



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

생태도시 관점에서 접근한  
부산시의 에머지 평가



2014년 2월

부경대학교 대학원

생태공학과

김진희

공학석사 학위논문

생태도시 관점에서 접근한  
부산시의 에머지 평가

지도교수 이 석 모

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함



2014 년 2 월

부경대학교 대학원

생태공학과

김진희

金珍熙의 工學碩士 學位論文을 認准함.

2014년 2월



주 심 공학박사 정 용 현 

위 원 공학박사 강 대 석 

위 원 공학박사 이 석 모 

# 목 차

I. 서 론 .....	1
II. 이론적 배경 .....	4
1. 생태도시의 등장배경 .....	4
2. 생태도시의 정의 .....	6
3. 생태도시 지표 .....	8
III. 연구 방법 .....	23
1. 대상지역 선정 .....	23
2. 대상지역의 현황 .....	25
가. 위치 및 자연환경 .....	25
나. 토지 및 인구 .....	26
다. 산업구조 및 경제활동 .....	29
라. 환경현황과 생태도시 지표 .....	31
3. 에머지 분석법 .....	34
가. 에머지와 에너지 변환도 .....	34
나. 에머지 분석법 .....	36
다. 에머지 지표를 이용한 생태도시 지표 선정 .....	43
IV. 결과 및 고찰 .....	49
1. 부산시 에머지 분석 .....	49

가. 에너지시스템 다이어그램 .....	49
나. 에머지 분석표 .....	50
2. 에머지 지표를 이용한 부산광역시의 생태도시 지표 평가 .....	56
 V. 결 론 .....	 58
 참고문헌 .....	 61
 Appendix .....	 68
 감사의 글 .....	 73



## 표 목 차

Table 1. The OECD environmental outlook to 2030 .....	2
Table 2. The Quality of life index .....	11
Table 3. Urban sustainability indicators .....	14
Table 4. Type of indicators for measuring the potential eco-city .....	16
Table 5. Planning indicator of the Korean style eco-city .....	18
Table 6. Environment-friendly urban indicators .....	20
Table 7. Local agenda 21 for Busan .....	32
Table 8. Tabular format for the emergy analysis .....	40
Table 9. Average values from emergy evaluation of resource basis of Busan in 2010 .....	51
Table 10. Emergy flow of Busan in 2010 .....	54
Table 11. Eco-city indices of Busan .....	56

## 그림 목 차

Fig. 1. Map showing study area .....	24
Fig. 2. Temperature changes for past 10 years in Busan Metropolitan City(2001~2010) .....	26
Fig. 3. Population and population density of Busan Metropolitan City .....	28
Fig. 4. Population movement trend 2001~2010 .....	28
Fig. 5. Primary, secondary, tertiary industry 2001~2010 .....	30
Fig. 6. Industrial structure of Busan Metropolitan City .....	30
Fig. 7. Emergy quality chain used to calculate solar transformity .....	35
Fig. 8. Symbols of energy systems language .....	37
Fig. 9. Typical energy sources driving an environmental system arranged in order from low quality on left to high quality on right .....	38
Fig. 10. Emergy based indices .....	41
Fig. 11. Energy system diagram of Busan Metropolitan .....	50
Fig. 12. Energy and emergy of renewable resource .....	52
Fig. 13. Emergy of indigenous renewable resource & purchased input source(2010) .....	53
Fig. 14. Three arms diagram of Busan .....	55

# Emergy evaluation of the Busan Metropolitan City from an eco-city perspective

Kim Jin Hee

*Department of Ecological engineering, Graduate school,  
Pukyong National University*

## Abstract

As urban environmental problem becomes a global concern on environmental issues, “eco-city”, which is sustainable for present and next generation, has been developed as a new paradigm.

Accordingly, it was vital to utilize an index to assess the ecological property of the city and several researches have been performed to establish the index of the eco-city. However, previous studies were limited as they were mainly based surveys, which are subjective by nature.

In this study, we employed an emergy analysis scheme, which is able to analyse both environmental and economic value with reliable statistical data, to provide the indices of the eco-city for its principles and definition.

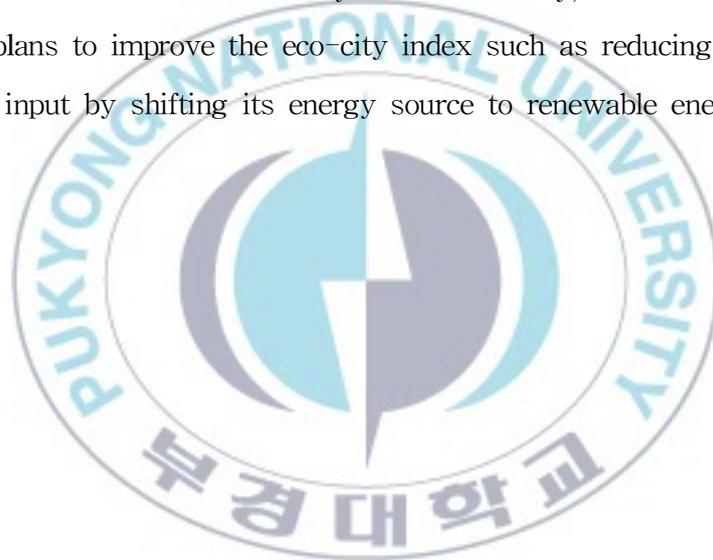
As a result the selected indices are productivity, independency, environmental performance, and sustainability.

Emergy yield ratio(EYR) has been chosen to represent the productivity of eco-city,  $(R+N)/(Y)$  for independency, environmental loading ratio(ELR) for

environment performance and energy sustainability index(EmSI) for sustainability.

The eco-city indices of Busan were rated as quite low with values of 1.04, 0.04, 24.73 and 0.04 for productivity, independency, environmental performance and sustainability, respectively. These results have raised concerns that development of Busan as an eco-city, where human beings and the environment is able to co-exist, may not materialize into reality.

Therefore, in order to turn Busan city into an eco-city, Busan should develop more active plans to improve the eco-city index such as reducing the amount of purchased input by shifting its energy source to renewable energy.



# I. 서론

도시는 인구와 산업, 시장과 화폐 등 사회 작동 메커니즘의 요소들이 집적되는 지역으로 외부로부터 유입되는 많은 자원과 에너지를 이용하여 대량생산과 대량소비, 대량폐기 등의 경제활동이 발생하는 곳이다(오동하, 2007; 양병이, 2011). 이러한 도시적 특성으로 인하여 도시가 성장함에 따라 도시 경제활동을 지원하기 위한 많은 양의 자원이 요구되었다. 도시의 성장 속도에 비례하여 증가하는 자원 요구량을 충족시키기 위한 무분별한 자원 채취로 생태계 파괴는 가속화되었고, 생태계 파괴가 자연환경의 재생성(regenerative properties)을 능가하기 시작하면서 세계 곳곳에서 발생하는 심각한 환경오염 문제가 범지구적인 문제로 대두되었으며, 국제사회의 해결과제로 논의되기 시작하였다(김귀곤, 1997; 오동하, 2007). 그러나 국제사회의 노력에도 불구하고 지구환경오염 문제는 여전히 미해결 과제로 남아 있으며, 지난 2008년 OECD는 2030년까지 도시 환경과 관련하여 추가적인 환경정책이 시행되지 않을 경우 기후변화와 생물 다양성 손실, 물 부족과 환경오염 등으로 인해 환경적 기반은 돌이킬 수 없이 훼손될 것이며, 이는 인류 생존에도 위협을 가하게 될 것이라고 경고하였다 (Table 1)(OECD, 2008).

Table 1. The OECD environmental outlook to 2030

Division	Green Light	Yellow Light	Red Light
Climate change	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>Declining GHG emissions per unit of GDP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Global GHG emissions</li> <li>Increasing evidence of an already changing climate</li> </ul>
Biodiversity & renewable natural resources	<ul style="list-style-type: none"> <li>Forested area in OECD countries</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Forested management</li> <li>Protected areas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ecosystem quality</li> <li>Species loss</li> <li>Invasive alien species</li> <li>Tropical forests</li> <li>Illegal logging</li> <li>Ecosystem fragmentation</li> </ul>
Water	<ul style="list-style-type: none"> <li>Point-source water pollution in OECD countries (industry, municipalities)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Surface water quality and wastewater treatment</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Water scarcity</li> <li>Groundwater quality</li> <li>Agricultural water use &amp; pollution</li> </ul>
Air quality	<ul style="list-style-type: none"> <li>OECD country SO<sub>2</sub> &amp; NO<sub>x</sub> emissions</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>PM &amp; ground-level ozone</li> <li>Road transport emission</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Urban air quality</li> </ul>
Waste & hazardous chemicals	<ul style="list-style-type: none"> <li>Waste management in OECD country</li> <li>OECD country emission of CFCs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Municipal waste generation</li> <li>Developing country emissions of CFCs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hazardous waste management and transportation</li> <li>Waste management in developing countries</li> <li>Chemicals in the environment and in products</li> </ul>

Green Light: environmental issue which are being well managed, or for which there have been significant improvements in management in recent years but for which countries should remain vigilant, Yellow Light: environmental issues which remain a challenge but for which management is improving, or for which current state is uncertain, or which have been well managed in the past but are less so now, Red Light: environmental issue which are not well managed, are in a bad or worsening state, and which require urgent attention. All trends are global, unless otherwise specified, OECD(2008).

