부적당하고 계단의 설치가 필요 10°를 넘으면 도로의 기울기는 급해지고 자동차의 등판한계에 가까워짐 산지 주거의 형태적 특성을 나타낼 수 있는 기울기이며 거주성과 집합성을 가장 잘 살리기 쉬운 경사도
30° ~ 45°	<ul style="list-style-type: none"> 급사면이라고 정의할 수 있으며 30° 까지는 차량으로 올라갈 수 있으나 30°를 넘으면 리프트 등의 설치가 필요
45° ~ 90°	<ul style="list-style-type: none"> 자연사면으로서는 불안전하여 옹벽의 설치가 필요하며 사람에게는 거의 벽과 같은 느낌을 준다 경사도 범위의 초과로 사다리나 승강장치의 설치가 필요

② 경사도에 따른 토지의 적정용도 분류

산지구릉지는 경사도에 따라 적합한 용도로 구분되어 세심하게 계획하는 것이 필요하다. 예를 들면 10° 이하는 평지와 같은 활동적 운동, 휴식, 관망에 적합하다. 또한 주택건축을 위한 경사도는 10° ~ 30°에서 가능하며, 건축의 형상, 그리고 집합형태 등에 변화를 주어 계획하는 것이 바람직하다.

〈경사도에 따른 토지용도 분류〉

분 류	경 사
주거지	45° 이하
도로	30° 이하
편익시설	40° 이하
휴양과 오락	45° 이하

③ 경사도에 따른 계획기법

④ 단지계획

- 경사가 완만한 경우(개략 15%이하)

단지내 주도로를 등고선에 수직방향으로 설치가 가능하며 국지도로는 주도로에 직각방향으

로 배치한다. 이러한 경우 동선체계는 개별대지마다 차량의 진입이 가능해지며, 건축은 경사에 맞추어 건축하거나 적정한 중간 토사법면 설치후 건축하는 것이 좋다.

- 지형경사도가 급한 경우(15%이상)

등고선에 수직한 주도로의 배치는 종단의 급경사로 인하여 설치가 불가하게되므로 등고선에 평행 또는 대각선 방향으로 배치하게 한다. 이때 블록의 경사가 커서 도로와 단차가 크게 발생하게 되고 건축의 형태는 경사면을 활용한 기법이 도입되어야 하며, 차량은 각 대지마다 출입이 곤란하기 때문에 부분적으로 공동주차장 설치가 필요하고 보행자는 계단식 보도 등을 통하여 진출입이 가능해 진다.

① 도로

- 경사도 15%미만 지형의 도로배치

차량의 등판능력을 고려할 때 등고선에 수직한 배치도 가능하며, 전체적인 도로망 체계 구성에 큰 문제점이 없으나 15% 이상의 종단경사가 길어질 경우에는 통행의 쾌적성이 떨어지고 안정성도 문제점을 내포하게 되므로 지형조건과 토지이용을 고려하여 등고선에 대각 또는 평행배치를 병용한 효율적인 도로배치가 되도록 하여야 할 것이다.

- 경사도 20%이상 지형의 도로배치

등고선에 수직한 도로의 배치는 종단의 급경사와 주행의 안전 및 건물의 진출입 등의 문제로 설치가 곤란하므로 최대한 지형에 순응한 도로를 배치하도록 한다. 도로의 배치는 S형이나 Z형의 배치가 되어야 하며, 이 경우에는 일부 도로선형은 등고선에 수직 설치가 불가피함으로 도로법면 발생을 최소화하기 위하여 도로제한 종단경사(16%) 이상의 종단계획이 요구되며, 이때 종단경사의 급경사 길이가 주행의 안전성에 큰 영향을 미치게 되므로 종단경사에 따른 오르막 급경사구간 길이 결정에 특히 유의하여 설계하여야 한다.

등고선에 평행한 선형구간도 지형의 경사도와 계획도로의 종단경사도에 따라 편측법면부가 발생하게 되는데, 부지이용에 지장이 없는 범위내에서 법면단차를 낮추는 방안도 고려되어야 할 것이다.

- 경사도 30%지형의 도로체계

지형에 순응한 도로선형을 선택하여야 하며 등고선에 거의 수직으로 설치되는 곡선부에는 5m이상의 절취법면부가 발생하게 된다.

지형에 순응한 S형의 배치시 선형의 곡선부는 등고선에 수직으로 배치되는 구간으로 인하여 법면이 불가피하게 과다 발생하게 되고 토지이용에 제한을 받으므로 공원이나 녹지로 활용하는 것이 좋을 것이나 차량통행을 위한 종단경사의 완화가 필요한 경우 절토량을 증가시키는 방안이 마련되어야 하며 가구 인입도로에 계단형 도로개설도입을 적극 검토하여야 할 것이다.

- 경사도 35% 이상의 도로배치

테라스 주택유형의 건축기법 도입을 적극 검토하여야 하며, 차량의 통행을 위한 도로개설은 도로종단의 급경사 또는 과대한 절토고 발생으로 자연친화적인 도로개설이 불가능하다.

따라서 도로 및 단지구배의 완화를 위한 토공량을 증가시켜 개발하는 기법도입이 요구됨. 가구인입 도로는 계단형 도로의 설치가 요구된다.

