

Working Paper 99-37

# 에너지의 안정적 공급을 위한 국토계획

김 종 달

(경북대학교 경제학과 교수)

국 토 연 구 원

## 차 례

<b>제1장 지속가능한 발전과 에너지미래</b>	
1. 기후변화 .....	7
2. 기술경제구조 변화 .....	9
3. 에너지 전환 .....	11
4. 한국 에너지부문의 여건과 전망 .....	13
<b>제2장 에너지의 수급과 연계된 국토계획</b>	
1. 연계방향 .....	15
2. 주요 연계내용 .....	16
1) 에너지이용 효율성이 반영되는 국토계획 .....	16
2) 에너지계획과 국토계획과 호순환관계 모색 .....	17
3) 에너지체제와 국토공간체제가 동시에 상호 감안된 합리적인 정책개발 .....	18
4) 에너지흐름과 연계된 공업단지, 도시개발모형(micro model)개발 .....	18
5) 해외추세 .....	18
3. 열공급과 국토계획의 연계 .....	18
1) 열공급곡선(Heat Map) .....	19
2) 열에너지와 국토계획 연계 .....	20
4. 석유, 원자력시대의 쇠퇴와 재생에너지 도래 .....	21
<b>제3장 에너지효율적인 토지이용체계</b>	
1. 에너지와 토지이용의 연계 .....	23
2. 에너지효율적인 토지이용 .....	24
1) 건물에너지효율적인 토지이용계획 .....	24
2) 수송에너지효율적인 토지이용계획 .....	25
3) 산업에너지효율적인 도시계획 .....	27
<b>참고문헌</b> .....	<b>30</b>

## 표 차례

<표 1> 주요 에너지 경제지표 .....	13
<표 2> 동경도의 미이용 에너지 부존량 현황 .....	28

## 제1장

# 지속가능한 발전과 에너지미래

환경적으로 경제적으로 지속가능한 발전을 실현시키고자 하는 전세계적인 노력의 결실에 결정적인 영향을 미칠 요소로 3가지를 꼽을 수 있다. 첫째, 기후변화문제 (climate change)를 다룰 국제협약과 대응책들, 둘째, 에너지 저소비와 탈원료집약적인 체제로 진행 중인 기술경제의 재구조화(techno-economic restructuring), 셋째, 친환경적이고 분산형인 에너지로의 전환(energy transition) 등이다.

이러한 요소들이 어떻게 구성되어가느냐에 따라 지속가능한 방향으로 흐를 수도 있고, 그렇지 않을 수도 있다. 현 시대는 지구적, 국가적, 기업 차원에서 주요한 교차로에 서 있다. 본 논문에서는 지속가능한 발전의 미래를 달성할 수 있는 전략으로서의 에너지미래를 국토공간에 고려할 수 있는 방안들을 제시한다.

### 1. 기후변화

기후학자 샹레톤이 지적했듯이, 산업혁명이후 계속된 온실가스(GHGs) 배출은 “과거 500,000년 동안 인류가 경험해보지 못했던 새로운 자연으로” 우리를 내몰고 있다. 연간 분자 무게로 220억톤이 넘는 온실가스 방출이 지구기후를 결정하는 대기의 기본 화학성분을 변화시켜 버린 것이다. 실제 지구생명에 관계되는 대기권의 크기는 지구 크기 비해 1/250에 불과한 작은 것이다. 은하수가 반짝이는 무한한 하늘이 아닌 것이다.

온난화 추세가 21세기에다 계속된다면, 평균 지구 표면 온도의 2-4℃ 상승과 해수면은 45-90cm 상승으로 인해 홍수, 폭풍, 해일로 인한 피해의 확산, 질병의 급속한 증가 그리고 식량생산의 감소 등 생태계와 사회경제적 분야에 돌이킬 수 없는 인류 최악의 지구환경문제로 직면할 것임을 경고하고 있다(IPCC, 1996b).

이것은 환경적인 관심뿐만 아니라 사회, 경제적으로 주요한 이슈가 되고 있다. 세계

공동체는 일본 교토 제3차 당사국총회에서 세부적인 90년 수준의 평균 5.2% 감축의무 목표에 처음으로 합의했다(부록 1 참조). 감축목표는 실질적으로 온난화를 일으키지 않으면서 기후를 안정시키는데 필요한 IPCC 지표 수준(이산화탄소 60%이상 삭감, IPCC, 1996a)보다 매우 낮아 지속적인 규제 강화가 뒤따를 것이다.

교토의 CO<sub>2</sub> 감축목표가 IPCC에 의해 설정된 기준치에 따라 조정된다고 하더라도, 그 감축목표를 달성하기 위해서 부속서 I 국가들은 매우 큰 규모의 실천을 필요로 한다. 즉, 이미 변화하고 있는 기술, 경제구조의 변화가 부속서 I 국가를 중심으로 전면적으로 재촉될 것임을 예측할 수 있다. 예를 들어 2010년까지 미국 에너지부의 국가 CO<sub>2</sub> 배출 전망에 따르면 교토에서 정한 미국의 감축목표를 충족시키기 위해 배출량을 30% 감축해야 하는 것으로 나타나고 있다. 교토의정서에 채택된 목표를 충족시키기 위해서는 에너지 공급방식, 산업의 생산과 수송에 큰 변화를 가져올 것으로 예상되고 있다(Byrne, 1998).

1998년 11월 부에노스아이레스 열린 제4차 당사국 총회에서는 유연성체제(배출권거래제도, 청정개발체제, 공동이행)의 운영을 위한 방안을 개도국에 대한 기술이전, 재정 지원, 개도국 보상 등과 병행하여 2000년까지 완료하기로 합의했다. 아르헨티나, 카자흐스탄 등이 개도국의 자발적참여 의무부담을 표명하면서 우리나라에게는 더세질 압력을 예고해 주는 새로운 상황이 전개되었다.

한국도 경제규모가 세계 11위이며 에너지소비증가율이 5위에 달하여, 이산화탄소 배출량이 1995년에 1억TC를 넘어 온난화문제를 야기시키는데 주요한 국가임을 세계가 알고 있다. 독일 일간 '베를리너모르겐 포스트지'는 기후변화협약 총회가 열리고 있는 부에노스 아이레스발 기사에서 지난 90~96년기간동안 한국이 세계에서 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 방출량 증가율이 가장 높은 국가(75%, 세계평균 약 7%)라고 보도하였다.

기후변화협약의 온실가스 감축의무와 유연성체제의 활용은 화석연료사용 집약국가인 우리의 경제전체와 기업의 활동에 결정적인 영향을 주는 변수로 작용할 것이다. 국가와 기업은 에너지절약과 효율성제고를 통한 비용절감과 비즈니스 기회의 포착은 온실가스저감이 아니더라도 경쟁력 제고 차원에서 주요한 전략이 될 것이다.

특히, 철강, 금속, 석유화학, 시멘트 등과 같은 에너지 다소비업종은 생산량 단위당 온실가스 배출량이 향후 경쟁력을 결정짓는 요소로 작용하게 될 것이므로, 국가적인 에너지관리체제를 도입할 필요성이 높아졌다. 다른 한편으로는 에너지절약, 효율개선 및 컨설팅, 온실가스 저감 및 처리 기술, 신재생에너지 관련 제품과 기술시장이 21세기 벤처산업으로 각광받게 될 것이므로 기회를 찾는 노력에 유리한 입장을 가지게 되었다.

## 2. 기술경제구조 변화

지금까지 세계는 에너지 집약적이고 중공업에 기반한 성장전략에 의존해왔다. 그러나 기술은 대규모, 중앙집중적 생산공정에서 상대적으로 적은 원료를 필요로 하는 모듈방식으로 급속히 변하고 있다. 사회는 전통적인 기존의 경로를 그대로 따라갈 것인가 아니면 고기술과 세계화 추세에 동참하기를 바라는지를 결정해야 한다. 그러한 결정은 장기와 단기에 사회적, 경제적, 환경적으로 중요한 함의를 가질 것이며, 불평등으로 특징되는 세계 발전을 더욱 심화시킬 수 있다. 부유한 북측 국가들은 중공업과 고기술 사이에서 선택할 수 있지만, 선택의 여지가 거의 없는 가난한 남측 국가들은 시장을 위축시키는 사양산업을 물려받을 수밖에 없는 처지에 있다.