18세기 중엽, 산업혁명으로 인하여 급속도로 비대해진 도시에서 발생한 환경 오염문제가 지구환경에 부담을 주는 위협적인 존재로 인식되기 시작하면서 환경문제를 해결하기 위한 노력이 범지구적으로 확대되었고, 이러한 노력의 결실로 지속 가능한 발전을 가능하게 하고, 현세대와 미래세대의 공존을 가능하게 하는 ‘생태도시(eco-city)’가 새로운 21세기형 도시 패러다임으로 등장하였다(김철수, 2000; 김수봉, 2002). 기존의 도시론들과는 달리 도시를 하나의 유기체로 보는 생태도시론은 자연 생태계의 속성인 다양성과 자립성, 순환성, 안정성의 원칙에 가깝도록 도시를 설계하여 바람직한 도시의 미래상과 도시계획의 방향을 제시한다(김귀곤, 1993). 생태도시 개념이 처음 대두한 환경과 개발에 관한 유엔회의(UNCED)에서는 21세기 환경보전의 구체적인 실천 강령인 의제 21(Agenda 21)을 채택하여 회원국으로 하여금 현재의 환경 상태를 파악하고 정책 결정과 제도입안, 개발행위의 방향을 결정할 수 있는 수단으로 지속 가능한 발전지표를 작성하도록 요구하였으며, 이를 계기로 환경과 자연자원 지표를 강조한 환경지표(environmental indicator)에 대한 연구가 지역적, 국가적으로 폭넓게 진행되었다(강상목, 1997; 이관규·양병이, 2001). 이후 생태도시에 대한 연구는 꾸준히 진행되어 왔으나 이에 대한 정의와 개념이 현재까지도 불분명하고, 포함하는 분야 또한 광범위하여 생태도시 지표라는 명칭으로 연구가 수행되기보다는 지속 가능성 도시지표 혹은 환경지표라는 명칭으로 연구가 수행되고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 21세기 도시 패러다임인 ‘생태도시’ 관점에서 도시의 자연환경과 경제활동을 통합적으로 평가 가능한 지표를 도출하고자 한다. 또한, 도출된 지표를 이용하여 산업화와 도시화로 급속한 외형적 성장을 보인 부산시에 대한 평가를 실시하여 부산시의 현재 상황이 생태적 입장에서 바람직한 상태인지 평가하고자 한다.

## Ⅱ. 이론적 배경

### 1. 생태도시의 등장배경

도시의 환경오염은 산업혁명을 기준으로, 그 이전과 이후로 나눌 수 있다. 산업혁명 이전에도 도시는 존재하였으나, 당시의 도시는 규모가 그리 크지 않았고, 도시에서의 인간 활동 역시 그리 대단하지 않았으며, 산업구조 또한 1차 산업 위주였기 때문에 인간의 경제활동으로 인하여 발생하는 오염물질의 양은 환경의 자정 능력으로 정화 가능한 수준으로 환경이 가진 복원력을 위협할 정도는 아니었다(김철수, 2000; 김수봉, 2002). 그러나 1760년대 영국에서 시작된 산업혁명이 1800년대 미국을 거쳐 본격적으로 확산되기 시작하면서부터 상황은 달라졌다.

산업혁명 이후 형성된 성장 중심 정책과 2, 3차 산업으로의 산업구조 이동은 대량생산을 기반으로 상업과 무역 등을 놀라운 속도로 확대시키며 세계 경제의 눈부신 성장을 이루어냈으나, 성장이 가지고 온 풍요로움의 이면에는 비대해진 도시에서 요구된 물질 수요를 충당시키기 위해 무분별하게 소비된 자원 및 에너지 문제와 인간의 편의를 위해 임의로 변모시킨 지구 환경문제가 필연적으로 뒤따랐으며, 환경오염 문제는 지구 환경의 복원력을 위협하고 인류의 생존까지 위협하는 정도에 이르렀다(김철수, 2000; 김수봉, 2002; OECD, 2008).

이러한 환경오염 문제는 산업화의 직접적인 영향이라기보다는 산업화 이후 고도성장을 이룩하는 과정에서 생겨난 거대 도시들의 급속한 도시화(urbanization)로 인해 야기된 것이다(김수봉, 2002). 도시화란 여러 가지 원인이 복잡하게 얽혀 나타나는 현상이지만 간단하게 일정 규모의 도시나 거주지에 인간활동(人間活動)이 집중(集中)되는 과정으로 요약할 수 있다(임성종, 1993).

20세기 초반까지만 하더라도 도시에 거주하는 인구는 세계 인구의 10%에 불과하였으나, 산업혁명으로 인해 도시가 많은 노동력을 필요로 하게 되면서 새로운 사회현상인 이촌향도(離村向都)가 등장하게 되었고, 이에 도시의 인구가 기하급수적으로 증가하기 시작하였다(김귀곤, 1993; 김수봉, 2002). 도시의 양적 팽창은 눈부신 경제 성장이라는 이점을 가지고 왔으나, 이점에 반해 인공 시설 과밀로 인한 환경오염과 자원고갈, 야생동물의 소멸, 인구 과잉으로 인한 삶의 질 저하 등 질적인 면에서 수반되는 문제들이 너무 많았고, 이러한 환경오염 문제에 직면하게 된 선진 산업 국가들은 성장 중심 정책과 환경은 양립할 수 없다고 보던 종래의 가치관이 심각한 환경문제를 유발하였음을 인정하고 비판하기 시작하였다. 종래의 가치관에 대한 비판적인 인식이 점차 확대되어 가던 중, 로마클럽(1972)에서 발간한 지구환경 보고서 “성장의 한계(The limits to growth)”가 시발점이 되어 환경문제 해결을 위한 범지구적인 논의가 시작되었고, 1992년 리우데자네이루에서 개최된 환경과 개발에 관한 유엔회의(UNCED)와 1994년 “지구적으로 생각하고, 지역적으로 행동하는 것(Think globally, act locally)”이 지구 환경문제 해결의 열쇠가 된다는 인식하에 영국 맨체스터에서 개최된 “Global Forum '94”, 그리고 1996년 터키 이스탄불에서 개최된 제2차 유엔인간 정주회의(Habitat II, City Summit)를 거치며 환경문제 해결을 위한 노력이 본격화되었다(김귀곤, 1997; 김수봉, 2002). 이러한 노력의 결실로 도시를 생태적으로 건전하게 재구성하여 지속 가능한 발전을 가능하게 하고 현세대와 미래세대의 공존을 가능하게 하는 ‘생태도시(eco-city)’가 새로운 21세기형 도시 패러다임으로 등장하게 되었다(김철수, 2000).

## 2. 생태도시의 정의

1960년대 초 도시의 환경오염문제가 심각해짐에 따라 생태계(ecosystem)의 개념이 도시에 적용되기 시작하였다(양병이, 1993). Auther Tansley(1935)가 최초로 제안한 생태계는 유기체의 군집(community)과 무생물적 환경 요소가 함께 기능하는 곳으로, 도시 역시 인간을 포함한 유기체 군집과 인공시설물을 포함한 무생물적 환경요소로 이루어져 있어 형태와 구조적인 면에서 생태계와 유사성을 가지고 있으며, 에너지와 물질의 유입(input)과 유출(output), 흐름(flow)과 순환(circulation)이라는 공통분모를 가지고 있다(양병이, 1993; 김귀곤, 1997). 그러나 태양에너지만을 이용하여 자기유지가 가능한 독립영양계인 자연 생태계와는 달리, 사람이 건설한 인공생태계인 도시는 태양에너지를 비롯한 화석연료와 전기, 각종 재화와 용역 등이 외부로부터 유입되어야 유지가 가능한 종속영양계로 시스템 내부의 자원과 외부로부터 유입되는 자원이 상호작용하여 경제활동에 필요한 재화를 생산해내고, 소비하며, 폐기하는 생태계이다(김준호, 1998). 이러한 종속영양계 도시생태계에 자연 생태계의 원리를 적용하여 다른 계에서 유입되거나 다른 계로 유출되는 에너지와 물질을 최소화하고, 자기조절능력 및 자립성을 향상시켜 지속 가능한 발전을 가능하게 한다는 접근을 개념화한 것이 ‘생태도시(eco-city)’이다(한국도시연구소, 1998). 국외에서는 바람직한 도시계획의 방향을 제시해 줄 뿐만 아니라 도시환경문제 해결의 대안이 될 수 있는 생태도시에 대한 연구가 상당히 오래전부터 이루어져 왔으나, 우리나라에서는 1992년 시행된 제3차 국토종합개발계획에서 처음 논의되었으며, 이후 20여 년이 흘렀음에도 불구하고 현재까지도 개념이 불분명하여 여러 학자에 의해 다양하게 정의되고 있다(한국도시연구소, 1998; 김수봉, 2002).

국내에서 생태도시의 개념을 정의한 대표적인 학자로는 김귀곤(1993), 박종

건(1996), 김일태(1999), 김철수(2000) 등이 있다.

김귀곤(1993)은 도시를 하나의 유기적인 체계로 보고 자연 생태계와 유사하도록 도시에서의 다양성, 자립성, 안정성 그리고 순환성이 최대한 발휘될 수 있도록 계획되고 설계된 이상적인 도시를 생태도시라고 정의하였으며, 지구환경 문제를 해결 가능하고, 건강하고 쾌적한 도시환경 조성이 가능한 21세기형 도시가 바로 생태도시라고 주장하였다.

박종건(1996)은 김귀곤과 유사하게 도시를 하나의 유기적인 체계로 보았으며, 도시의 다양한 활동이나 구조가 자연의 생태계가 지니고 있는 다양성, 자립성, 순환성에 가깝도록 계획·설계되어 인간과 환경이 공존할 수 있는 도시가 생태도시라고 정의하였다.

김일태(1999) 역시 도시를 하나의 유기적인 복합체로 보았으며, 다양한 도시 활동과 공간구조가 다양성, 자립성, 순환성, 안정성과 같은 생태계의 속성을 가지도록 계획되어 인간과 환경이 공존할 수 있도록 설계된 도시가 생태도시라고 정의하였다.