나. 사면녹화

① 계획의 접근

여러 개발목적에 따라 기존에 푸르렀던 자연산지를 훼손함으로써 발생하는 사면은 절단된 입체적 형상으로 인해 시각적으로 제일 먼저 뚜렷이 인식되는 최대 장애물이면서 주변경관의 표적

인식대상이 되고 또한 울타리처럼 둘러싸고 있는 주변 산지와의 시각적, 생태적 연결지대로서 매우 중요한 경관처리 대상이다.

따라서, 사면 처리 계획은 매우 다양한 제반조건(발주자 의견 및 예산, 사면의 자연조건, 풍화조건, 미기후, 지하수 변화)들 간의 상호연관성 및 향후 녹화복원과의 관계성 등을 사면의 구조적 안정성 측면, 침식방지측면, 경관복원측면 등을 종합적으로 분석한 후 사면처리에 대한 구체적인 방법에 대해서 경제적, 기능적, 생태적, 경관적 접근 방법을 비교분석하여 수립하여야 한다.

② 필요성

- 경사면 배수관의 기능에 의한 침투수 배수처리로 경사면 내부 유효용력을 증가시켜 안전성을 유지하고 표면부 식생지반의 수분 공급효과.
- 경사면 배수관의 유지관리가 쉽다.
- 표면부의 풍화 진행을 억지.
- 지반의 산성화를 방지하면서 친환경적 식생지반을 조성.
- 천연 재료를 사용함으로써 주변 오염 방지.

③ 일반적 사면녹화처리 방법

① 식재공법

- 줄떼

잔디를 규격에 맞게 절단하여(1/2, 1/3) 면고르기 마감된 대상 사면에 식재하는 방법, 주로 성토면의 보통 토사지에 시행한다

- 평떼

정해진 규격대로 채취된 잔디를 면고르기 마감된 대상 사면에 식재하는 방법. 이제까지 시행해온 가장 오래되고 대표적인 공법. 평떼 녹화는 주로 절토면의 보통 토사지에 시행한다.

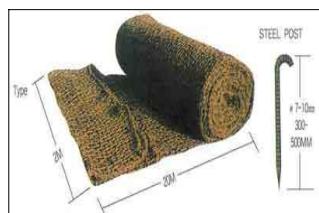
② 파종공법

- 시드스프레이

잔디씨앗 (향토 초종 포함한 모든 초종) 을 침식 방지 안정제, 색소비료, 양생제 등과 함께 물에 혼합하여 고압 살포기로 대상 사면에 고루 뿌리는 공법으로 식생이 필요한 모든 사면 (식물이 생육 가능한 토질일 경우) 에 시행한다.

- 네트류 시드스프레이

코코넛에서 추출한 섬유질을 그물형태로 직조한 것을 대상 사면에 덮고 고정팩을 박은 후 시드 스프레이로 마감하는 공법



〈네크류 시드스프레이 재료〉

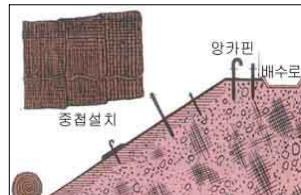


〈네트류 시드스프레이 시공〉

- 쥐트네트

JUTE에서 추출한 섬유질을 NET 형태로 직조한 것을 대상 사면에 덮고 고정팩을 박은 후

SEED SPRAY로 마감하는 공법



〈쥬드네트의 구조〉



〈쥬드네트 시공후〉

- 벗짚거적

국내 생산되는 벗짚을 고르게 펴서 짠 것을 대상사면에 SEED SPRAY를 시행한 후 그 위를 덮어 단단하게 고정시켜 줌으로써 보온 보습으로 발아가 촉진되고 조기 녹화가 이루어져 사면을 보호하는 공법



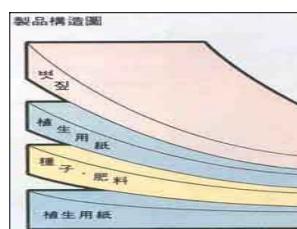
〈벗짚거적〉



〈벗짚거적 시공후〉

- 론생벗짚

벗짚거적에 씨앗과 비료를 접착시킨 특수 식생지를 부착시킨 것으로 대상사면에 덮어서 녹화를 촉진하는 방법.



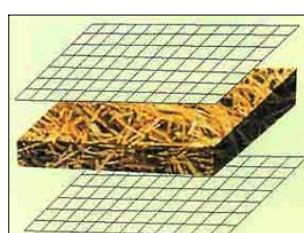
〈론생벗짚 단면〉



〈론생벗짚 시공후〉

- 코아카펫트

COCONUT섬유질이나 밀, 벗짚을 이용해 NET(그물구조)가 아닌 MAT형태로 직조한 것으로 침식방지 및 세골방지에 좋은 효과를 나타내는 공법



〈코아카펫트 구조〉



〈코아카펫트 시공후〉

- 인공토양취부

- 종비토

일반절개 지역에 인공토양인 종비토를 사면에 고정된 P.V.C코팅망 사이에 정해진 두께로 부착, 고정하여 식물이 생육할 수 있는 여건을 조성하고 초목류를 파종하여 실물로 자연을 회복하는 녹화공법이다. 경우에 따라서 P.V.C코팅망이 없는 상태에서 뽑아 붙일 수도 있고 Coir Net나 P.P망을 설치 후 뽑아 붙이기를 할 수도 있다. 그리고 표토가 전혀 없거나 식물생육에 부적당한 급경사, 풍화암 및 연암, 경암, 마사토 등에 인공토양으로 녹화를 유도할 수 있게 개발된 사면 보호공법이다.