대부분의 에너지 분석가들은 21세기 중반쯤 화석연료에서 벗어나는 현저한 에너지 전환이 있을 것으로 전망한다. 예를 들어, 셸석유회사(Shell Oil International)는 2020-2030년부터 세계경제에 의한 화석연료 사용이 감소할 것이라는 예측을 최근에 발표했다. 세계 에너지 소비가 꾸준히 증가할 것으로 전망하는 낙관적인 “지속적 증가” 시나리오<sup>1)</sup>에 의하더라도, 신재생 에너지 기술이 2020년 이후 에너지 소비의 거의 모든 증가분을 공급하는 책임을 맡을 것으로 보인다. 가장 중요한 “탈물질화 시나리오”에서, 셸석유회사는 세계 기술 리더십이 더 가벼우면서도 훨씬 강력한 원료(광학섬유, 세라믹, 합성물, 기타 경량물질)로, 그리고 원료를 정보(예를 들면, 데이터 고속도로와 CAD)로 대체하는 방향으로 점차적으로 나아갈 것으로 보고 있다. 이 시나리오 하에서, 기업들은 중공업이 쇠퇴하고 “훨씬 더 낮은 에너지 투입을 필요로 하는 기술 시스템”에 의해 대체될 것으로 보고 있다. 탈물질화 시나리오에서, 세계경제는 현저히 성장하더라도, 세계 에너지 수요증가는 거의 없을 것으로 예상하고 있다.

셸석유회사의 보고서와 유사한 형태의 미국 보고서가 미국 에너지효율적 경제 연구회(American Council for an Energy-Efficient Economy: ACEEE)가 주도하는 에너지 연구조직에 의해 1997년 발표되었다. 세계 예측은 미국가스협회와 다른 단체들이(ASE, 1992) 실시한 1992년 초반 연구에 토대를 두고 있다. 1997년의 ‘에너지 혁신’ 보고서에서, ACEEE도 기술추세에 따라 전통 산업 공정이 저에너지와 저원료에 기반한 산업 공정으로 대체되고 있음을 지적한바 있다. 그들의 예측에 따르면, 미국 경제는 현재의 비율로 계속 성장할 것이지만 에너지 소비는 2030년까지 매년 8% 줄어들 것으로 보고 있다. 21세기 중반쯤 증가할 것으로 예측된 유일한 에너지원은 신재생에너지이다. 셸석유회사의 보고서와 비슷한 ACEEE의 분석, 그리고 다른 분석에 따르면,

1) 석유산업의 입장에서 볼 때 “낙관적”이다.

거의 모든 부문의 경제성장이 원료를 적게 소비하는 고기술 분야에서 발생할 것으로 예상된다. 미국이 보고서에서 제시한 기술혁신 경로를 따른다면, 경제적으로 유해한 영향을 미치지 않으면서 CO<sub>2</sub> 배출량이 2030년까지 1990년수준의 반 이상으로 삭감될 것이다. 이러한 점에서, 미대통령 자문 위원회는 교토의정서가 요구하는 CO<sub>2</sub> 감축을 달성하는데 드는 비용에 관한 연구를 발표했다(Yellen, 1998). 그 연구는 미국이 현재 비용효과적인 고에너지효율성과 신재생에너지 기술을 이용하는 것을 곧 실천한다면, 비용을 최소화할 수 있을 것으로 결론내리고 있다. 실제로 미국의 비용은 연간 일인당 70-100달러에 이를 것으로 전망된다.

교토 기후변화 협상에서, 일본의 대학과 연구소로 구성된 과학팀은 Shell과 ACEEE의 보고서와 일맥상통하는 국가경제에 대한 새로운 비전을 밝혔다. CASA(Citizens' Alliance to Save the Atmosphere)의 1997년 보고서에서는 에너지와 산업 정책과정에 변화가 없다면, 일본의 CO<sub>2</sub> 배출량이 2010년까지 1990년 수준 대비 25% 증가할 것으로 예측하고 있다. 보고서는 현재 비용효과적이지만 시장진입과 정보장벽에 직면하고 있는 91개의 고효율기술을 보급시킬 수 있을 것인가에 대한 가능성에 대해 논의하고 있다. 이러한 장벽들이 제거될 때, 세계에 가장 효율적인 경제가 2010년에 CO<sub>2</sub> 배출량을 9% 줄일 수 있을 것으로 예측하고 있고(1990년 수준 대비), 경제적 성과를 개선시키면서 이러한 감축을 달성할 수 있다는 것이다. 일본의 전문가그룹은 Shell의 보고서에 수긍하면서, 91개의 고효율기술의 보급과 관련해 산업 구조조정의 영향을 고려하고 있으며, 경제의 성과를 개선시키면서 국가의 CO<sub>2</sub> 배출량을 21% 삭감할 수 있을 것으로 결론내리고 있다.

이러한 세 연구는 공통의 메시지를 가지고 있다: 세계와 국가경제는 에너지와 원료 집약적인 성장에서 신재생에너지와 에너지 효율성이 두드러지게 상승하는 쪽으로, 에너지부문 탈물질화로 인해 전통적인 에너지 집약적인 원료(예를 들어, 강철, 시멘트, 석유화학 관련 제품)에 대한 수요를 감소시키는 생산쪽으로 이동하고 있다. 물론 이러한 연구들은 미래의 가능성과 당위성에 대한 가정과 신념에 토대를 두고 주의깊게 분석된 것이다. 그러나 예측과 관련해서 불확실성이 있다하여 이러한 연구가 세계 공동체, 특히 한국과 같은 국가에게 주는 강력한 함의가 희석되지 않는다. 이런 예측들이 옳으면, 사회에 미치는 비슷한 영향이 더욱 극적일 것임은 확실하다. 이것은 탈물질화로 야기된 딜레마에 빠져있는 개도국에게는 특히 사실이다. 한편, 개도국은 급속한 경제성장은 보장되지만 환경악화와 경제쇠퇴를 물려줄 가능성이 높은 중공업을 수입할 수밖에 없는 입장에 처해있다. 또한 개도국이 고기술산업 부문으로 진입하는데 선진국이 진입을 저지하지 않더라도 매우 높은 자본설비비용 때문에 고기술산업에 진입하기는 어려울 것이다.

### 3. 에너지 전환

지속가능한 발전을 위해 『신재생에너지와 에너지효율』을 제고시키는 방안이 매우 중요한데, World-watch의 보고서에 의하면 이러한 신재생에너지와 에너지 효율적 산업에 3,500억불을 투자하게 되면 1조 7,500억불의 수익을 달성 할 수 있다. 즉, 1 달러 투자로 발전소를 적게 지음으로 5달러를 거둬들일 수 있는 경제적 이익이 아주 큰 투자라 할 수 있다.

개발도상국의 경우 100억불을 투자할 때 530억불 이득을 볼 수 있는 것으로 나타나는데 발전소를 더욱 적게 지어도 되기 때문에 신재생에너지와 에너지효율투자는 경제성이 있음을 알 수 있다. 전력 한 단위 생산하는데 있어 한국과 미국 등의 OECD국가와 비교해 보면 35%정도의 에너지를 더 소비하는 것으로 나타나고 있는데 이는 한국이 더욱 에너지 비효율적인 경제체제임을 보여주고 있다.

발전 비용 측면에서 볼 때 1980~2030년까지 신재생에너지 분야의 1KW/H당 발전 비용을 비교해 보면 풍력발전소의 경우 32¢(1980년)에서 5¢(2000년)로 비용단가가 떨어질 것으로 보이고, PV(태양전지)의 경우에도 339¢(1980년)에서 10¢(2000년)로 떨어질것으로 전망된다. 이는 신재생에너지의 비용단가가 앞으로 급격히 감소할 것을 보여준다.

<부록 2>는 국토계획차원에서 매우 중요한 그림이다. 에너지효율성과 신재생에너지로의 전환을 위해서는 에너지시스템의 변화가 반드시 필요하다. 이러한 에너지시스템의 변화는 컴퓨터산업의 경우와 아주 유사하다. 50년전 컴퓨터는 규모의 경제를 위해 자꾸만 대형화되는 경향이 있었는데, 오늘날에 이르러서는 아주 특별한 목적이 아니면 개인용 PC를 분산 이용하거나 지역네트워크와 연결하여 사용하고 있습니다. 오늘날 에너지 시스템에서도 이와 유사한 변화가 일어나고 있다.