김철수(2000)는 경제활동을 비롯한 각종 사회활동이 환경용량 범위 내에서 이루어져 도시환경에 미치는 부하가 적고, 환경질이 안정적이고 쾌적할 뿐만 아니라 지구환경보전에 대한 역할분담의 기능을 잘 수행하는, 인간과 자연이 공존하는 지속 가능한 도시를 생태도시라고 정의하였고, 자연 생태계와의 공존을 기본 원칙으로 하며 지속 가능성과 다양성, 자립성, 순환성, 안정성을 갖춘 모습을 지향해야 한다고 주장하였다.

이상과 같이 여러 학자들이 내린 정의들이 약간의 차이를 보이기는 하지만 도시를 하나의 생태계로 보고 생태계의 기본원칙을 적용한다는 점에서 김귀곤(1993)의 정의에서 크게 벗어나지 않는다.

녹지와 동·식물, 교통, 경제 등 도시를 구성하고 있는 각각의 요소들을 하나의 유기체로 통합하여 인식한 김귀곤 교수의 정의는 개체군, 군집, 생태계 등

별개의 분야로 이해되어 오던 생물적 자원을 전일체적 조직체로 간주하여 구성 요소들의 부분적 기능들을 통합적으로 연구하고, 더 나아가 지구 전체를 하나의 통합된 시스템으로 파악하여 시스템 내의 유기적인 관계와 상호작용을 체계적으로 파악하는 학문(농촌진흥청; 박석순·강대석, 2000)인 시스템 생태학(system ecology)적 관점에서 가장 적절한 정의라고 판단된다.

### 3. 생태도시 지표

“지적·측정·결정하기 위한 것”이라는 뜻의 라틴어 ‘indicare’를 어원으로 하는 지표(indicators)는 복잡한 현상을 한눈에 파악하고 예측할 수 있는 척도로 정의되며, 여러 관측값 중에서 보고자 하는 현상에 대한 대표성을 가지는 일부를 개관함으로써 현재와 미래에 영향을 미치는 정보를 확보하여 해당 분야의 현황을 평가하고 변화 추이를 산정하는 수단으로 이용되며, 다양한 분야에서 각종 정책의 수립과 집행의 달성도를 평가하는 척도로도 이용된다(강상목, 1997; 강상목 외, 1999; 서응철, 2004). 사회학 혹은 보건학에서 유래한 것으로 알려져 있는 ‘지표’라는 용어는 18세기 중엽 산업화 및 공업화에 의해 발생한 시민들의 건강 악화가 사회적인 문제로 인식되기 시작하면서 ‘공중보건지표(public health indicators)’라는 용어를 시작으로 여러 분야에서 사용되기 시작하였다(서응철, 2004). 보건학과 사회학, 인구학 등 다양한 분야에 걸쳐 개발된 기존의 지표들 중 대중적으로 가장 잘 알려진 지표로는 경제지표가 있으며, 경제성장률, 물가상승률, 국민총생산 등의 경제 지표값을 통해 정책 입안자와 일반 대중들은 경제 상황과 당면한 주요 문제를 어렵지 않게 판단할 수 있다(강상목, 1997).

환경 또는 생태학 관련 분야에서 지표의 개념이 사용되기 시작한 것은 1970년대 이후부터이다. 당시, 성장 위주의 정책에 의한 고도의 압축 성장으로 각종 환경문제가 유발되면서 환경에 대한 국제적 관심이 높아지기 시작하였고, 경제 지표 개발에만 관심을 두던 종전과는 달리 환경에 관련한 인자들을 계량화하고 복잡한 환경문제를 모니터링 및 예측하기 위한 환경지표에 대한 관심이 증가하기 시작하였다(서응철, 2004; 정영근 외, 2004). 1992년 유엔 환경 및 개발회의(UNCED)에서 채택된 의제 21에서는 회원국으로 하여금 환경과 자연자원 지표를 특히 강조하는 지속 가능한 발전지표 작성을 권고하였고, 1997년 2월 UN이 개최한 ‘환경통계 발전을 위한 국제회의’에서는 기초환경통계, 환경지표, 환경계정의 3대 부문을 국제적으로 추진해 나가야 할 환경통계 부문으로 설정한 바 있으며, 이후 환경상태변화를 계량화할 수 있고, 각국의 환경문제 및 정책을 비교하기 위한 수단으로도 이용할 수 있는 환경지표에 대한 관심이 날로 증대하였다(강상목, 1997).

환경지표(environmental indicators)는 ‘평가하는 시점에서 환경체계 상태의 좋고 나쁜 정도를 나타내기 위해 쓰이는 모든 척도화된 지표’로 정의되며, 환경상태 변화를 계량화하여 그 추세를 파악하고, 환경정책 목적의 달성 정도를 평가하여 국민에게 효과적으로 전달하며, 해결해야 할 환경문제에 우선순위를 부여함으로써 효율성 있는 환경정책을 수립하는 데 그 목적이 있다(강상목, 1997; 환경부, 2003; 남광희, 2004). 환경과 경제의 상생을 추구하는 지속 가능한 생태도시를 21세기 도시 패러다임으로 제시하고 있는 만큼 수질, 대기 등의 환경 분야뿐만 아니라 도시 내의 자원생산과 소비, 유통, 폐기물 발생 등 도시의 상태를 종합적으로 계산하고 제시할 수 있는 신뢰성 있는 생태지표 개발은 중요하다 할 수 있다(양진우, 2003; 남광희, 2004). 그러나 현재까지도 생태도시에 대한 정의와 개념이 불분명하여 생태도시에 관련한 계획은 여러 문헌에서 환경계획(environmental planning), 생태계획(ecological planning) 혹은 경관계획

(landscape planning) 등의 다양한 명칭으로 언급되고 있다(최희선·권영한, 2008). 국내에서 수행된 대표적인 환경지표 개발 연구로는 김귀곤 외(1990), 김귀곤·김훈희(1997), 김범철 외(2005) 등의 연구가 있고, 생태도시지표 개발연구로는 김철수(2000), 이재준(2005) 등에 의한 연구가 있다.

김귀곤 외(1990)는 가치적 접근방법(evaluative approach)과 경험적 접근방법(empirical approach)을 바탕으로 Kreisel이 제시한 환경질 지표의 산정기준(Valid, Objective, Sensitive, Specific)과 대상지역에서의 자료 수집 가능성, 선택적 가치 등을 고려하여 Table 2에 나타낸 바와 같이 환경, 건강과 교육, 사회, 경제, 정책 등 5개 분야에서 총 32개의 “도시 삶의 질 측정 지표”를 선정하고, 서울대학교와 동경대학교의 학생들을 대상으로 설문조사를 실시하여 지표 각각의 가중치를 선정하였으며, 선정된 지표를 서울의 17개 구와 동경의 23개 구에 적용하여 두 거대도시의 삶의 질을 비교·분석하였다.

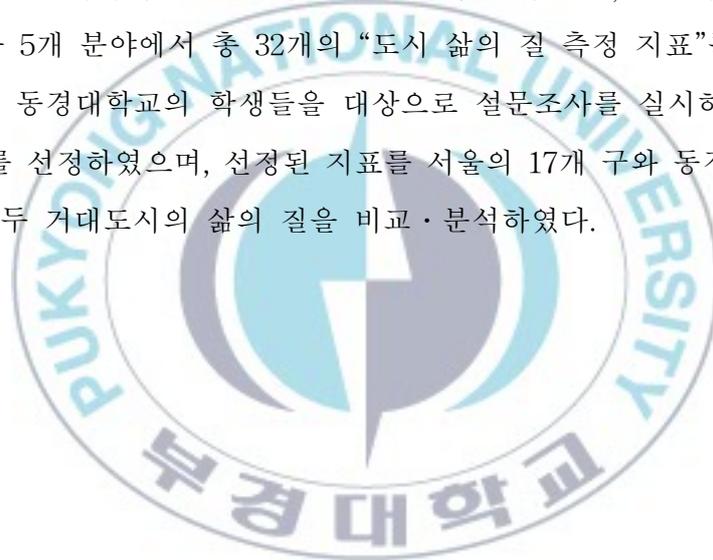


Table 2. The Quality of life index

Component	Index	Calculation or Unit	Effect
1. Environmental component	SO <sub>2</sub>	ppm	-
	BOD	ppm	-
	COD	ppm	-
	DO	ppm	+
	sunshine	hr/yr	+
	clear days	day/yr	+
	thunder storm days	day/yr	-
	waste emissions	ton per 1,000 people	-
	no. of plants	per 1,000 people	-
	parks and similar land-use ratio	parks and similar land use /total land use area×100(%)	+
2. Health and Educational component	no. of beds in general hospitals	per 1,000 person	+
	no. of children per a teacher in kindergarten	person	-
	no. of elementary students per a teacher	person	-
	no. of high school	per 1,000 person	+
	mortality rate	the death toll /no. of total population(%)	-
	no. of dentists	per 1,000 person	+
	no. of physicians	per 1,000 person	+

Component	Index	Calculation or Unit	Effect
3. Social component	water supply ratio	population using water /total population(%)	+
	population density	population/area(km <sup>2</sup> )	-
	incidence of crime	per 1,000 person	-
	no. of financial institutions	per 1,000 person	+
	no. of public library books	per 1,000 person	+
	birth rate	no. of births /total population(%)	-
	no. of theaters and venues	per 1,000 person	+
	no. of divorces	per 1,000 person	-
4. Economic component	employment rate	no. of employees/no. of people over 15 years of age	+
	no. of cars	per 1,000 person	+
	percentage of welfare family	no. of welfare family /total number of families	-
5. Political component	no. of police officers	per 1,000 person	+
	no. of firefighters	per 1,000 person	+
	social services budget	social welfare budget /total budget(%)	+
	criminal arrest rate	no. of criminal arrests /crime incidence(%)	+

Kim, Kwi-gon(1990)

김귀곤·김훈희(1997)는 기존에 수행되어 온 도시의 개별 지표 혹은 부분 지표에 관한 연구들은 도시를 종합적으로 계획하고 관리하는데 근본적인 한계를 가진다고 비판하면서, 도시를 종합적이고 자체 완결적인 관점에서 계획하고 평가하기 위한 지표가 필요하다고 주장하였다. 이에 문헌조사와 일반시민 설문조사를 통해 도시환경에 관한 이슈를 파악한 후, 지표 선정에 객관성과 합리성을 확보하기 위하여 7단계 리커트 척도법에 의한 전문가 조사를 실시하여 지속 가능한 도시 개발의 실행 척도가 되는 10가지 원칙, 68개 항목의 “도시지속성지표”를 개발하였으나, 개발된 지표 중 기초자료가 없는 것은 분석이 불가능한 관계로 제외하고, 결과적으로 Table 3에 나타난 22개의 항목만을 측정지표로 선정하여 이를 우리나라 74개 도시에 적용하여 도시 간 상대적인 지속성 정도를 비교·평가하였다.