〈종비토 시공전〉



〈종비토 시공후〉

- 구조물공법

- P.E블럭

재생수지 또는 폴리에틸렌(polyethylene)으로 성형된 제품을 대상 사면에 설치하는 공법. 보통 별집모양의 육각형이 주류이고 제품이 가벼워 시공이 용이하며 재료가 초경량으로 인한 부력 현상으로 토사유출이 많음. 열에 의한 제품 변형이 우려되며 원부재 및 연결부위가 토압으로 인하여 파괴되거나 하단부 배수로에 토사가 쌓여 배수능력 상실(수방블럭)될 우려가 있으므로 주의해야 한다.

- P&C블럭

플라스틱 외피 내부에 콘크리트 채움하여 만든 제품으로 P.E블럭과 같은 공법으로 설치하는 공법. 단위당 자중이 있어 사면안정에 유리하고 플라스틱과 철근콘크리트가 합접되므로 인장력, 충격력에 강하며, 조립 이음부에 원부재 받침 사용으로 부재 이탈 및 침하방지 지반의 면이 매끄럽게 되어야 시공가능하다. 조립식이므로 부재의 일부가 이탈하면 시스템 전체가 붕괴될 수도 있는 단점이 있다.

- 콘크리트블럭

철근 콘크리트로 성형된 제품을 PE 블럭과 같은 방법으로 설치하는 공법. 성형된 모양에 따라 격자 블럭, K블럭, 크로바블럭 등의 이름을 붙임. 시공이 견고하고 동해 피해가 적다. 중량으로 인하여 설치 시공이 어렵고 (50Kg/개) 시공비 과다하며, 고소작업 불리하고 연결부위가 맞물림 방식으로 사면 침하시 원부재 이탈 및 크랙현상이 발생하며 하자 발생시 대단위 사면 유실이 우려됨. 기초공사를 반드시 선행해야 하며 천단 마무리가 곤란하고 지중에 의한 부분적 침하 우려의 단점이 있다.



〈P.E블럭 시공후〉



〈콘크리트 브럭 시공후〉

④ 환경친화적인 사면녹화처리공법

- R/S 녹생토

기존의 녹생토가 시공후에 수분증발과 함께 틈(crack)이 발생되고 모세관의 연계가 단절되어 식물생육에 지장을 초래하고 있어 응집력을 증진시키기 위한 새로운 R/S녹생토를 개발하여 보습력을 30~35%이상 증진시키고, 취부기계의 작업능률을 향상시켜 견고한 점토질과 사력 경사면에도 녹화시킬 수 있도록 개선한 공법이다.

- 암사면부분녹화

암반사면에 식물이 생장할 수 있는 기반을 조성하고 암반사면에 강건묘목으로 육성한 수목을 조성하여 녹화시킴으로써 주변의 식생이 스스로 암반사면에 도입되어 주변환경과 조화를 이루게 하는 부분사면 녹화공법이다.

- 배토습식공법

본 신기술은 삼림지역 개발의 건설공사에 있어서 대두되는 절개지 증가에 따른 문제의 해소를 위해, 배토 조성물을 사용하여 사면보호와 녹화의 미적 요소를 한층 강화하는 공법이다.

- 잔디씨발아대

본 신기술은 천연섬유 부직포에 고성능 흡습제와 섞은 잔디씨를 부착하여 만든 잔디씨 발아대를 고안한 기계에 권취시킨 후, 트랙터에 연결하여 이동하면, 잔디가 조성될 토양에 정지작업과 잔디씨 발아대의 피복, 복토, 다짐작업 등 5단계 작업이 동시에 이루어져, 작업능률이 2인 1일 2만m²로 건설공사 표준품셈 1인 1일 15m²보다 경비절감은 물론, 넓은 면적의 잔디밭을 단기에 조성 가능하다



〈사면녹화 전〉



〈사면녹화 후〉



〈친환경적 사면처리〉



(4) 표토 재활용

가. 개요

표토는 토지를 형성하는 여러 단층중에서도 최상단부에 위치하며 그양은 비록 적지만 생존환경에 미치는 영향은 절대적인 매우 희소한 자원으로서 일반적으로 암색 또는 암갈색을 띠고 있으며 유기물이 다량 함유되어 있고 입단구조가 잘 발달된 유기물층과 용탈층을 지칭한다.

나. 필요성

표토는 1cm 생성되는데 20년 정도가 소요되는 극히 중요한 자원으로 표토에서 활동하는 토양미생물의 분해기능에 의한 지력 증진 및 토양오염의 정화, 우수의 보호기능 뿐만 아니라 표토의 적극적 재활용은 환경보전적 측면에서도 효과를 지니고 있다.

다. 계획기법

① 토양의 조사

- 개발대상지역의 토양조사를 반드시 실시하여 토양조건을 판단하고 이에 따라 이용이 가능한 표토의 양을 예측한다.
- 토양조사는 단면조사를 주로 하여 물리성과 화학성에 대한 분석도 실시한다. 이러한 조사는 그와 함께 식생·지형·지질에 대한 조사가 행해져야 한다.
- 식물생육 환경으로서의 토양의 조건은 식물별로 그 요구조건이 서로 다르므로 대부분의 식재지는 단일 종류가 아닌 많은 종류의 식물이 어우러져 배식되므로 이러한 여러 종류의 식물에 공동으로 적용될 수 있는 평균적인 적정 수준을 열거해야 한다.