이 그림에서 볼 때 과거나 현재의 경우 각 가정주택과 산업지역을 연결하는 전력 송·배전시스템은 원자력, 석탄, 석유의 대형발전소와 이를 연결시킨 송배전망을 이용하여 규모의 경제를 추구해 왔다. 대개 석탄화력발전소의 규모는 600~800MW, 원자력발전소의 경우 1000MW로 규모의 경제를 위해 자꾸만 대형화되었다. 그러나 요즘은 신재생에너지와 에너지효율성을 이용하여 규모가 훨씬 적은 150MW 발전소로도 훨씬 저렴하게 전력을 발전-송-배전할 수 있게 되었다.

대형 컴퓨터로는 다양한 각 개인의 목적에 부합하는 시스템을 맞출 수가 없었으나, 개인용 PC의 경우 각 개인의 필요에 따라 시스템을 바꾸기도 하고 자기 목적에 따라



변화시킬 수 있어 유용하게 사용할 수 있다. 마찬가지로 에너지도 규모가 적어지면 경쟁도 치열해지고, 단가도 낮아지고, 에너지수요목적에 맞게 에너지체제를 구성할 수도 있고, 또한 시스템 규모를 다양한 형태로 바꿀 수도 있다.

이러한 분산된 전력기술은 경제적 이익이 높을 뿐만 아니라 경제적 효율성으로 인해 발전단가도 낮아지고 있다. 또한 환경에도 영향을 덜 주고, 고용창출효과도 높고 벤처기업으로서의 역할도 가능하다. 분산된 기술인 PV DSM(태양광전지 수요관리)은 위에서 언급한 세 가지 기술을 통합한 체제의 대표적 예라 할 수 있습니다. 미국의 태평양가스전력회사가 PV DSM를 시뮬레이션한 결과를 예로 들어 보면 상업용 건물에 태양광전지를 설치하여 축전한 다음 건물자체의 전력 소비를 하고 남은 부분을 송·배전망을 통해 전력회사로 재판매하는 체제이다.

미국의 에너지 부문에서는 지금 현재 많은 변화가 일어나고 있다. 현재의 중앙 집중식 전력공급시스템하에서는 대규모 발전소가 90%인데 반해 신재생에너지는 10%를 차지하고 있습니다. 그러나 2020년기준 (중간계획)으로 분산된 전력 공급시스템하에서는 50 대 50 (대규모 발전소 대 신재생에너지)으로 전환할 계획이다. 이러한 점에서 볼 때 앞으로 에너지 체제의 급격한 변화 및 계획이 이루어질 것으로 전망된다.

지속가능한 미래의 달성에 실마리가 되는 재생가능한 에너지로의 전환은 단순한 기술, 에너지원의 전환이 아닌 우리 사회경제체제의 전반적인 전환으로 이해해야 한다. 역사적으로 첨단기술의 발전은 에너지사용과 결부되어 있고 이들 에너지기술복합체의 뒤에는 동일한 형태의 사회경제조직체가 존재한다. 그래서 에너지시스템의 전환이 일어날 때 사회경제도 크게 변화한 사실을 알 수 있다. 제2차 에너지혁명인 동물, 물, 바람 등의 유기에너지(organic energy)에서 석탄과 석유의 기계에너지(mechanical energy)로의 전환은 농경사회를 산업사회로 변화시킨 사실을 알 수 있다. 지난 70년 두 번에 걸친 석유위기, 90년대 중동전쟁 뿐만 아니라 지구온난화, 산성비, 오존층 파괴 등과 같은 지구환경위기를 통해서 우리는 국가로서, 지구인으로서 우리 생활과 우리 사회의 사회경제구조와 생태계를 유지시키는데 있어 에너지가 매우 중요한 역할을 해왔다는 사실을 느끼게 되었다.

에너지에 대한 인식이 점점 증가함에 따라 19세기의 석탄과 20세기의 석유와 같은 새로운 에너지원의 개발과 산업혁명과 같은 우리 사회의 근본적 변화간의 관계를 검토해야 한다. 또한 석유와 천연가스 보유고의 고갈이라는 불가피한 결과로 나타난 새로운 에너지 기술의 변천이 사회구조의 근본적인 개조를 가져올는지, 아니면 신재생 에너지로의 전환을 위해 사회경제구조를 어떻게 변화시켜야 할 지를 깊이 생각해야 하고 대비해야 할 것으로 본다. 아마도 우리에게 당면한 최대 과제가 아닌가 싶다.

## 4. 한국 에너지부문의 여건과 전망

우리나라는 경제성장 및 생활수준의 향상과 함께 에너지 소비가 지속적으로 증가하여 세계 제11위('92)소비국으로 부상하고 있다. 특히, '80년대 후반부터 소비가 두자리수로 증가하여 경제성장을 크게 상회하였으며, '92년의 경우 세계 제 2위의 소비증가율을 기록하였다. 급속한 산업화에 따른 에너지 소비의 급격한 증가 (매 10년마다 2배 이상 증가)로 '96년 현재 165.2백만 TOE에 이르고 있다. 1인당 에너지 소비는 3.63TOE로 주요선진국에 비해 여전히 낮은 수준으로 에너지 소비가 더욱 증대할 여지가 큼을 시사하고 있다.

이러한 에너지 소비의 급격한 증가는 에너지 해외의존도를 지속적으로 증가시키고 있으며 1970년대 2차세계의 석유위기 때보다도 악화된 에너지 수급구조를 보이고 있다. (표 1)에서 보듯 '96년 에너지 수입의존도는 97.8%를 기록했으며, 총 에너지 수입액은 143억불('90년도)로 우리나라 전체 수입액의 17.5%를 차지하고 있어 에너지 자립도의 약화에 따른 에너지 안보 취약성에 대한 우려가 증대되고 있다. 특히, 중동지역에 대한 에너지 의존도가 52.9%(석유 중동의존도 76.5%)로 지역적인 편중현상이 심화되고 있다. 석유류 소비가 '85년 이후 연평균 15%수준의 높은 성장세로 석유의존도도 '95년 62.5%에서 '96년 60.5%로 급신장하였다.

&lt;표 1&gt; 주요 에너지 경제지표

		1980	1985	1990	1994	1995	1996	연평균 증가율(%)	
								81-90	91-96
GDP(10억원, '90불변)		-	111,330	179,539	236,375	257,501	275,850	9.37	7.42
인구(천명)		38,124	40,806	42,869	44,642	45,093	45,545	1.18	1.01
에너지소비 (천TOE)	1차	43,911	56,296	93,192	167,235	150,437	165,209	8.2	10.0
	최종	37,597	46,998	75,107	112,206	121,850	132,033	7.2	9.8
1인당 에너지소비(TOE)		1.15	1.38	2.17	3.09	3.35	3.63	7.2	8.9
석유(백만 BBL)		182.1	189.2	356.3	-	677.2	-		
석유의존도		(61.1)	48.2	53.8	-	62.5	60.5		
전력(천GWH)		32.7	50.7	94.4	-	-	-		
수입의존도	원자력포함	73.5	76.2	87.9	96.4	96.8	97.8		
	원자력제외	71.6	68.8	73.7	85.7	85.6	86.1		
에너지 가격지수		71.7	100.0	70.9	-	-	-		
에너지원단위(TOE/백만원)		0.56	0.51	0.52	0.58	0.58	0.60	-0.74	2.41
에너지 탄성치		-	0.63	1.48	-	1.34	1.49		
에너지수입액(억불)		55.2	124.6	143.3	-	-	-		

자료: 에너지경제연구원

CO<sub>2</sub> 배출량도 매년 9.1%로 증가하여 일인당 배출량은 1990년 1.52 탄소톤에서 1997년 2.74 탄소톤으로 크게 증가하여 일본수준과 비슷해지고 있다. 이것은 작은 수치가 아니라 프랑스, 이탈리아 등과 같은 선진국과 비슷한 수치이다.