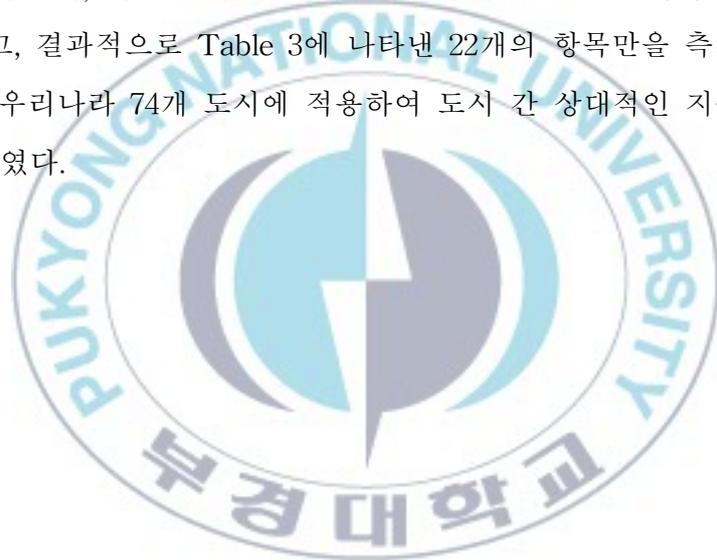


Table 3. Urban sustainability indicators

Principles of urban sustainability	Item	Measured variables	Unit	Effect
1. Prevention of environmental damage	green belt	percentage of forest land	%	+
	population	population density	person/km <sup>2</sup>	-
	conservation of national land	protective green belt space /total area of the city	km <sup>2</sup>	+
2. Consider fairness for the next generation	water quality	water pollution level	calculated by JoongAng Ilbo	-
	atmosphere	air pollution level	calculated by JoongAng Ilbo	-
	medical facilities	no. of doctors /10,000 person	person	+
	public health facilities	no. of medicine distributor /10,000 person	number	+
	prevention of disease	no. of vaccinated people /10,000 person	person	+
	sports facilities	no. of sports facilities /10,000 person	number	+
	social welfare facilities	social services expenditures	million won	+
	water service supply	water supply ratio	%	+
	housing supply	housing supply ratio	%	+
	traffic accident	no. of traffic accidents /10,000 person	case	-
	policing	criminal arrest rate	%	+
crime occurrence	crime incidence /10,000 person	case	-	

Principles of urban sustainability	Item	Measured variables	Unit	Effect
3. The use of renewable or circulating materials	water saving	water usage of one person/day	ℓ	-
5. Limited human activity	secure teachers	no. of students per class	person	-
6. Measuring prosperity (take account of the economic wealth and environmental welfare)	income level	budget per capita	won	+
	cultural space	number of cultural facilities/10,000 person	number	+
	park · amusement park	park & amusement park area/10,000 person	km <sup>2</sup>	+
	waterfront areas	river area/total area of the city	km <sup>2</sup>	+
7. Natural resource conservation	the total area of green belt	(preserve green space+ Natural green space+ productive green space) /10,000 person	km <sup>2</sup>	+

Kim, Kwi-gon·Kim, Hoon-hee(1997)

김철수(2000)는 OECD의 환경모니터링지표와 일본 内藤正明·森田恒幸의 도시환경지표체계를 결합하여 도시의 환경 자원, 환경과 인간의 조화, 도시환경용량에 대한 부하, 도시환경의 질, 지구환경보전을 위한 역할분담의 상관관계를 고려하여 59개 개별지표, 91개 상세지표를 제시하고, 이 중 전문가 인식도에 의해 비교분석 가능한 78개 항목을 추출하여 “생태도시 지표”를 구축하였다. 구축된 지표를 마산과 창원, 옛 진해시(현재의 창원시 진해구)에 적용하여 도시별 생태도시 가능성을 측정·비교하였으며, Table 4에 78개 생태도시 지표 중 일부를 제시하였다.

Table 4. Type of indicators for measuring the potential eco-city

Comprehensive Index	Intermediate indicators	Individual indicators	Detail indicators	Variables and calculation	Unit & Effects
Environmental resources of urban	diversity of environmental resources	arable land	percentage of arable land	AGR97/area	m <sup>2</sup> , +
		green	percentage of green	FOR97/area	m <sup>2</sup> , +
		bioindicator	diversity of plant species	number /area	species/m <sup>2</sup> , +
			diversity of animal species	number /area	species/m <sup>2</sup> , +
			no. of specific plant communities, natural monuments	number	number, species/m <sup>2</sup> , +
			no. of certain wild animals and plants	number	species/m <sup>2</sup> , +
	comfortable-ness of environmental resources	waterside	river area, coastal area	RIV/area LOC/area	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> , +
		landscape	no. of natural parks /city area	NNP/area	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> , +
			natural park area /city area	ANP/area	m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup> , +
	stability of environmental resources	quantity of water	groundwater bearing /city area	SUB/area	ℓ/m <sup>3</sup> , +
		sunshine	the length of sunshine hours	average of the past 10 years	HWS, +
		available land	area of less than 8 degrees slope/city area	developable area/area	m <sup>2</sup> , +

Kim, Cheol-su(2000)

이재준(2005)은 문헌 및 사례 분석, 전문가 의식조사, 다자간의사소통 체계에 의한 환류적·오류 수정식 접근 등 다양한 연구방법을 이용하여 Table 5에 나타난 바와 같이 토지이용·교통·정보통신 분야, 생태 및 녹지 분야, 물·바람 분야, 에너지 분야, 환경 및 폐기물 분야, 어메니티 분야 등 총 6개 분야에서 우리나라의 환경과 기술, 경제 수준을 고려한 “한국형 30대 핵심 생태도시 계획 지표”를 도출하였고, 이를 토대로 “환경친화적인 토지이용·교통·정보통신망 구축, 자연과 공생할 수 있는 풍부한 생태 및 녹지 환경 조성, 청정환경을 위한 물과 바람의 적절한 조절과 활용, 친환경 도시를 위한 자연 및 재생 에너지 이용, 청정환경을 위한 적극적인 폐기물 관리, 어메니티 확보를 위한 경관 및 문화시설 조성” 등의 여섯 가지를 한국형 생태도시 계획원리로 제시하였다.



Table 5. Planning indicator of the Korean style eco-city

Division	Indicators		
1. Land use · traffic · info-communications field			
land use	environment-friendly arrangement	advantage of the natural topography minimization for the topography variation environment-friendly appropriate scale density building arrangement for securing open space degree of green naturality · ecological zoning	
	development of appropriate density	map considerations selecting developing regions (considering the capacity)	
	conservation of natural resources	secure ability to self purification preservation of the excellent natural landscape	
	creation of open space and green belt	create a buffer green on the wayside · the skirts of river and use zoning	
	traffic system	segregation of pedestrian and vehicle	the expansion of pedestrian precinct (install pedestrian) networking of pedestrian space
		vitalization of bicycle use	installation of the bicycle road
		vitalization of public transport	traffic planning for transit oriented (criterion is low-emission)
	information and communications	urban and environmental management using information networks	environmental and urban management based on the secure of new technologies information · communication network
	2. Ecology & Green field		
	provision for green space	green space planning for green network	connectivity of green space(green matrix) create a green belt create a abundant city park · green space, urban forest
symbiotic relationship with organisms	developing for biotope	create a biological corridor secure habitat(wetlands, shrubbery etc.)	

Division	Indicators	
3. Water · wind field		
utilization of water resources	utilization of rainwater	create a rainwater recycling facility permeability area maximization
	eco-friendly sewage treatment	separation of rain and sewage water
making of the waterscape	making of the waterfront	making a close-to-nature stream
use of wind road	securement of wind road	creation of wind road(control of microclimate, air circulation)
4. Energy field		
natural energy usage	clean energy usage	usage increase of LPG, LNG
renewable energy usage	utilization of unused energy	local renewable energy usage (geothermal heat, river water heat, seawater heat, solar heat, wind power etc.)
5. Environment and waste field		
waste management	eco-friendly waste treatment	installation of a recycling space & bin
6. Amenity field		
landscape	formation of urban landscape	visual corridor, skyline adjustment etc.
culture	development of culture and leisure facilities	create culture and leisure facilities
participation of resident	participation of resident in community	maintenance plans of community activities and city management by citizen participation

Lee, Jea-joon(2005)

김범철 외(2005)는 도시계획요소를 기준으로 환경친화도시에 대한 필요성을 고찰하고, 전문가와 일반인을 대상으로 실시한 면접설문조사를 바탕으로 환경친화도시를 구성하고 있는 요소들을 분석하기 위한 지표를 객관화하였으며, AHP 모형을 이용하여 구성요소들의 중요도를 분석한 후, 결과적으로 Table 6과 같이 토지이용, 교통, 환경 및 에너지 절약 부분 등 총 3개 분야, 19개 항목의 “환경친화도시 구성요소”를 도출하였다.