② 표토 보존 계획 및 설계

- 이용이 가능한 표토의 분량을 파악한 다음, 개발·조성 계획에 따라 표토보존의 대상지역을 검토하여 식재를 위한 표토의 필요량을 산정한다.
- 대량의 표토를 능률적으로 운반·집적하기 위한 퇴적장소의 검토도 하여야 하며 이러한 상황을 종합하여 표토의 배분계획을 작성한다.
- 표토배분계획을 기초로 하여 표토의 굴삭방법, 운반방법, 퇴적방법, 보호관리방법, 식재시의 성토·객토 방법의 검토를 실시한다.
- 강우로 인한 표토 양분의 유실, 바람에 의한 비산, 일조로 인한 건조 등을 막기 위한 공법이 함께 고안되어야 한다.

③ 표토보존의 시공

- 시공할 때에는 표토의 성질이 손상되는 일이 없도록 하기 위하여 충분한 배려가 필요하다.
- 가능한 인력에 의한 시공이 바람직하나 과도한 경비로 기계화 시공이 불가피한 대규모 공사의 경우에는 대형기계로 인한 저층토의 혼입 등에 주의가 필요하다.

라. 표토재활용 처리방법

① 부지정리

기존의 보호되어야 할 수목, 구조물, 공급시설 등을 상하지 않도록 보호 조치를 취하는 전제 하에서, 부지정지 및 표토수거에 장애가 되는 수목, 구조물 등을 깨끗이 제거하고 뿌리 등 그 잔재물들도 남김없이 치운다.

② 표토수거

국내의 평균 표토두께는 임야의 경우 14.8cm, 밭토양의 경우에는 9~30cm로 그 두께가 15cm를 전후하여 변화가 있으므로 토양조사에 근거하여 일정두께로 표토를 수거하되, 바위, 나무뿌리, 철거건물, 쓰레기 등 이물질이 섞이지 않도록 한다.

③ 퇴적 및 보호 관리

- 퇴적위치는 공사에 지장을 최소화 할 수 있는 곳인 동시에 복토예정지에서 가까운 곳으로 정해 되, 가능하면 표토수거 두께와 절토두께가 비슷한 곳에 약적하는 것이 좋다.
- 자체하중에 의한 다져짐을 방지하기 위해 일정높이(1.3m)이상 쌓지 않도록 하며 퇴적너비가 3m이상일 경우에는 1m이상의 높이로 쌓지 않는다.
- 수거표토의 보호관리에는 비닐 혹은 물에 적신 짚으로 수거표토를 포장하여 수분의 증발을 억제하는 것이 좋다
- 표토의 약적장은 음지에 있는 것이 유리하므로 보존수림지가 있는 경우에는 그 배면에 보관하고 이것이 불가능한 경우에는 보관장소 옆에 교목을 열식한다.
- 수거표토의 유수에 의한 유실, 침식을 막고 주변이 진흙창으로 탈바꿈하는 등의 피해를 줄이기 위해서는 약적지 둘레에 배수를 위한 임시뚝을 설치하고 고랑을 만들어 주어야 한다.

④ 복토

중량이 큰 기계 시공에 의한 토양경도의 증가로 인한 불투수층의 형성을 미연에 방지하고, 복토 되는 흙과의 결속력을 증대시키고, 불투수층에 의한 뿌리생장저해를 막기 위해 최소 5cm정도를 갈아 부드럽게 만든 후 표토를 복토한다.

⑤ 다지기와 피복

- 잔디 및 수목의 식재가 완료된 후에 표토의 침식을 막고 뿌리결속을 놓이기 위해 다지기를 실시한다.
- 잔디 및 수목 식재지에 밀집, 건초 등에 의한 덮기를 실시하는데, 최소한 수목식재지에는 반드시 덮기를 실시한다. 이렇게 함으로써 토양수분 증발을 억제하고 표토의 침식을 줄일 수 있으며 토양미생물의 증식을 도울 수 있다.

10) 기타

(1) 환경위해요소 처리

생태환경도시를 위한 기반요소별 세부계획에서 소음진동 및 토양오염, 식품관리, 일조, 방사능 등 환경위해요소의 처리에 대해서도 관심을 가져야 한다. 이러한 오염들은 모두 토지이용이나 교통, 에너지부문과 관련된 각종 활동들의 결과로 나타나기 때문에 오염예측과 모니터링이 충분히 이루어져야 한다. 그러므로 환경위해요소 처리계획은 일회적이고 대중적인 처방에만 그치지 않고 쾌적한 시민생활이 가능하도록 삶의 질을 높이는 것에 제도 및 정책의 목표를 두어야 한다. 구체적인 대책으로는 계획부문과 결합한 적실한 오염관리, 오염밀집지역에 대한 중점적 환경관리, 그리고 최신기술의 보급 등이 공통적일 수 있다.

가. 소음진동 및 악취관리

① 소음진동 문제와 관리계획

㉠ 소음의 개념

소음이란 사람이 귀로 들을 수 있는 소리를 말하며, 물리적인 면에서는 불규칙음, 비주기적이고 고주파음역의 특성을 나타내는 음이라고 정의한다. 정온한 생활환경을 방해하거나 불쾌하게 하는 상태를 소음공해에 해당한다고 볼 수 있다.