1997년 기준으로, 한국의 이산화탄소 배출의 43.4%가 산업부문에 기인하고 있고, 다음으로 전력부문과 수송부문이 각각 22.3%, 17.3%를 차지하고 있다. 전력부문과 산업부문의 이산화탄소 배출이 2020년까지 꾸준히 증가할 것으로 전망된다.

## 제2장

# 에너지의 수급과 연계된 국토계획

### 1. 연계방향

산업공단, 신도시 건설, 교통계획, 사회간접자본확충계획과 같은 국토이용계획은 에너지이용과 공급의 기본 패턴에 중요한 영향을 미치는 요인이다. 그럼에도 불구하고 기존 국토계획에서 에너지의 효율적인 공급 및 이용이 미흡하게 다루어졌다. 에너지 공급 설비계획을 국한되었고 그것도 제한된 특정 설비 지점을 잡아주는 정도였고 에너지 이용의 효율성은 선언적인 의미만 가지고 있었다. 에너지계획에서도 국토계획은 고려되지 않았다.

앞으로는 여러 가지 다양한 형태의 에너지원이 공급될 것이며, 특히 연료전환(energy transition)까지 일어나 재생에너지의 대폭적인 확대가 예상되어, 특정 지역에 집중적으로 배치되는 기존 에너지공급설비와는 대조될 것이다. 여러 지역에 중소규모로 분산적으로 도입될 수 있도록 공간계획에 배려하는 것이 중요할 것이다. 또한 에너지수요를 근원적으로 절감할 수 있는 국토계획의 필요성이 검증하고 있다. 근원적인 에너지 절약기반의 구축은 범지구적 환경규제와 지속가능한 경제성장, 국가 에너지안보 능력제고를 동시에 달성할 수 있게 하고, 장기적으로 주요한 파급효과를 지난 정책과제임에 틀림없다.

공단 및 산업의 배치, 도시개발 등 국토개발사업이 에너지절약형으로 추진되도록 하거나 국토계획에 부합되는 에너지공급체계의 구축(안정적 공급)을 가능토록 하기 위하여 에너지와 국토개발계획이 초기단계부터 동시에 고려되는 것이 중요하다. 에너지 분야를 교통 및 국토개발정책의 지침으로 활용하여 에너지수요를 근본적으로 줄일 수 있는 기반을 마련하고 안정적인 공급체계를 갖추는 것은 21세기 세계화, 정보화 및 지구환경규제는 물론 통일에 대비한 바람직한 에너지국토공간 형성에 기여할 것이다.

따라서, 장기적인 국토개발 및 이용계획에 있어 에너지의 수요와 공급이 반영되도록

록 하여, 근원적인 에너지절약과 효율적인 에너지공급이 가능하도록 하는 기반구축을 하는 것이 국가과제이다.

#### 투자자원부족의 경감

에너지수요의 급격한 증가에 따라 공급시설을 단기간에 집중적으로 건설하려면 막대한 투자비가 소요되어 재원조달에 어려움이 발생할 수 밖에 없다. 이러한 이유는 에너지산업은 사회간접자본시설로서 초기에 투자비가 집중적으로 필요하고 투자비회수는 장기간 걸리는 특성을 지니고 있기 때문이다. 에너지 공급시설의 신·증설에 필요한 자본은 도로, 철도, 주택 등의 사회간접자본의 건설과 맞물려 있다. 또한 IMF 경제 위기로 인해 투자재원 조달의 어려움은 더 심해졌다.

#### 국제환경규제 심화

에너지의 생산과 소비는 대형환경사고, 수질오염, 대기오염, 방사능 물질, 오존층 파괴 및 기후변화 등과 같은 주요한 환경문제와 깊이 연관되어 있다. 그 중에서도 석탄, 석유 등의 화석연료가 내뿜는 연기는 계속해서 공기를 오염시키고 있다. 특히, 이산화탄소의 배출은 우리의 경우 2000년의 제6차 기후변화협약(COP6)을 시발점으로 구체적인 배출규제가 시작될 전망이다. 에너지의 효율적인 사용과 에너지 효율적인 제품의 생산이 근본적인 대책이다.

#### 입지문제의 심화

발전소, 저장소 등과 같은 에너지시설은 오염물질을 배출하는 혐오시설로 인식되어 주민에 의해 기피되고 있다. 지방자치화가 더욱 진행될수록 입지확보의 어려움은 심화될 것으로 예상된다.

심화되는 국제경쟁 및 환경문제에 대비하기 위해서는 에너지의 효율적인 사용이 매우 중요한 과제로 부각되고 있으며 이러한 에너지효율성제고는 근본적으로 국토공간의 효율적인 구성에 달려 있으므로 효과가 장기에 나타나고 많은 부문에 연계되어 추진이 어려운 과제이더라도 시급히 추진되어야 하는 상황이다.

## 2. 주요 연계내용

### 1) 에너지이용 효율성이 반영되는 국토계획

에너지의 효율적사용은 일과성으로 끝나는 소비억제정책이 아닌 에너지 사용기구나

경제공간구조자체가 효율적인 형태로 변형, 개발되어야 가능하다. 특히, 에너지 절약적이고 에너지공급체계와 연계된 산업, 상업시설 및 주거공간의 효율적 배치는 에너지환경문제는 물론 교통수요문제를 근본적으로 줄일 수 있는 유일한 방법이다. 고효율 에너지 사용기기도 단열이 잘 안된 건물일 경우 효과가 반감되듯 개별건물의 효율성이나 자동차연비의 향상도 효율적인 국토공간구조가 이루어지지 않으면 효과가 매우 제한적이다.

기존 국토개발은 수요증가에 따른 물적, 양적 시설의 공급에 치중되었으며 사전에 에너지수요와 수송수요를 줄이는 차원의 접근에는 소홀 하였다. 또한 특정 공간특성(산업, 상업주거 등)에 적합한 에너지공급시스템과의 연계가 이루어지지 않아 비효율이 발생했다. 향후 21세기에 예상되는 지속적인 경제성장을 위한 도시, 공업단지개발을 위한 국토공간소요가 방대할 것으로 예상됨에 따라 인적, 물적자원의 흐름을 더욱 더 효과적으로 지원하기 위한 국토공간 및 수송체계의 구성이 요청된다. 에너지이용의 효율성이 근본적으로 고려될 수 있는 국토계획에 관한 고려내용은 아래와 같다.

#### <국토계획이 부문별 에너지수요 결정요인에 미치는 영향 분석>

즉, 산업, 수송, 가정, 상업부문의 에너지소비 영향

- 산업부문: 산업배치, 공단
- 수송부문: 수송체계 및 교통수단
- 가정, 상업부문: 도시형태, 주택단지 및 상업지구, 건물

#### 2) 에너지계획과 국토계획과 호순환관계 모색

공업용지 확대공급계획(산업배치계획)과 물류의 원활한 유통산업의 발전을 촉진하기 위하여 권역별 대규모 유통시설단지를 조성할 계획이 있는데 이러한 산업시설 및 물류의 흐름과 에너지흐름과의 조화는 국가적인 효율성을 증대시키기 위해서는 주요한 과제가 된다.

#### <에너지수요공급 흐름과 국토계획과의 연계분석>

- 에너지공급처: 정유공장, 발전소(열병합포함), 가스인수기지, 지역난방,
- 에너지공급 입지(항만, 수입기지, 비축기지)에 대한 여건과 국토계획의 연계

### 3) 에너지체제와 국토공간체제가 동시에 상호 감안된 합리적인 정책개발 (macro planning)

- 중장기 국토개발수요를 파악하고, 에너지공급거점 및 네트워크거점과의 연계 아래서 에너지절약형 국토개발정책 연구. 통신(telecommunication)개발도 고려된 국토개발수요 파악.
- 국제자원정세, 국내의 경제, 지리적 특성을 감안하여 최적의 에너지공급체제 구축 방안을 강구.
- 북한을 포함한 북방지역과의 경제 및 자원협력 확대를 감안한 21세기 대비.

### 4) 에너지흐름(특히, 열흐름)과 연계된 공업단지, 도시개발모형(micro model)개발

- 열의 효율적이용을 위한 산업구성(industrial mix).
- 열병합발전, 폐열이용 등과 연계된 공업단지개발모형
- 열병합발전, 쓰레기소각로 등과 연계된 적정 토지이용계획모델(Enerpolis Land Use Planning)
- 계획의 실질적인 수행에 관련된 에너지, 교통통신, 국토개발 및 환경 등 다양한 관련정부기관과 민간기구 참여(Interdisciplinary 접근).