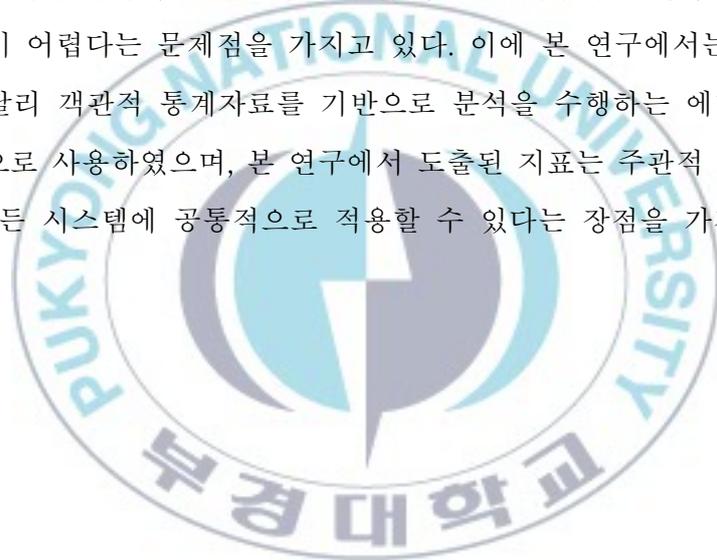
Table 6. Environment-friendly urban indicators

Upper standards	Lower standard	Valuation basis
Land usage	multipurpose on land usage	sustainable land usage for circulation of ecosystem
	vitalization of multipurpose usage	sustainable land usage
	down-grade of density of development(Floor area ratio and dwelling density etc.)	floor area ratio, dwelling density
	formation and arrangement of blocks based on efficiency of land usage, sunshine, ventilation and environment	sustainable land usage, increase in energy efficiency
	concentration on convenient and public facilities	accessibility(convenience), consistency with neighbouring environments
	up-grade of floor area ratio for energy efficiency in urban areas (high density)	increase in energy efficiency
	down-grade of floor area ratio in rural eco-housing(low density)	housing complex development for circulation of ecosystem

Upper standards	Lower standard	Valuation basis
Traffic	encourage on public transport utilization	connection of public transport
	transports for minimizing fossil fuels	ratio of natural gas buses
	usage in sidewalk and bicycle	accessibility
	construction of exclusive pedestrian pathway	convenience
	decrease in road width and pavement of un-even road	flow of traffic
Environmental and Energy-saving	energy efficiency/Building environment with informative function	increase in energy efficiency and energy saving
	environmental planning for reduction in pollutant emissions	circulation of atmosphere for ecological environment
	increase in district heating facilities	increase in energy efficiency and energy saving
	increase in usage of clean energy	sustainable energy usage for ecological environment
	increase and connection in open space	housing complex development for circulation of ecosystem
	usage of waste heat: cogeneration district heating	increase in energy efficiency and energy saving
	low temperature heating strategy connected with district heating system	increase in energy efficiency and energy saving

Kim, Bum-chul et al.(2005)

앞서 제시한 선행 연구들은 도시 삶의 질 혹은 도시의 지속성 및 생태성 등을 측정하기 위한 지표 개발을 통해 하나의 도시를 분석하거나, 둘 이상의 도시를 비교·분석하여 도시의 현 상태를 파악하고, 시민과 기업체에 경각심을 유발함으로써 환경보전에 대한 인식을 제고하였을 뿐만 아니라, 도시문제 해결에 시민 참여를 유도하였다는 점에 의의가 있다. 그러나 선행 연구들의 지표 개발에서 주된 방법으로 사용한 설문조사법은 연구자와 설문 응답자의 전공과 성향에 따라 도출되는 평가지표가 달라질 수 있다는 한계를 가지고 있으며, 평가 대상지의 환경상태에 따라서도 가변적일 수 있어 연구 대상지를 제외한 지역에 그대로 적용하기 어렵다는 문제점을 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 기존의 분석방법과는 달리 객관적 통계자료를 기반으로 분석을 수행하는 에머지 분석법을 연구방법으로 사용하였으며, 본 연구에서 도출된 지표는 주관적 의사가 배제된 지표로 모든 시스템에 공통적으로 적용할 수 있다는 장점을 가지고 있다.



### Ⅲ. 연구 방법

#### 1. 대상지역 선정

1992년 유엔회의(UNCED)에서 환경보전을 위한 공동 대응방안을 마련하고, 1994년 제3차 지구환경회의에서 지방정부 역할의 중요성을 강조한 지역 단위의 실천 의제 ‘지방의제 21(Local Agenda 21)’ 수립을 권고한 이후, 부산시는 환경거버넌스 구축을 위하여 1995년 9월 ‘녹색도시 부산 21’을 제정·발표하였다. 이는 우리나라 최초로 수립된 지방의제 21로서 “자연과 사람이 공생하는 생태도시”를 지향하며, “나아가 지구환경보전을 통한 인류 공영에 이바지하는 것”을 목표로 하고 있다(부산시, 2011).

본 연구는 1995년 지방의제 21을 최초 수립하고, 1999년 실천지침서 마련과 추진을 통해 “쾌적한 환경창출, 환경을 배려한 사회구조 실현” 등의 지속 가능한 정책들을 시행해 오고 있는 부산광역시를 대상으로 하였다(부산광역시환경보전종합계획, 2010). 분석 대상 시스템의 경계는 육역의 경우, 부산광역시 통계연보(2010)의 행정구역 경계를 기준으로 하였고, 해역의 경우, “해안선으로부터 영해(領海)의 외측한계(外側限界)까지의 사이”로 정의되는 「연안관리법」의 기준을 따랐다.

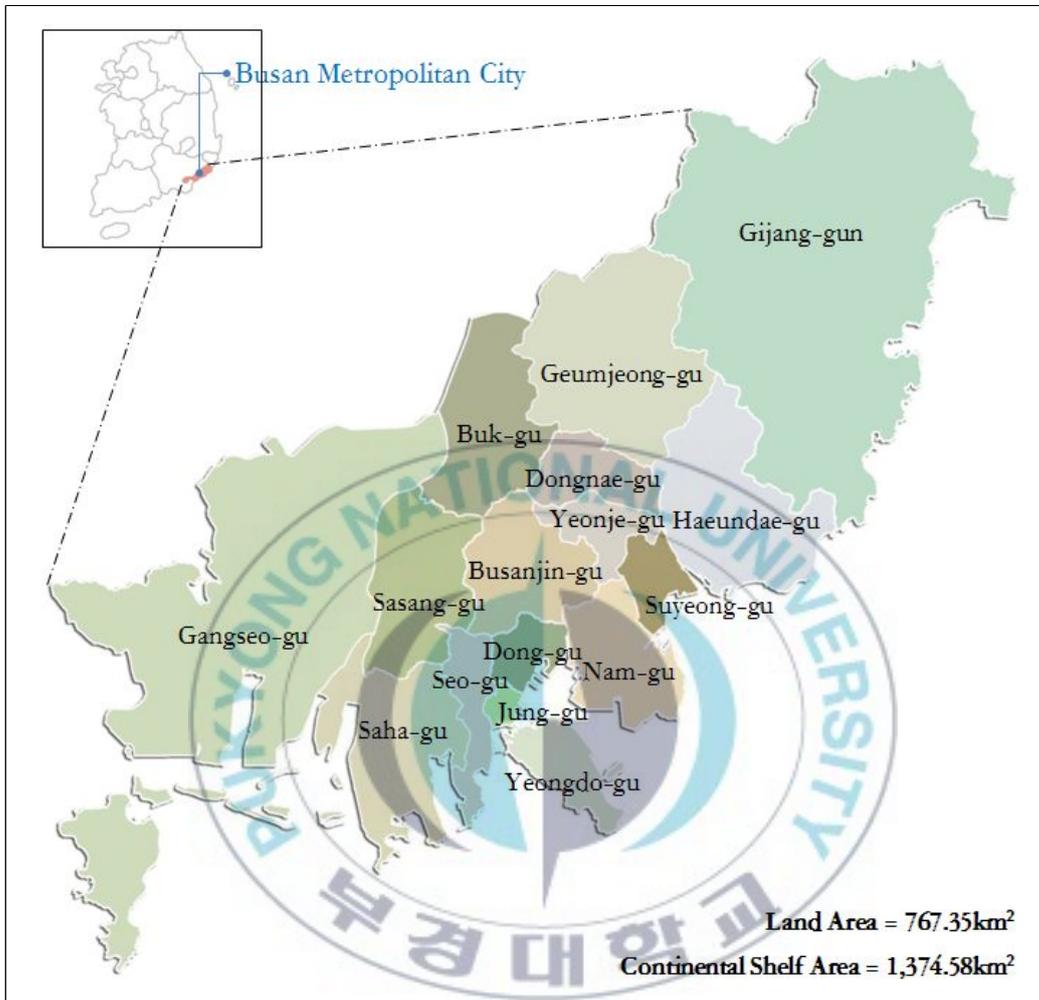


Fig. 1. Map showing study area.