음악 감상 중인 사람에게는 경쾌한 악기 소리가 흥미 없는 타인에게는 소음이 될 수 있는 것처럼 때로는 듣는 사람의 주관에 따라 차이가 있으나 소음이란, 일반적으로 인간의 건강생활에 유해한 작용을 나타내는 음향을 말한다. 소음진동규제법에서는 기계, 기구, 시설 기타 물체의 사용으로 인하여 발생하는 강한 소리를 말한다.

소음은 청력손실, 이명, 고막소견, 전저 기능장애 등의 장애를 일으킬 뿐 아니라 생활의 방해를 가져와 초조, 불쾌감, 불면증의 증상을 일으킨다. 소음의 생리적 영향으로서는 혈관의 수축에 의한 맥박의 증가, 혈압상승, 혈액성분 및 오줌성분의 변화, 타액 또는 위액분비불량, 부신호르몬의 이상분비 등이 관찰된다.

이와 같이 소음은 작업능률을 저하시키며 성별, 인종, 연령, 작업조건 등에 따라 달라진다. 일정하고 규칙적인 소음이 90dB를 초과하지 않을 때에는 작업능률이 저하되지 않는다. 그러나 불규칙한 폭발음이 90dB 이하라도 작업을 방해하는 수가 많다. 또한 1,000~2,000Hz 이상의 고주파역 소음은 저주파역 소음보다 작업능률을 크게 저하시킨다. 소음은 총 작업량의 저하보다는 작업의 정밀도를 저하시키는데 단순 작업보다는 복잡한 작업이 작업능률에 더 악영향을 미칠 수 있다.

㉡ 소음 관리계획

생태환경도시 조성시 소음 방지를 위하여 우선적으로 고려할 수 있는 방안이 소음 방지용 방음벽이나 구조물, 수립대를 조성하는 방식이다.

이때 방음구조물은 일반적인 도시개발사업에서 사용하는 블록이나 기타 인공재료를 사용하지 않고 주도로를 따라 흙을 이용한 마운딩 처리가 바람직하며, 식물 재료를 조밀하게 식재하여 식생벽을 설치한다. 또한 주도로를 따라 밀생된 수립대를 조성하여 소음을 차단하는 방법은 소음방지 효과뿐 아니라 도시공기를 정화하는 효과를 기대할 수 있기 때문에 생태환경도시에서 적극적으로 활용할 수 있는 방식이다. 이 밖에 소음원으로부터 일정한 거리를 띄워 주거용 건축물을 배치하는 것도 소음을 저감하는 방법으로 이용될 수 있다.

이와 같은 소음차단을 위한 방음벽 및 방음시설 설치시 미(경)관적 측면 고려 및 설차관리 주체를 명확히 해야 한다. 방음시설은 단조로움과 협오감을 배제하고 시각적으로 안정적이고 환경친화적인 도시녹화에 일조하기 위하여 수목을 식재하는 방안을 병행하여 추진하는 것이 바람직하다.

생태환경도시에서는 생활수준의 향상과 정온한 생활환경을 조성하기 위하여 환경기준을 엄격하게 설정하여야 한다. 소음이 적은 정온한 생활환경 조성을 위해서 건물인동간격의 조정, 활엽수목의 식재 등을 통한 쾌적한 도시 공간 조성과 더불어 교통소음 저감을 위해 도로폭원 축소, 요철포장, 식재를 통한 시각차단 등 교통온정화(traffic calming) 기법을 적극 활용할 필요가 있다.

공동주택의 경우 인근 도로입지 등에 의한 외부소음과 충간세대별 내부소음문제가 발생할 수 있으므로 공동주택 거주자에게 정온한 환경을 제공하기 위해서 공동주택 내부소음의 허용기준을 설정하고 도로변 공동주택 건립시에 이중창이나 방음시설 설치를 의무화하도록 건축계획 등에 반영한다.

② 악취

① 악취의 개념

악취란 황화수소메르캅탄류아민류, 기타 자극성 있는 기체상 물질이 사람의 후각을 자극하여 불쾌감과 혐오감을 주는 냄새로, 사람에게 특정냄새 자체로 심리적정신적 피해를 주는 감각오염의 한 형태이다.

악취의 경우 공장과 같은 산업시설을 통해서만 방출되는 것이 아니라 개방된 장치나 공정설비, 그리고 야적장, 폐기물매립장 등과 같은 점오염원이나 면오염원에서 산발적으로 발생하는 경우가 많다. 대도시지역에서는 인근 주민들의 민원대상이 되므로 일회적인 경우에 그치지만 산업형도시에서는 발생원이 고정되어 있기 때문에 지속적인 문제가 된다. 대도시에서는 정확한 오염원을 찾아내기 어려운 경우가 많기 때문에 대처하기가 어렵고 대개는 주민들의 민원에 의존하여 대응하는 경향이 두드러진다. 반면 산업형도시에서는 발생원이 명확하게 드러남에도 불구하고 방치되거나 묵인되는 경우가 대부분이다.