### 5) 해외추세

영국, 프랑스, 네덜란드 등과 같은 주요 유럽 선진국에서는 이 분야에 관한 실행이 활발히 진행중에 있으며 이미 정책에 반영되고 있는 상황이다. 특히, 환경문제와 맞물려 효율적인 국토공간을 구성하기 위한 구체적인 노력들이 최근 들어 더욱 활발히 전개되고 있다.

국토공간이 넓은 미국을 비롯한 북미국가들은 유럽과는 같이 전 국가를 대상으로 공간구성을 시도하기보다는 개별 도시를 대상으로 한 정책이 주요내용이었음(예, compact city). 최근 들어 정보화사회로 진행됨에 따라 전국을 대상으로 한 연구가 진행 중에 있으며, 에너지정책법(EPA)에 따라 에너지부가 교통부와 절약형 국토공간정책의 잠재비용, 편익에 관한 협의가 진행되어 오고 있다.

### 3. 열공급과 국토계획의 연계

#### 1) 열공급곡선(Heat Map)

산업지역과 주거 및 상업지역내에서 독립적으로 1차에너지를 이용하여 각 용도에 적합한 2차에너지를 발생시키는 과정에서 각 공정에 따라 필연적으로 여러종류의 형태와 온도수준의 폐열이 발생되고 있다. 에너지효율적인 국토계획의 일환으로서 이와 같은 발생 폐열을 조사분석하여 각종 폐열수준에 따른 열에너지 연계모델의 개발을 통하여 에너지 이용효율을 극대화할 수 있다.

화석연료의 산화를 통해 고온에서 방출되는 화학에너지는 기초 물리법칙에 따르면, 직접적, 혹은 간접적으로 역학적 에너지, 혹은 전기에너지로 바뀐다. 그러한 전환과정의 필연적인 부수효과로 열역학에너지의 연속적인 흐름은 환경에 소실된다. 저온의 열역학에너지 생산에 화석연료를 직접 사용하는대신, 이러한 폐에너지흐름을 활용할 수 있는 방법을 찾아야 한다.

그런 폐열 발생원은 다음과 같다.

- ▶ 화학공정 산업
- ▶ 폐기물 소각로
- ▶ 발전소(열병합발전소 포함)

이러한 폐열을 발생시키는 시설들이 국토계획에 들어갈 때에는 주위 토지이용계획과 연계하는 것은 매우 중요한 과제가 된다. 과거의 경험에 의하면, 전력생산자는 열시장에 대한 일반적인 지식을 갖고 있다. 지역난방회사라든지 몇몇 기술업체들도 물론 지역난방계획의 전개와 운영에 대한 상당한 경험을 소유하고 있으나, 그 지식은 몇몇에 국한되고 있다. 마찬가지로 정부 보고서에는 다양한 경제부문의 열 수요 목록이 얼마간 상세하게 들어있긴 하지만, 국가 규모에서 열수요의 공간적 배분에 대한 정보는 들어있지 않다. 따라서 발전부분에 폐열활용을 통합적으로 이용하기 위해 단일한 새로운 접근법이 필요하다. 이를 위해서는 “국가 열수요 데이터베이스”가 마련되어야 한다. 그 목적은 열수요에 대한 새로운 지리적 관점을 만들어 미래 열수요의 수치학적, 지리학적 도출에 의한 계획도구를 개발하는 것이다. 구체적으로는 폐열 활용가능성을 규명하고, 폐열활용을 위한 열병합발전소를 포함한 공공시설을 추가할 경우에 그 적절한 위치선정을 하는데 이용될 수 있다.



89년 여름 네덜란드에서 시작된 데이터베이스계획은 첫단계로 현재와 미래의 열수요 자료를 수집하고 다음단계로 자료분석을 토대로 하여 부문별, 지역별 수요의 공간적 배분을 지도화하는 작업을 벌이고 있다.

자료수집방안으로는 열수요에 대한 가용자료원의 평가가 필요하며 적절한 자료구조를 디자인해야 한다. 그리고 나서 최근의 열수요와 열이용형태에 대한 자료를 수집한다. 자료수집방법은 top-down 식 접근을 따라야 관련된 국가 데이터베이스와 보다 전문적인 다른 중앙 혹은 지방 통계가 이용된다.

## 2) 열에너지와 국토계획 연계

산업지역과 주거 및 상업지역내에서 독립적으로 1차에너지를 이용하여 각 용도에 적합한 2차 에너지를 발생시키는 과정에서 각 공정에 따라 필연적으로 여러종류의 형태와 온도수준의 폐열이 발생되고 있다. 이와 같은 발생 폐열을 조사분석하여 각종 폐열수준에 따른 열에너지 연계모델의 개발을 통하여 에너지 이용효율을 극대화하는 것이다. 물의 낙차를 이용하듯 폐열을 단계별로 상온에 이를때까지 최대한 활용하는 방안이다. 이를 위해서는 폐열의 종류별 온도에 대한 조사가 필요하며 토지이용 용도에 따라 요구되는 열의 온도자료가 필요하다.

업종그룹별 각종 공정조사 및 개략적 공정 분석 : 한종류의 공정내에서도 발생하는 폐열의 엔탈피 및 온도수준이 다양할 수 있으나 운전온도수준에 다른 업종그룹의 분류는 아래와 같다.

고온연소(combustion) 1700℃,	제철산업(metal work) 1500℃
요업산업(brick work) 1200℃,	증기분해(steam cracking) 900℃
촉매반응(catalytic reactor) 600℃,	정류건조 (rictification drying) 300℃
건물난방(building heating) 100℃,	건물냉방 (air conditioning) 10 ~ -5℃
식품냉장(food cold storage) 5~-10℃,	냉동산업 (refrigeration) 25 ~ -60℃
저온금속가공(low temp.metal forming) -100℃,	저온파쇄 (refrigeration crushing)
	-130℃
공기분리 (air separation) -155℃,	액화가스공정 (LNG vaporation) -160℃

신도시, 기존도시의 열수요 규모 및 산업지역과 주거 및 상업지역간의 위치 및 거리결정요인 분석하여 열수요분포도를 작성한다. 열분포도 작성시 열부하, 사용에너지, 냉난방구조를 고려하여야 하며, 도시구조적으로 분석되어야 할 항목은 주거, 상업, 산

업지역의 규모, 토지이용계획, 재개발지역존재여부, 열원시설 및 에너지공급망의 입지 등이며, 각 단위가구 및 건물별 정보를 활용할 수 있으면 가능하다.

이러한 자료를 평가하여 산업지역과 상업, 주거지역간의 열에너지 연계가능성 검토하여 시나리오를 작성하여 경제성 및 기술적인 타당성을 검토하면 된다. 연계가능평가시 필요한 자료는 산업지역의 여열수준, 주거지역 및 상업지역의 폐열원: 소각열, 열병합발전, 대체에너지원 등이다.

#### 4. 석유, 원자력시대의 쇠퇴와 재생에너지 도래

도시화는 화석연료와 원자력의 사용과 밀접하게 관련되어 이루어져 왔다. 공장과 철도수송의 동력이 되었던 석탄은 산업사회와 산업도시의 성장을 가능케 했지만, 거대도시화를 가능케 한 것은 석유였다. 전국 모든 도시민을 위한 에너지 양은 증가일로에 있고 도시들의 크기와 형태가 이러한 경향을 부채질하고 있다. 시골지역은 주로 식량, 물, 연료의 국지적 공급에 의존하는 반면에, 도시들은 이러한 필수품들을 먼거리에서 수입해와야 한다. 비슷하게 지방에서는 상대적으로 적은에너지 비용으로 폐기물을 흡수하지만, 도시에서는 쓰레기와 하수를 모으는데 훨씬 더 많은 에너지를 필요로 한다.

에너지이용 효율은 도시인구의 규모보다는 토지이용과 수송수단에 관한 선택에 더 많이 의존한다. 직장과 시장에 근접한 사는 경우보다 넓게 분산된 주거형태의경우에 상대적으로 더 많은 에너지가 필요하다. 따라서, 체계적인 계획에 따라 공간형태가 구성되지 못하면 비효율적인 에너지이용을 유발한다. 교외지역으로의 확산은 시골을 침범하고 자동차에 대한 필요를 영구적인 것으로 만든다.