## 2. 대상지역의 현황

### 가. 위치 및 자연환경

동단 동경 129° 18' 13" (장안읍 효암리), 서단 동경 128° 45' 54" (천가동 미백도), 남단 북위 34° 52' 50" (다대동 남형제도), 북단 북위 35° 23' 36" (장안읍 명례리)의 북반구 중위도와 동반구 중경도에 위치하고 있는 부산광역시는 천혜의 양항(良港)인 부산항을 모체로 한 우리나라 제2의 도시이자 제1의 항만 도시로 1876년 국제항으로 개항한 이후 발전을 거듭하여 국제 해상 운송의 주항로와 아시아와 시베리아, 유럽에까지 이르는 대륙의 관문으로 자리매김하였으며, 동남경제권의 중심도시로 발전하였다(부산시, 2011).

한반도의 동남단에 위치하여 동쪽으로는 동해, 남쪽으로는 다대만과 부산만, 수영만을 끼고 있는 부산시는 대륙 동안의 온대계절풍 기후대에 속하면서도 해양의 영향으로 전형적인 해양성 기후를 보이며, 지난 10년(2001~2010)간 기후 평년값은 Fig. 2와 같이 평균기온 14.8°C, 평균 최고기온 19.0°C, 평균 최저기온 11.6°C로 연중 온화한 기후를 보인다(부산시, 2011).

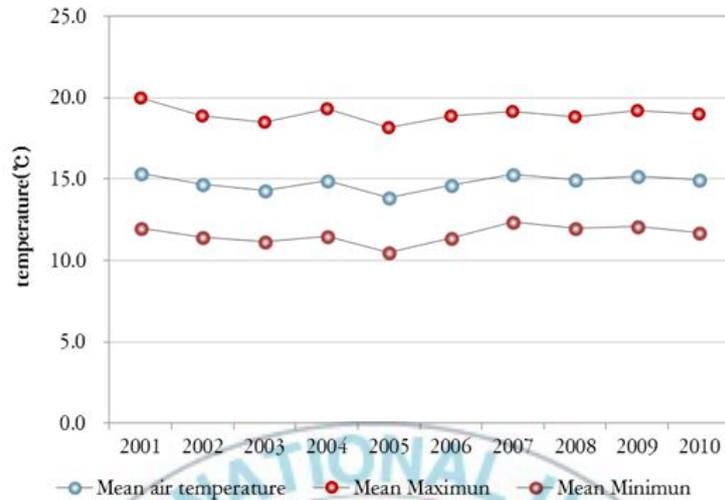


Fig. 2. Temperature changes for past 10 years in Busan Metropolitan City(2001~2010).

#### 나. 토지 및 인구

부산시는 1876년 개항 이후, 국권 피탈과 함께 일본자본이 집중적으로 투자되면서 우리나라의 무역 및 상공업 중심지로 발전하였다. 1914년 3월 1일, 일제의 행정구역 개편에 따라 근대도시의 성격을 갖추기 시작하였으며, 당시 84.15 km<sup>2</sup>에 불과하던 토지면적은 1963년, 부산이 정부직할시로 승격되면서 현재 금정구의 일부인 동래구 북면과 구포, 사상 지역 편입을 시작으로 연이은 주변지역 편입과 해안지역 매립 등으로 행정구역이 꾸준히 확장되었으며, 2010년을 기준으로 그 면적이 767.35km<sup>2</sup>까지 확장되었다(부산시, 2011). 지역 확장과 항만 발달로 인한 수출입 물동량 증가, 공업화 전략을 기반으로 한 급속한 경제 개발과

도시화 촉진으로 농어촌 인구가 유입됨에 따라 일제 말기인 1940년부터, 해방 되던 1945년까지 연평균 3.4%의 점진적인 증가율을 보이던 부산 인구는 1945년 광복 이후 감소하는 듯하였다. 그러나 당시 인구 감소 현상은 부산에 거주하던 일본인들이 물러감에 따른 일시적인 현상이었으며, 부산시 도시 발전의 변곡점이 된 6·25전쟁 발발 직전해인 1949년까지 해방과 6·25동란으로 인한 사회적 요인으로 귀한동포와 피난민이 대거 유입됨에 따라 연평균 16.8%의 급격한 인구증가를 보였으며, 1955년 100만 명을 넘어서게 되었다. 이후, 경제개발 5개년 계획의 추진에 따른 경제발전과 도시화 촉진, 행정구역 확장 등으로 농어촌의 인구가 부산시 내로 급격하게 유입됨에 따라 1980년 인구 300만 명이 넘는 대도시로 성장하였고, 1994년에는 거의 400만 명에 육박하기에 이르렀다. 그러나 1981년 이후 수출부진에 따른 부산항의 물동량 감소와 대도시를 제외한 정부투자, 공장의 지역외 이전 등을 이유로 인구 증가 속도는 둔화되기 시작하였고(유은철, 2006), 1995년 이후부터 현재까지 취업과 주택 등의 문제로 인한 사회적 유출 및 낮은 출산율로 감소추세가 지속되고 있다. 최근 일자리 창출과 도시정주여건 개선, 출산장려정책 등의 적극적인 인구증대 정책으로 감소율이 다소 둔화되고 있으나 전체적인 변동률은 그리 크지 않다.

Sacks(1977)는 인구규모에 의해 도시를 세 단계로 분류하였는데, 인구 5만 이하의 도시를 소도시, 5만 이상 100만 이하의 도시를 중소도시, 100만 이상을 대도시로 규정하였다. 2010년 기준으로 총 인구수 3,600,381명인 부산시는 인구 규모면에서 전형적인 대도시의 특징을 보이고 있으며, 우리나라 7대 대도시 중 서울에 이어 두 번째로 많은 인구가 거주하고 있고, 인구밀도 역시 7대 대도시 중 2위를 점하고 있다(황영우 외, 1997; 부산시, 2011)(Fig. 3).

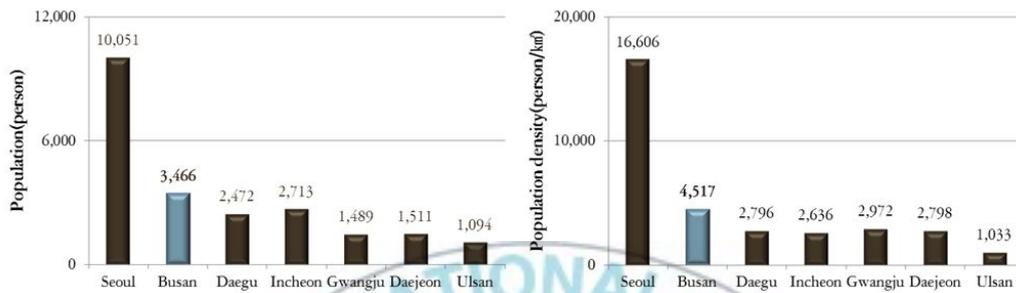


Fig. 3. Population and population density of Busan Metropolitan City(2010).

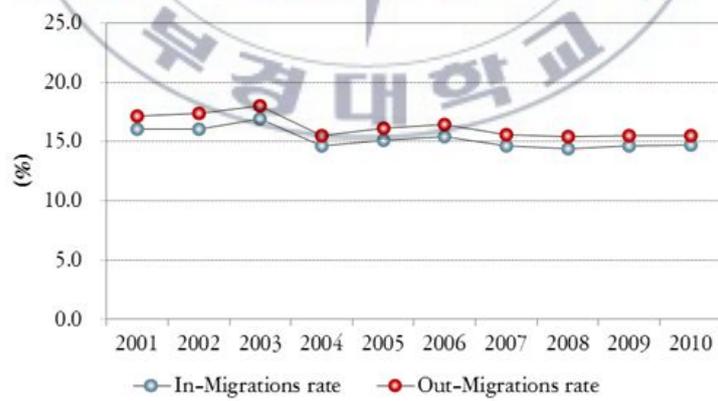


Fig. 4. Population movement trend 2001~2010.

## 다. 산업구조 및 경제활동

1995년 광역시로 승격한 부산시는 1960년대와 1970년대 중반까지 식품·섬유·합판 등의 경공업 중심의 우리나라 공업화를 선도하며 전국 수출 총액의 20~25%를 점할 정도로 고도의 경제성장을 이룩하였다. 그러나 1970년대 중화학공업을 육성하는 경제정책에 따라 경공업은 쇠퇴하였고, 1980년 제2차 오일 파동으로 인하여 지역 경제의 구조적인 모순이 나타나기 시작하였으며, 1990년대에는 계속되는 지역 기업들의 이탈로 지역 경제는 침체되었다. 이에 부산시는 지역 경제 활성화를 위하여 부산발전 2020 계획, 신부산발전 2020 계획을 수립·추진하고 있으며 해양산업, 기계부품, 관광컨벤션 등 미래신성장 산업을 10대 전략사업으로 선정하여 집중적으로 육성하는 등 산업의 구조조정과 산업구조 고도화를 위해 노력하고 있다.

Fig. 5에서와 같이 농림·어업으로 구분되는 1차 산업은 부산시 전체 사업체 수의 1.0%에도 미치지 못하고, 제조업 중심의 2차 산업(광업, 제조업, 전기·가스·증기 및 수도사업, 하수·폐기물 처리·원료재생 및 환경 복원업, 건설업)의 경우 증가와 감소를 반복하고 있으나 그 범위가 12.3~13.7% 사이로 큰 변동 없이 유지되고 있으며, 3차 산업(1, 2차 산업을 제외한 그 외의 산업)이 86.8~87.6%의 범위로 가장 많은 비중을 차지하고 있다. 2010년 현재, 경상가격을 기준으로 한 부산시 산업구조는 Fig. 6과 같이 3차 산업이 72.3%로 가장 높은 비중을 차지하고 있고, 2차 산업인 제조업과 건설업이 각각 21.0%, 5.8%로 그 뒤를 따르고 있는 것으로 나타났다. 도시는 인구밀도가 높으면서 1차 산업에 비해 2·3차 산업의 비율이 높고 인공화가 상당히 진행된 지역으로 정의되는데(대한국토·도시계획학회, 2004), 3차 산업의 비중이 절대적으로 높은 부산시는 전형적인 대도시 산업구조의 형태를 보이고 있다.