〈방음뚝 및 수림대 조성을 통한 소음저감〉

② 악취의 관리계획

악취는 발생물질의 종류와 배출원이 다양하고, 여러 물질이 복합적으로 작용하며, 생활환경과 사람의 심리상태에 따라서 오염도에 대한 인식이 달라지는 특성도 있어 다른 대기오염물질과는 달리 효과적으로 발생원을 관리하고 저감대책을 수립하는 데에 어려움이 있다.

악취를 관리하는데 있어 무엇보다 중요한 것은 이러한 악취의 특성을 살피고, 이에 맞게 오염원을 관리해 나가는 것이라 할 수 있다.

악취는 폐기물 매립장이나 적환장 주변 등과 같이 상시적으로 악취가 발생하는 곳이 아닌 경우에는 주로 민원을 통해 파악할 수 있다. 그러므로 주거 및 상업지역이 밀집한 곳의 생활악취 유발시설들에 대한 일상적인 관리가 필요하다. 여기서 '일상적' 이란 표현은 지역사회가 지역에 대한 관심과 관리능력을 키운다는 것을 의미한다. 악취가 심한 생산시설은 생태환경도시에 적합하지 않으므로 이러한 시설은 배제되어야 한다. 그리고 기술적인 방안으로는 악취판정기법을 사회적 약자들에게 적합하도록 강화하고, 적환장이나 매립장은 밀폐하거나 일일복토를 통해 악취를 최대한 방지하고 악취방지제 살포와 같은 방법을 동원할 수도 있다. 이와 함께 생활주변지역에 대한 청소나 위생관리를 주민들이 평상시에 할 수 있도록 유도하는 것도 필요하다.

소음진동 및 악취 관리정책에 있어 중요한 것은 정책적인 개입을 통해 해결해야 할 사안도 있지만, 지역사회의 자율적 감시·관리능력을 향상시키도록 하는 것이 장기적인 대책이란 점이다. 흔히 제기되는 공해산업의 집중화는 오염관리의 효율성을 염두에 둔 정책이지만 대개 주거지와의 격리를 통해 일정 정도는 묵인하거나 방치하고자 하는 의도도 반영되어 있다. 이 또한 주민감시 확대, 시설개선 요구 등의 방법으로 해결하는 것이 바람직하다.

나. 토양오염 방지

① 토양오염의 개념

토양은 대기, 물과 더불어 인간의 생존기반인 동시에 물질의 순환과 생태계를 유지하는데 주요한 역할을 하고 있다. 대지의 표층에 존재하는 토양은 풍화된 기반암이 근원이지만 생물의 유체와 혼합되어있다. 따라서 토양에 서식하는 생물이나 미생물은 생물의 유체를 분해하여 식물이

재이용 가능한 미네랄을 만들어 내는 중요한 역할을 하고 있다.

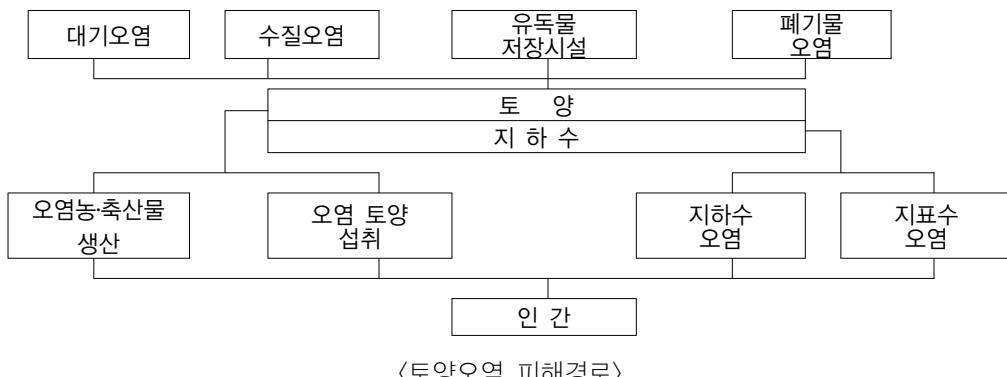
식물, 미생물, 곤충, 조류, 어류, 포유류가 연쇄를 형성하여 안정적인 생태계를 형성하고 있는 것은 이미 잘 알려진 사실이다. 이 생태계의 일부가 떨어져 나가면 연쇄가 봉괴되어 생태계에 큰 변화가 나타나고, 그 균형이 유지되지 않는다. 이 생태계의 순환에 토양의 존재는 중요한 역할을 담당하고 있는 것이다. 동물은 식물에 의존하여 생존하고 있지만 식물의 생존은 토양중의 미네랄이 중요한 역할을 한다. 이 미네랄은 유체가 된 동식물이 토양생물·미생물에 의해 분해되어 토양에서 보급된다. 이처럼 토양은 동식물의 유체를 분해하는 중요한 역할을 통하여 생명을 유지하고 있다.

그러나 산업기술의 발전에 따른 경제의 풍요로움 속에서 생활양식의 급변, 인구의 급격한 팽창과 도시집중 등으로 인해 대기오염, 수질오염, 폐기물의 오염에 이어 급기야는 환경의 최종 귀착지인 토양까지도 각종 유해물질로 오염되어 주민들의 생활환경까지도 위협하고 있다. 토양환경 보전법에서 규정하는 토양오염의 정의는 "사업활동 기타 인간의 활동에 의해 토양내에 존재하는 특정한 화학물질의 농도가 높아져서 사람의 건강이나 환경에 피해를 주는 상태를 말한다"라고 규정하고 있다.