콘크리트, 돌, 아스팔트로 지어진 도시는 태양에너지를 흡수하고 간직하고 있기 때문에 난방에너지는 시골보다 약 8%정도 더 적게 필요한 반면, 냉방은 약 12% 나 더 필요하다. 대도시 식량, 물공급은 원거리를 걸쳐 선적, 가공 및 보관 그리고 원거리 펌프와 수송이 필요하므로 더 많은에너지를 수요한다.

반면에 집중된 형태의 개발은 자동차에 대한 의존성을 줄여주고, 도시거주자의 평균이동거리를 줄이고 도시운송체계를 강화시켜 에너지소비를 줄여준다. 대중교통수단은 정류장당 이용승객이 많을 때 이용되며, 단위거리당 승객수가 증가할수록 승객한 명을 옮기는데 사용된 에너지양은 줄어든다. 기존 연구결과들은 종합하면 에너지소비과 관련이 깊은 것은 유가, 혹은 자동차 트기가 아니라 토지이용패턴이었다. 즉, 토지이용의 밀도를 높이는 것이 에너지사용을 줄이는데 크게 기여할수 있다는 것이다.

도시는 고도로 에너지 의존적인 체계로서 식량, 물, 연료를 대도시로 옮겨오는 과정과 오수가 배출되는 과정이 매우 복잡하며, 에너지집약적이다. 도시가 넓게 퍼져 있을수록 이를 지지하기 위한 체계는 더욱 복잡, 비싸진다. 따라서, “자원의 이용가능 정도에 맞는 인구규모와 도시형태를 갖춘 생태계 = 도시”라는 개념을 공간계획의 새로운 윤리로 정립할 필요가 있다.

문제는 대도시가 재생가능한 에너지를 어느정도 이용할 수 있도록 구조화시키느냐에 있으며, 제1장에서 보았듯이 시간이 지날수록 이문제는 더욱더 중요한 이슈가 될 것이다. 도시와 자연계간의 관계를 일그러뜨리고 폐기물발생 증가를 막는 방법을 대량수송, 자원절약, 에너지 효율을 강조한 도심에서의 집약적인 토지이용이다.

석유시대가 쇠퇴함에 따라 도시크기도 감소할 것이며, 재생에너지시대가 도래하고 있다. 이것은 석유가 대도시가 필요로 하는 막대한 양이 쉽게 운반될 수 있는 집중적인 자원임에 반해 재생에너지(태양열, 태양광, 풍력, 소수력, 목재 등)는 공간적으로 퍼져있기 때문에 국토공간적으로는 분산된 형태의 구성이 고려되어야 한다. 미래사회에서는 중소도시와 시골지역 형태의 공간구조가 유리하리란 점을 시사하고 있다.

석유산업의 쇠퇴와 함께 원자력산업은 빠른 속도로 쇠퇴하고 있다. 세계전체로 보면 1970년대부터 원전건설계획의 감소가 시작되고 건설 중인 원전도 80년대에는 감소하기 시작하였다. 운행 중인 원전의 수도 90년대에 들어 점차 감소 단계에 들어섰다. 경제적, 기술적, 사회적 어려움이 주요한 요인이 되고 있기 때문에 이러한 현상이 발생한다.

도시-지방 간의균형을 달성하기 위한 정책방향은 주변지역으로부터 도시안으로 유입해 들어오는 자원의 양 혹은 그 범위를 줄이고 도시에서 외부로 내보내는 오염물질 주로 대기오염물질, 폐기물이 광역화되는 것을 막는 것이다.

## 제3장

## 에너지효율적인 토지이용체계

## 1. 에너지와 토지이용의 연계

에너지와 토지이용계획은 매우 밀접하게 연계되어 지속가능한 발전의 성패를 좌우하는데도 우리의 경우, 에너지를 고려한 개발방안은 모든 개발계획과는 별개의 차원에서 수립, 실시되거나 개발계획이 완료된 후 부수적으로 수립되었다. 기존의 개발은 산업화와 도시화에 따르는 기반시설의 확충과 이에 따르는 공해방지시설에 중점투자하여 왔으나, 그 결과 자원, 에너지가 부족함에도 불구하고 토지를 개발하면서 도시개발, 사회기반 시설, 공업단지 등이 지금까지 에너지의 공급, 수요 등과 무관하게 에너지 소비형으로 개발되어왔다.

그러나, SD를 달성하기 위해서는 에너지와 토지이용의 연계를 통하여 사회, 경제 및 국토공간 자체를 효율적인 것으로 구성하는 것이 근본적인 수단이 된다. 에너지는 경제, 산업구조, 시설배치, 교통체계 등의 활동, 토지이용구조와 밀접하게 관련되어 있기때문에 이들에 시책은 생산, 업무, 운수등의 각부문에 있어서 에너지 및 자원의 효율화, 폐기물의 재자원화, 자연에너지 순환의 이용 등, 즉 SD와 밀접하게 관련되어 있기 때문이다. 에너지와 토지이용의 연계를 통한 소위, 에너지 절약형 도시개발이라는 새로운 개념으로서 최근들어 에너지와 국토개발의 관계를 새롭게 통합적으로 접근하려는 노력이 시 단위로 영국, 불란서, 네델란드 및 일본등 주요 선진국에서 있어왔다.

영국의 밀턴 케인즈(Milton Keynes)시도 초기단계부터 에너지와 토지이용을 연계시키지 못하고 발전해왔던 이 도시는 도시계획이 중반정도 진척이 되어 갈 무렵인 1970년대 말에 와서야 에너지를 하나의 중요한 조건으로 받아들이게 되었다. 에너지 절약형 설계 및 도시개발 모형을 다루어 에너지와 연계된 국토이용계획과 정책실행을 통하여 무엇을 할 수 있는가를 보여주고 있다(Owens, 1990: 85-6).

에너지와 토지이용계획의 연계방안에 관한 연구는 석유파동으로 활발히 진행되기 시작했으며(Byrne and Rich, 1982; Susan Owens, 1986; Cullingworth and Sparling, 1988; Breheny, M.J. 1992), 최근에는 환경문제와 결부하여 효율적 공간의 재구성을 위한 구체적인 방안 개발에 노력이 집중되고 있다. 지역개발과 에너지연계에 관한 국내 연구는 아직 통합적이고 체계적이 못하나 부문별로 이루어지고 있다(에너지기술연구소 1994, 서울시정개발연구원 1993, 김귀곤 1993).

SD를 가능케하는 토지이용 및 교통형태에 관한 연구로 뉴먼(Peter Newman)과 켄워시(Jeffry Kenworthy) 등의 세계 32개 도시를 대상으로 한 것이 있다. 토지이용(인구밀도), 교통, 에너지 소비사이에는 매우 밀접한 상관관계가 있음을 보여 주고 있다. 미국도시의 평균 연료소비는 오스트레일리아 도시와 캐나다 토론토의 2배, 유럽의 도시보다는 4배, 서구화가 덜된 아시아의 도시보다는 10배 이상이나 높은 것으로 조사되었는데, 그 이유로는 연료가격, 소득, 연료효율도 중요하지만 토지이용패턴과 교통체계를 중요한 요인으로 설명하고 있다.

## 2. 에너지효율적인 토지이용

에너지와 도시개발이 연계되기 위해서는 우선 공간체제구성(공업, 상업, 주거 또는 분산형, 집중형 등)과 에너지공급체제구성(에너지원별, 또는 분산형 집중형 등)이 주요한 요소가 되어 있는 지속가능한 에너지 및 국토개발개념의 정립이 필요하다. 그러기 위해서는 에너지흐름의 공간체계, 공업단지, 산업배치, 물류, 인류 순환체계, 교통, 정보시스템, 절약적 순환형 에너지체계(신재생에너지, 폐기물관리 등)에 관한 분석이 선행되어야 한다.