산업별 취업인구는 전체 취업인구 1,574,000 명 중 3차 산업 종사자 수가

1,292,000 명, 2차 산업 종사자 270,000 명, 1차 산업 종사자가 12,000 명으로 산업구조와 동일하게 3차 산업(82.1%), 2차 산업(17.2%), 1차 산업(0.8%) 순으로 나타났다(부산시, 2011).



Fig. 5. Primary, secondary, tertiary industry 2001~2010.



Fig. 6. Industrial structure of Busan Metropolitan City(2010).

## 라. 환경현황과 생태도시 지표

1960년대 후반부터 세계적으로도 유례가 없는 고도의 발전을 이룩한 우리나라는 경제성장 우선 정책으로 인하여 환경문제에 대한 투자가 상대적으로 미비하였다. 특히 타도시들과는 달리 독특한 역사·지리적 특성을 배경으로 빠르게 압축 성장한 부산시에서는 무계획적인 건설과 도로 확장, 비효율적인 토지 이용 등으로 인한 심각한 오염문제가 발생하였다. 각종 환경문제로부터 야기된 이상기후 현상의 증가로 환경오염에 대한 심각성을 인지한 부산시는 세계적인 추세와 국가의 정책에 맞추어 도시계획 수립 시 환경 관련 계획을 추가하기 시작하였으며, 1995년 우리나라 최초로 지방의제 21(Local Agenda 21, 녹색도시 부산 21)을 제정·발표하였다. 생태도시를 지향 목표로 하는 녹색도시 부산 21은 환경적으로 건전하면서 지속 가능한 도시발전을 위한 의제와 이를 평가하기 위한 지표로 구성되어 있다. 처음 제정 당시(1999년 9월 19일)에는 “환경에 적합한 녹색시민생활의 정착, 쾌적한 녹색도시 환경의 창출, 환경을 배려한 사회구조 실현”의 3대 기본원칙을 중심으로 한 21개 행동계획이 그 내용이었으나, 21개의 의제들이 방대한 내용을 백과사전처럼 포괄하고 있다는 점과 내용이 중복되고 환경 분야에만 치우쳐 있다는 점 등의 문제들이 제기되었다. 이에 2004년에 기본방향을 재정비하여 “건강한 환경보전, 지속 가능한 도시시스템 구축, 살맛나는 사회조성” 등의 3대 기본원칙과 10개의 행동계획, 42개 의제 및 지표로 재구성되었고, 2011년 일부 의제 및 지표가 다시 수정되어 3대 기본원칙, 10개 행동계획, 30개 실천사항 및 지표로 재구성되어 현재까지 유지되고 있다 (Table 7).

Table 7. Local agenda 21 for Busan

Branch	Agenda	Index
Protection of the healthy environment		
Air	I -1. clean air, blue skies, cozy	
	reduce amount of dust	PM-10 concentration
	reduce amount of fossil fuel used	consumption of final energy
Water	reduces vehicle exhaust gas	CO <sub>2</sub> concentration
	I -2. crystal clear water flowing	
	clear water to flow in the river	excess rate of the environmental standard(grade IV) for water quality
	make the sea of refreshing smell	exceed rate of the sea water quality standard(grade II)
Creature	reduce water consumption	water consumption per person per day
	I -3. healthy & various living things	
	cultivate dense woods	ratio of forest field · park
	preserve wetlands	ratio of rice paddy · river · marsh
	increase the amount of a nest for migratory bird	migrant birds genus and number in Nakdong estuary
Buildup of sustainable urban system		
Waste	II -1. reusing resources without creating waste	
	reduce waste	waste generation amount
	increase the recycling rate	recycling ratio
	reduce food waste	annual food waste generation amount
Energy	II -2. sustainable & energy self-sufficient urban	
	reduce energy consumption	annual energy consumption per capita
	efficient use of energy	unspecified
Traffic	increase the use of renewable energy	renewable energy production
	II -3. cozy streets, traffic culture in consideration for others	
	build pedestrian-friendly & safe streets	no. of pedestrian accidents
	increase the traffic culture level	traffic culture index
	increase use of public transportation	transport share rate of public transportation

Branch	Agenda	Index
Urban Planning	II-4. place of beautiful & harmonious living	
	create abundant a green belt	park area per capita
	preserve the beautiful coastline	extension of a coastline
	establish harmonious urban planning	unspecified

Creation of society worth living in

Culture	III-1. magnificent cultural city	
	increase friendly cultural space	no. of cultural facilities
	increase cultural activists	no. of registered of cultural activities
	makes the living and breathing culture city	rate of performing arts
Welfare	III-2. all citizens are friendly neighborhood	
	increase convenient facilities for people with a mobility impairment	no. of people of a social welfare organization
	create an environment that young people can grow brighter and healthy	no. of a teenagers training facilities
	expand social participation of the weak	economic activity rates of the woman · disabled person · senior citizen
Solidarity and Cooperation	III-3. city helping and sharing each other	
	cooperation and regiment strengthening between regions for sustainable development	participation rate in volunteer activities
	strengthening global cooperation and regiment for solving of global environmental problem	unspecified
	consideration for the future generation	environmental budget ratio

<http://www.busan.go.kr>

### 3. 에머지 분석법

#### 가. 에머지와 에너지 변환도

미국의 시스템생태학자 H. T. Odum이 제안한 에머지 평가법은 제품과 서비스 생산에 사용된 인간의 일 뿐만 아니라 자연의 일까지 모두 측정 가능한 평가법이다(H. T. Odum, 1996). 에머지 평가법에서 논의되는 에머지(emergy)는 기존의 경제적 관점에서 과소평가되거나 무시되어 온 자연환경 자원의 가치를 재평가하고, 실제적인 부(real wealth)의 관점에서 자연환경 자원이 경제에 미치는 환경적·경제적 기여도를 측정할 수 있는 척도로, 어떠한 제품이나 물질이 연소할 때 발생하는 열을 측정하여 칼로리(calorie) 혹은 줄(joule)로 나타내는 에너지(energy)와는 구분되는 개념이다. 에너지는 제품이나 물질이 현재 가지고 있는 일을 할 수 있는 잠재적 능력을 의미하는 데 반해, 철자 "M"으로 쓰이는 에머지(emergy)는 현재 가지고 있는 에너지뿐만 아니라 생산과정에서 과거에 소모된 모든 에너지를 포함하는 개념으로 “한 가지 서비스 혹은 제품이 만들어지기까지 직·간접적으로 이미 사용된 한 종류의 이용 가능한 에너지”로 정의되며(Odum, 1983, 1994, 1996), emjoule을 단위로 사용하고, “이전에 소모된 이용 가능한 에너지의 기록”이라는 점에서 “energy memory”로 나타내기도 한다(Odum, 1983).

에머지 분석법에서 “한 종류의 이용 가능한 에너지”를 사용하는 것은 계층구조(hierarchy)로 형성된 서로 다른 형태의 에너지들은 일을 수행할 수 있는 능력, 즉 에너지의 질이 동일하지 않으므로, 동일한 척도로 환산하는 과정 없이 직접 비교하는 것은 불가능하기 때문이다(Odum, 1996). 예를 들어, 석탄과 전기가 각각 1J씩 있다고 가정할 때, 석탄과 전기는 같은 에너지량을 가지고 있지

만, 석탄 1J로 만들 수 있는 전기는 0.25J에 불과하다. 다시 말해, 석탄 1J과 전기 1J이 할 수 있는 일의 능력은 같지 않으므로 석탄과 전기의 능력을 에너지량만을 가지고 단순 비교하게 되면 오류가 발생하게 된다. 이처럼 서로 다른 형태의 에너지를 비교할 때에는 비교하고자 하는 에너지들이 만들어지기까지 사용된 내재 에너지(embodied energy)로 환산한 후 비교하여야 하며, 이때의 내재된 에너지를 에너지 변환도(transformity)로 나타낸다. 에너지 변환도는 하나의 생산품이 만들어지기까지 이용되어진 모든 에너지의 합을 그 생산품이 현재 가지고 있는 에너지로 나누어 산정할 수 있으며, 단위는 emjoules/J을 사용하여 나타낸다(Odum, 1996). 현재, 서로 다른 형태의 에너지를 합산하기 위하여 기준으로 삼고 있는 것은 지구 에너지의 기원인 태양 에너지이며, 하나의 생산품 1J을 만들기 위해 직접 혹은 간접적으로 사용되어진 모든 에너지를 태양 에너지량으로 환산하여 나타낸 것을 태양에너지 변환도(solar transformity)라고 정의하며, 단위는 solar emjoule/J(sej/J)을 사용한다(Odum, 1996).