② 토양오염의 경로 및 그 영향

토양오염은 오염 배출원으로부터 공기나 물의 경로를 거쳐 토양에 유입되어 오염되거나, 비위생 매립된 폐기물매립지로부터 침출수, 유독물 저장시설의 부적절한 관리로 인한 유독물의 누출 및 흘림에 의해 토양이 직접 오염되기도 한다.

토양오염은 땅속에서 오염축적에 끝나지 않고 농작물·동물로의 오염물질의 축적, 지하수, 지표수의 오염, 오염토양의 비산에 의해 인체건강에 나쁜 영향을 준다. 이외에도 농작물과 수목의 생육 저해와, 토양생물·미생물에 대한 악영향도 주고 있다. 이와 같이 토양은 오염물질의 이동과 전달이 느리며, 토양오염은 대기, 수질, 폐기물 등 1차 오염물질에 의한 축적성 오염으로 그 피해는 주로 만성적인 형태로 나타난다. 또한 피해가 발생하기까지는 오랜 시간이 소요되지만, 일단 오염된 지역은 복원을 하지 않고는 장기간 피해를 주며 복원에는 엄청난 비용이 소요되므로 사전 예방적 토양보전 관리가 필요하다.



③ 토양오염의 관리

폐기물을 토양에 매립하는 것도 그러한 미생물의 능력을 믿고 있기 때문이다. 사막과 옥토를 구분하는 기준이 토양미생물의 다양성, 크기, 활력이라는 것만으로도 그 중요성을 알 수 있다. 토양이 오염되었다는 것은 토양미생물이 다양하지 못하다거나 비정상적으로 활동한다는 것을 의미하는데, 이런 경우 토양이 그 독성과 폐기물을 처리할 수 있는 자정능력을 상실하였다는 뜻이기도 하다.

토양오염의 원인 중 일반인들이 잘못 인식하고 있는 것 중에 하나가 비료나 농약으로 인한 오염이 커다란 비중을 차지할 것이라는 생각이다. 하지만 그 양이나 오염화의 정도에 따라 다르겠지

만, 비료나 농약의 사용에 의존하는 약탈적 경작방식이 토양오염의 주범이라고는 할 수는 없다. 오히려 우리나라는 경작을 통해 1억톤 이상의 귀중한 토양의 유출을 막고 있으며 수십억톤의 물을 저장할 수 있다고 한다.

한 차례의 무분별한 국토개발이나 산업폐기물 매립 등이 토양의 호흡을 막아 자정능력을 상실시킴으로써 우리생활에 미쳐지는 직·간접적인 타격에 비한다면 비료나 농약의 사용으로 인한 토양오염은 아주 미미한 것이다. 토양에 직접 살포되는 농약 문제를 제외하고는 우리나라 토양의 산성도나 각종 오염물질의 수준은 경작지가 공단지역이나 주택지역, 혹은 일부 산림지역보다도 오히려 건강하다는 조사 보고가 이를 입증하고 있다.

토양오염에 큰 요인이 되는 것은 시멘트로 토양을 봉합하여 토양의 정상적인 호흡을 가로막는 무절제한 개발과 화학물질을 포함한 쓰레기 매립과 각종 대기오염물이 농축된 산성비라고 할 수 있다. 따라서 도시 조성시 불필요한 포장은 피해야 하고, 대기오염을 막는 것이 토양오염을 원천적으로 방지하는 방법이다.

토양은 다른 환경오염에 비해 일단 오염이 될 경우 복원이 거의 불가능하다. 현재 미생물을 이용하여 복원하는 방법 등 많은 기술이 개발되고 있지만, 비용과 시간이 많이 소요되어 극히 제한된 지역에서만 적용되고 있는 실정이다. 때문에 토양오염의 가장 좋은 대응책은 예방이라고 할 수 있다. 토양오염을 막기 위해서는 우리의 인식을 새롭게 하여 얼마간 일상생활의 불편이라도 기꺼이 감수하겠다는 자세가 필요하다. 자신들이 살고 있는 지역만을 보호하면 된다는 의식은 결국 우리 자신의 미래를 어둡게 하는 것이라는 것을 알면서도 혹은 무관심 속에서 토양을 오염시키고 있는 우리가 식탁에 올라오는 농산물의 안전성이 마냥 농약에 의해 위협받고 있다고 주장하며 값이 비싸더라도 소위 유기농법으로 생산된 음식물을 구입함으로써 나의 가족은 보호할 수 있다고만 생각한다면 우리 모두의 미래는 결코 보호될 수 없다.

화학비료나 농약을 사용하지 않고 생산되었다는 무공해 농산물도 대기, 수질, 토양이 이미 오염된 상태에서는 결코 안전하다고 말할 수 없다. 경작환경을 악화시키지 않는 범위 내에서 경작 가능한 토양을 확보하고 오염으로부터 농토를 보호하는 것이 가장 실용성 있는 방법이라고 할 수 있다.

우리나라의 토양은 강우량이 많은 이유로 석회, 마그네슘, 칼륨 등의 염기가 쉽게 빠져나가 산성화되기 쉬우며, 수분과 양분의 보유력과 자정력을 갖게 하는 유기물도 잘 빠져나가게 되므로 자정능력을 갖추기 어려운 형편이다. 게다가 다른 나라에 비하여 급속도로 이루어진 산업개발과 도시화로 인하여 경작지와 산림 지역이 감소된 것은 토양오염을 더욱 앞당기게 된 요인인 것이다. 이와 같은 현실을 개개인이 직시하는 것이 토양오염을 막는데 중요하기 때문에 토양오염 방지에 대한 교육과 홍보가 무엇보다도 필요하다.