다양한 연계모델이 가능할 것이며 대표적인 예로는 미시모형으로 에너지절약형 토지이용구조(단지설계), 에너지절약형 교통통신체계, 에너지자족도시 등이 있으며, 거시모형으로는 에너지수급 및 국토용량을 통합한 개발방향, 지역發電, 지역난방체계와 도시개발의 연계, 소각열, 지역난방 및 산업폐열과 주거단지개발연계, 공업단지개발계획 및 에너지공급연계, 특정 에너지다소비업체(전기, 가스)와 에너지공급(발전소, 가스, 냉열산업)방안연계, 전력 및 석유수요감안한 적정산업시설 혼합방안, 그리고 장기 북한 및 북방지역개발계획과 에너지공급체계연계 등이 있다. 여기서는 대표적인 방안만 소개한다.

## 1) 건물에너지효율적인 토지이용계획

### (1) 고밀도 개발

교통거리와 빈도를 줄임으로써 수송에너지를 줄일 수 있다. 주된 방법은 도시확산을 줄이고 대중교통수단을 증진시키며, 대중교통수단을 개별교통보다 에너지 효율적이도록 하는 것이며 카풀(Car Pool)제도는 이미 많이 이용되고 있는 방안이다. 또한 고밀도 개발은 열수요의 절감을 가져온다. 이는 주거규모가 적고 열교환을 일으키게 하는 노출된 표면적이 적기 때문이며 에너지 효율적인 대중교통체제가 여러사람에게 도달할 수 있기 때문이며 도로의 길이와 에너지수송체제를 줄일 수 있다. 그러나, 고밀도개발이 모든 곳에서 바람직한 것은 아니다. 대중교통 루트에 근접하지 않은 고립된 고밀도 개발은 직장이나 기타업무상 개별교통수를 증가시킬 것이다. 따라서, 고밀도지역은 주된 arterials, 교통루트, 쇼핑센터, 학교 등과 다른 편리함에 인접해야 한다.

### (2) 고밀도 적합지역

고밀도 적합지역은 시중심부에 인구밀도가 가장 높은 패턴(캐나다의 오타와 경우)을 가진 지역, 교통루트로 연결된 다핵도시개발(poly-nucleated city), 중심부로부터 방사선형태로 발달된 교통회랑을 따라 형성된 고밀도 주거·상업지역(transit-oriented pattern)이 적합하다. 이러한 고밀도개발의 유도과 통제방법은 첫째 종합토지이용계획을 검토하고 저밀도개발을 비교하여 고밀도개발로 에너지절약을 기할 수 있는 지역을 규명해야 한다. 규명 후 고밀도개발을 달성하기 위하여 기존용도지역을 재구성하기 위한 절차방법은 다음과 같다. ① 다세대주택 개발을 위한 용도지역을 설정 ② 건물높이 규제를 완화 ③ 최소 건축면적을 완화 ④ 규모가 큰 개인주택을 다세대 주택으로 개조를 허가(특히, 중심지역) ⑤ 용도혼합지역(mixed use zoning) 장려 ⑥ 밀도에 따른 장려금 지원 ⑦ 도로폭의 감소 등과 같은 개발기준을 완화이다.

### (3) 혼합형 토지이용(Mixed Land Use)

주거, 상업, 산업 및 위락용 토지이용의 혼합에 의한 교통수요절감을 통한 에너지소비를 줄이는 것이며 이는 지역난방의 타당성을 증가시킨다. 대조적인 것은 신도시 주거패턴에서 발견되는 분리된 토지이용패턴의 경우에는 많은 교통문제를 야기시키고 있다. 에너지 비효율 교통체증 그리고 피크 교통수요를 대체하기 위한 지나친 도로시설에 대한 투자, 혼합된 토지이용형태는 이러한 문제점을 경감시킬 수 있다.

#### (4) 토지이용패턴(Land Use Patterns)

토지이용패턴의 조작용은 가로형태의 조정과 빌딩배치를 의미하는데, 주된 목적을 교통에너지수요를 줄이고 냉·난방 에너지소비를 줄이기 위해 태양열, 풍력의 이용을 최대화하는 토지형태를 구성하는 것이다. 구체적으로는 선으로 늘어선 주택을 집단화(cluster and interlocking)하여 서비스비용을 줄이는 것이다. 에너지효율적인 가로패턴(the grid, solar super-block 가로형태 등) 고밀도개발의 한 형태인 Cluster 개발도 하나의 절약방법인데, 여러 디자인들(집합, 분산형 공공위락공간 등)이 있다. 빌딩을 겨울에는 바람을 서로서로 막을수 있게, 여름에는 빌딩사이로 바람이 잘 통과하게 배치하는 방법도 있다.

#### (5) 에너지 효율적인 단지계획 실행(Energy Efficient Site Planning)

에너지효율적인 단지계획의 실행은 건물을 자연조건(바람, 태양열)과 조화를 이루게 하는 것으로 이는 단지의 특성을 이용하거나 단지계획기준에 에너지효율성을 포함하며 종합계획과 용도지역지구제 및 개발통제, 지열 이용, 중수도의 도입 등이 있다. 에너지절약형 토지이용계획 방안들이 여러 도시개발계획에서 실행될 수 있다. 특히 에너지수요관리를 계속적으로 담당하는 기관과 중앙정부의 지원이 반드시 필요하다. 이러한 지원이 지역에너지계획에서 에너지절약형 도시개발이 이루어지도록 유도할 수 있을 것이다.

#### (6) 에너지와 미시규모의 계획

에너지수요에 건축형태가 미치는 영향과 태양열이용과 미기상학적 설계를 통한 절약잠재력도 크다. 건축형태는 공간난방에 필요한 에너지요구량에 체계적인 영향을 미치는데 일반적으로 단독주택보다 아파트가 세배정도 효율적이다. 또한 입지, 디자인, 방향, 배치, 조경의 조정을 통해 태양열유입을 최적화하고 건물난방에 드는 에너지요구량을 최소화하는 미기상조건 이용하는 방법이 있으며, 도로 배치 등도 중요한 요소므로 초기단계에서 고려되어야 한다. 기타 미기상조건들로 풍풍속조절, 외기온도상승을 조절하는 것 등이 있으며 건물배치, 조경, 식수 등 특정소재를 이용할 수도 있다.

### 2) 수송에너지효율적인 토지이용계획

도시개발의 입지와 형식은 교통수단선택에도 영향을 주어 에너지수요 및 특정에너지선택에 큰 영향을 미친다. 철도와 버스체계는 일반적으로 자가용보다 에너지효율적

이며 환경적인 해를 덜 준다. 개인교통수단에서 대중교통수단으로의 전환은 에너지 및 환경목표 달성에 주요한 요서가 되며, 토지이용계획은 이러한 전환을 고무시키는 역할을 해야 한다. 이는 곧 신규, 혹은 기존의 대중교통노선과 개발을 연계시키고 개발패턴의 유형과 연계시키는 것이 토지이용계획을 최대한 이용하는 방법이다.

### 3) 산업에너지효율적인 도시계획

산업단지조성시 산업구조의 적정구성과 공간적으로 열을 잘 이용할 수 있도록 배치하는 방안은 자원사용의 효율성을 크게 증가시킬 수 있다. 산업단지의 조성단계에서 산업구조와 주변 토지이용을 고려한 사례들은 드물다. 최근들어 네델란드의 경우, 산업단지 계획에 있어서 에너지 및 환경요인을 고려한 효율적 토지이용계획이 진행되고 있다.

#### (1) 다단계 에너지이용모델

산업단지별 에너지 수요와 공급방안을 효율적으로 연계하는데에 가장 기본적인 방안은 에너지 흐름과 에너지이용(산업체)를 연결하여 에너지 다단계이용 (Cascade Concept of Energy Use)을 통한 폐열활용하는 방안이다. 산업지역과 주거 및 상업지역내에서 독립적으로 1차에너지를 이용하여 각 용도에 적합한 2차에너지를 발생시키는 과정에서 각 공정에 따라 필연적으로 여러종류의 형태와 온도수준의 폐열이 발생되고 있다. 에너지 다단계개념은 이와같은 산업폐열을 조사·분석하여 각종 폐열수준에 따른 열에너지 연계모델의 개발을 통하여 에너지 이용효율을 극대화하는 것이다. 이를 위해서는 폐열의 종류별 온도에 대한 조사가 필요하며 토지이용 용도에 따라 요구되는 열의 온도자료가 필요하다. 산업지역과 상업, 주거지역간의 열에너지 연계모델을 개발하기 위해서는 신도시, 기존도시의 열수요 규모 및 산업지역과 주거 및 상업지역간의 위치 및 거리결정요인을 분석하여 열수요분포도를 작성한다. 열분포도 작성시 열부하, 사용에너지, 냉난방 구조를 고려하여야 하며, 도시구조적으로 분석되어야 할 항목은 주거, 상업, 산업지역의 규모, 토지이용계획, 재개발지역 존재여부, 열원시설 및 에너지공급망의 입지 등이며, 각 단위가구 및 건물별 정보를 활용할 수 있으면 가능하다.