(2) 생태자원의 지속성 확보

인간의 생활에 필요 불가결한 재화와 서비스는 유전자, 종, 개체군(populations), 생태계의 다양성(variability)에 의존하고 있으며, 생물자원은 인간에게 의·식·주와 의약품 및 정신적인 자양분을 제공한다.

지구상의 생물다양성은 대부분 숲, 사바나, 초원, 방목지(rangelands), 사막, 툰드라, 강, 호수, 바다 등 자연생태계에 포함되어 있으나, 논, 밭 등 농경지 역시 생물다양성의 저장소로서 매우 중요한 역할을 한다. 또한 유전자은행(gene bank), 식물원, 동물원 및 배형질 저장소는 그 규모는 작지만 중요한 역할을 한다. 최근의 생물다양성은 주로 인간활동의 결과로서 감소되고 있으며, 이는 인류의 생존 및 발전에 심각한 위협요소로 작용할 것이다.

생태환경도시에서는 이러한 생태자원의 중요성을 바탕으로 당해 지역내 생물자원뿐 아니라 인근 지역에 있는 생물자원에 대한 보호대책을 수립하여 생태자원의 지속성을 확보하고자 하는 배려

가 필요하다.

가. 보전가치가 있는 동식물의 존재 파악 및 보호대책 수립

생물자원은 지속적인 이익을 창출할 수 있는 커다란 잠재적인 가치를 지닌 자산이므로 생물자원의 지속가능한 관리 및 이용을 위하여 유전자, 종, 생태계를 보존하고 유지하기 위한 노력이 필요하다.

생태계의 현지내(in-situ)보호와 생물 및 유전자원의 현지외(ex-situ)보전 그리고 생태계 기능의 향상을 위해서 효과적인 지역간 협력이 필요하다. 따라서 지역사회의 참여와 지원은 이러한 접근방식의 성공을 위하여 매우 중요한 요소이다.

2001년 11월 우리나라의 천연기념물은 동물 63종, 식물 219종, 광물 37종, 천연보호구역 10개 지역이 선정되어 있다.

환경부에서 지정한 보호야생동식물은 총 151종으로 포유류(7종), 조류(46종), 양서·파충류(4종), 어류(7종), 곤충류(14종), 무척추동물(21종), 식물(52종)이고 멸종위기 야생 동식물은 포유류(10종), 조류(13종), 양서·파충류(1종), 어류(5종), 곤충류(5종), 무척추동물(3종), 식물(6종) 등이다.

생태환경도시 조성시 이러한 보존가치가 높은 야생동식물의 서식처나 보존가치가 있는 지역은 가급적 배제함을 원칙으로 하고, 포함할 경우 보존대책을 수립하고 생태학습장 등으로 활용할 수 있는 방안을 마련하여야 한다. 또한 생태환경도시에서는 보존가치가 큰 야생동식물뿐 아니라 우리 주변에서 흔히 볼 수 있는 생물자원에 대한 배려도 필요하다.



〈근린공원내 노거수 보존〉

나. 생물다양성의 보전

생태환경도시에 있어서 생물다양성의 보전과 생물 및 유전자원의 지속적인 이용을 위한 전략을 식량과 농업에 있어서 육생, 수생 생물 및 유전자원의 중요성에 특히 유념하여 관련부문, 또는 종합계획, 프로그램 및 정책에 반영하여야 한다.

생물자원의 보전 및 이용에 중요한 생물다양성 구성요소의 확인, 생물 및 유전자원에 대한 가치부여, 생물다양성에 심각한 영향을 미치는 사업규명, 생물다양성의 보전과 생물 및 유전자원의 지속가능한 이용에 대한 경제적인 가치평가, 그리고 사업의 우선순위를 결정하기 위한 연구가 필요하다.

또한 생물다양성의 이용, 관리 및 증가를 위한 농업, 농림업, 임업, 방목지(range) 및 야생 생물 관리와 같은 전통적인 방법과 같이 지속가능한 생산체계의 증진을 포함하여 생물다양성의 보전과 생물자원의 지속가능한 이용을 촉진시킬 수 있는 효과적인 계획 및 정책이 필요하다.

야생종, 재배종 및 배양종을 포함하여 중요한 육생종과 수생종의 생식력과 생물에 관하여 생산품, 환경적 서비스와 지속가능한 개발을 지탱해주는 다른 가치를 창출해 내는데 있어서 생물다양성의 중요성에 대한 장기 연수착수 즉, 새로운 관찰 및 조사기법, 생물다양성과 지속적인 진화에 필요한 생태학적 조건, 사회적 행동 및 영양섭취습성의 자연생태계에 대한 의존성 등 이러한 작업은 지역주민과 지역사회의 광범위한 참여하에 수행되어야 한다.

생태환경도시에서는 각종 교육기관의 운영을 통해 도시의 특성을 활용한 생물다양성의 보전과 생물자원의 지속가능한 이용과 관련된 과학, 기술분야의 훈련된 인력을 양성하는 노력도 필요하다.