이러한 자료를 평가하여 산업지역과 상업, 주거지역간의 열에너지 연계가능성을 검토하여 시나리오를 작성하여 경제성 및 기술적인 타당성을 검토하면 된다. 연계가능 평가시 필요한 자료는 산업지역의 여열수준, 주거지역 및 상업지역의 폐열원 등이다.



## (2) 미이용에너지를 활용할 단지구성

동경도내 지역냉난방 사업의 경우, 주요한 열원은 전기 및 도시가스이나 최근에는 각종 도시배열 등의 미이용 에너지의 활용 및 열병합발전의 열을 구역도 전체구역의 약 36%를 차지하고 있다. 현재 쓰레기 소각폐열, 변전소 폐열, 목욕탕 폐열, 하천수가 주로 활용되고 있다 (표 2참조).

<표 2> 동경도의 미이용 에너지 부존량 현황

에너지원	부존량	점유율(%)
하수열	8,570Tcal/년	53%
화력발전소	5,020Tcal/년	31%
쓰레기 소각열	2,140Tcal/년	13%
공업용수	160Tcal/년	1.0%
변전소 폐열	140Tcal/년	0.9%
지하철 폐열	110Tcal/년	0.7%

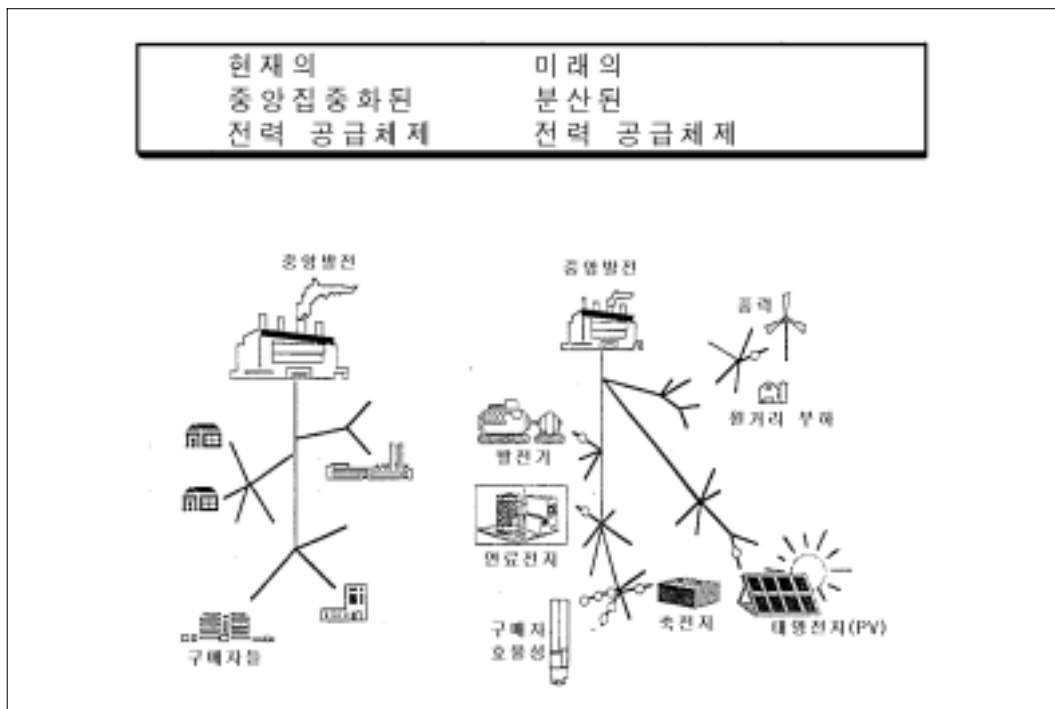
## (3) 에너지다소비업체와 에너지공급시스템과의 연계

전력다소비형인 산업시설공단 조성시에 발전소 위치와 연계시킴으로써 송·배전 효율을 높이거나 폐열이 많은 산업시설 부근에 열수요가 많은 주거단지와 같은 시설을 위치시키는 방안 및 특정 에너지다소비업체(전기, 가스)와 에너지공급방안 연계 및 특정산업단지내에서의 전기 및 석유수요를 토대로한 산업배치의 최적화 등을 통하여 장기적으로 에너지의 효율적 사용을 구조적으로 가능하게 할 수 있다.

<부록 1> 교토의정서의 주요 내용

		주요 내용		
선진국의 온실가스 감축 목표	목표 년도	2008년 ~2012년		
	감축대상 온실가스 및 목표년도	CO <sub>2</sub> , 메탄, 아산화질소: 1990년 기준 HFCs, PFCs, SF <sub>6</sub> : 1995년 기준		
	온실가스 감축목표율	-8%	유럽연합, 동유럽, 스위스	
		-7%	미국	
		-6%	일본, 캐나다, 헝가리, 폴란드	
		-5%	크로아티아	
		0%	러시아, 뉴질랜드, 우크라이나	
		+1%	노르웨이	
+8%		오스트레일리아		
+10%	아이슬란드			
기타	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 배출권 거래제도, 공동이행제도, 청정개발체제 도입</li> <li>• 1990년 이후의 식목, 재식목, 벌채에 의한 흡수원의 변화 인정</li> <li>• 자발적 감축 협정 관련 조항 삭제</li> <li>• 감축목표는 법적 구속력을 지님</li> </ul>			

<부록 2> 전력시스템 비교



## 참고문헌

- 김종달, 조전혁, "환경산업의 경제성평가모델: 난방산업을 중심으로," 資源經濟學會, 資源經濟學會誌 제6권 제1호, pp,129-152, 1996.12
- Adger, W. Neil and Katrina Brown, Land Use and the Causes of Global Warming. New York, NY:John Wiley & Sons, 1994.
- Breheny, M J, Sustainable Development and Urban Form, Brondesbury Park, London: Pion Limited, 1992.
- Land Use Planning: A Canadian Perspective." Energy Research, vol. 8, 1984, pp.369-374.
- Henry Lee. "Local Energy Conservation Programs." In John C. Sawhill and Richard Cotton (eds.) Energy Conservation Successes and Failures, The Brookings Institution, 1986, pp. 182-185.
- Kim, Jong-dall et al. Energy and Environmental Sustainability in East and South east Asia." IEEE Technology and Society Magazine. Winter 1991/1992.
- Robinson, Ira M. "Energy and Urban Form: Relationships Between Energy Conservation, Transportation and Spatial Structures." In John Byrne and Daniel Rich (eds.), Energy and Cities, Volume 2 of Energy Policy Studies Series. New Brunswick, NJ: Transaction Books, 1985.
- Til, Jon Van. Living with Energy Shortfall: a Future for American Towns and Cities. Boulder, CO:Westwier Press, 1982.
- Pavlenko,G.F. and G.A.Englesson. District Heating/Cogeneration: Application Studies for The Menneapoli-St. Paul Area, Allocation Method for the Seperation of Electrical and Thermal Cogeneration Cost. United Engineer and Constructors Inc. 1980.
- Vereinigung Deutscher Elektrizitatzwerke(VDEW)/Bundesverband der deutschen Gas und Wasserwirtschaft(BGW)/Arbeitsgemeinschaft Fernwarme e.V.(AGFW)(독일 전력협회/상수도가스협회/지역난방협회). Ortliche und regionale Energieversorgungskonzepte: Parameterstudie, Ortliche und regionale Versorgungskonzepte fur Niedertemperaturwarme(도시 및 지역 에너지공급개념,

저온수공급개념 파라메타 연구), Frankfurt: Verlags- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke m.b.H.(전력공급회사 출판부) 1992.