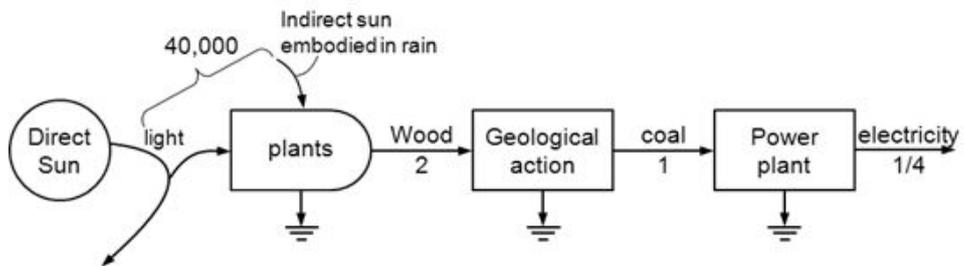


Fig. 7. Energy quality chain used to calculate solar transformity(Odum, 1988).

## 나. 에머지 분석법

에머지 분석 과정은 크게 세 단계로 진행된다. 첫 번째 단계에서는 평가 대상 시스템의 구성요소들과 이들 상호 간에 일어나는 물질과 에너지 흐름을 전체적으로 파악하기 위한 에너지시스템 다이어그램을 작성한다. 두 번째 단계에서는 완성된 에너지시스템 다이어그램을 바탕으로 시스템을 구성하고 있는 주요 성분들의 실질적 가치를 평가하기 위한 에머지 분석표를 작성하고, 작성된 에머지 분석표를 이용하여 마지막 세 번째 단계에서 평가 대상 시스템의 특성을 파악하기 위한 에머지 지표를 계산한다(강대석·남정호, 2003).

### 1) 에너지시스템 다이어그램

에너지시스템 다이어그램은 평가하고자 하는 대상 시스템의 특성을 파악하기 위하여 작성하는 시스템 모델로 Odum(1996)이 제안한 에너지시스템 언어(energy systems language)를 이용하여 평가 대상 시스템의 주요 구성성분들과 이들 사이의 유기적인 연결 관계를 시각적으로 나타내는데, 에너지시스템 언어에서 사용하는 기호의 일부를 Fig. 8에 제시하였다.

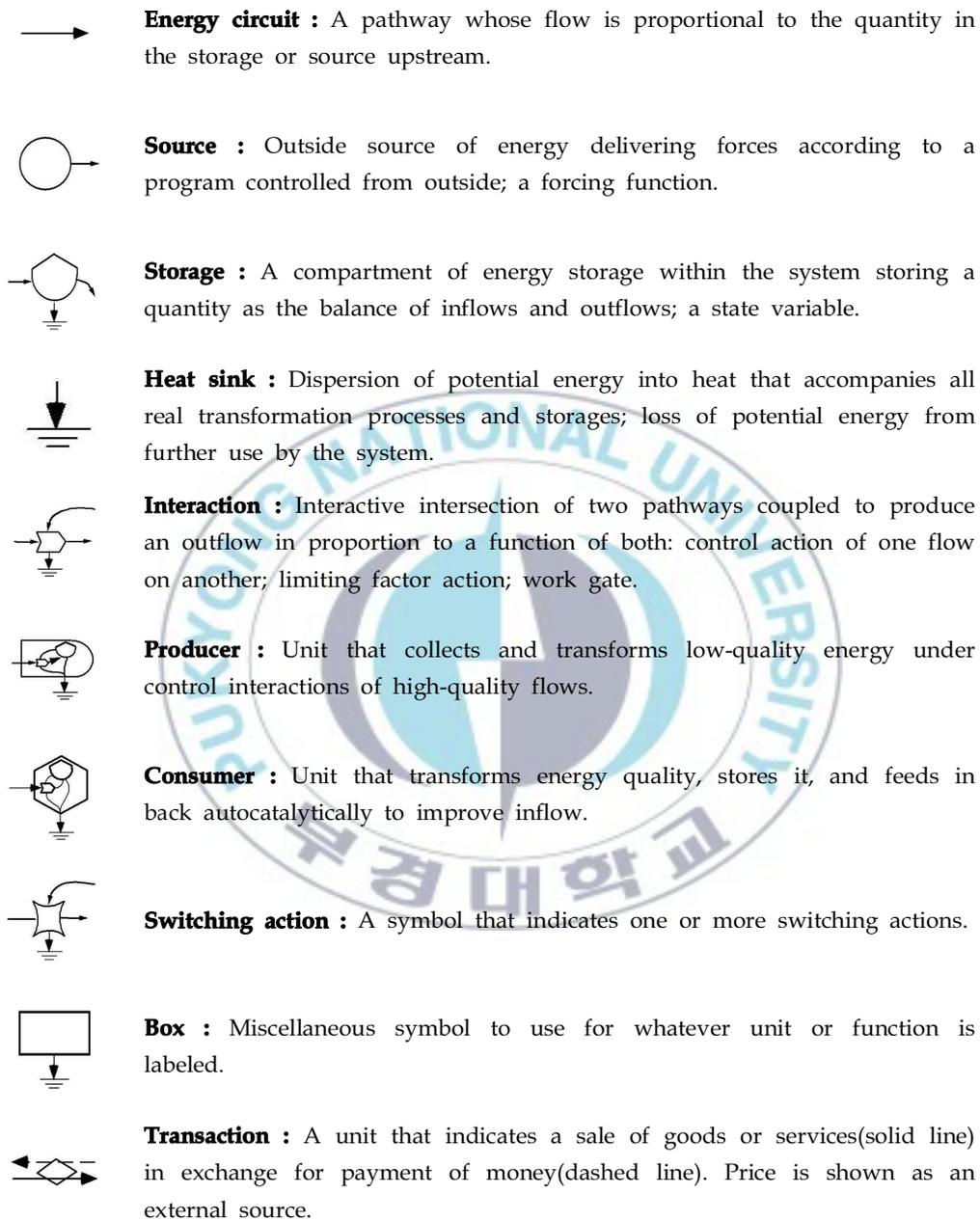


Fig. 8. Symbols of energy systems language(Odum, 1983).

에너지시스템 다이어그램 작성은 크게 5단계로 이루어진다. 1단계에서는 연구의 목적에 따라 분석 대상 시스템의 경계를 설정하고, 2단계에서는 시스템 내부에 영향을 미치는 중요한 외부 요소들을 모두 파악하여 나열하는데, 여기서 외부 요소란 시스템의 경계 밖에서 내부로 유입되는 태양, 바람, 비, 강우 등의 자연적인 요소와 연료, 전기, 재화와 용역 등의 인위적인 요소들을 모두 포함한다. 3단계에서는 시스템 내부의 필수 구성요소를 파악하여 나열하고, 4단계에서는 내부 구성요소와 외부요소를 연결하는 주요 흐름과 상호관계, 생산 및 소비 프로세스, 그리고 주요한 화폐 흐름을 파악하며, 마지막 5단계에서는 시스템 경계를 기준으로 외부 에너지원과 내부 에너지원을 에너지 변환도(transformivity)가 낮은 것부터 왼쪽에서 오른쪽으로 적절한 위치에 배치하고, 4단계에서 파악한 흐름에 따라 구성요소들을 연결하여 에너지시스템 다이어그램을 완성한다 (Odum, 1996).

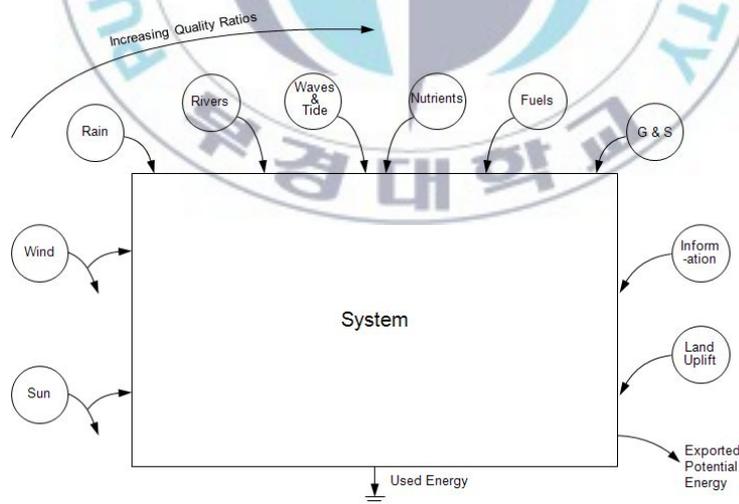


Fig. 9. Typical energy sources driving an environmental system arranged in order from low quality on left to high quality on right(Odum, 1983).

## 2) 에머지 분석표 작성

에너지 다이어그램에서 파악된 시스템 주요 구성성분들의 실질적인 가치와 역할을 정량화하기 위하여 Table 8과 같은 형식의 에머지 분석표를 작성한다.

에머지 분석표의 첫 번째 열에는 각 항목의 자료 출처와 에머지 계산과정을 나타내기 위한 주석번호를 기재하고, 두 번째 열에는 에너지시스템 다이어그램에서 파악된 주요 에너지원 항목을 기재하는데, 이때 주요 유입과 유출, 내부 주요 구성성분을 나누어 기재한다. 세 번째 열에는 각종 통계와 문헌을 이용하여 산정한 각 에너지원의 실제 에너지(J/yr), 물질(G/yr) 또는 화폐(\$/yr, ₩/yr) 단위의 값을 기재하는데 본 연구에서는 「부산시 통계연보」, 「한국전력통계자료」, 「임산물생산조사」, 「기상연보」 등 신뢰할 수 있는 기관의 통계보고서와 국가지하수정보센터([groundwater.kowaco.or.kr](http://groundwater.kowaco.or.kr)), 통계청([kostat.go.kr](http://kostat.go.kr)), 물환경정보시스템([water.nier.go.kr](http://water.nier.go.kr)) 등 관련 기관의 내부 자료를 통해 에너지원별 실제 값을 산정하였으며, 통계자료 가운데 2010년도의 자료가 가장 최신인 것들이 있었기에 자료 발생연도의 통일성 확보를 위하여 2010년을 연구대상 연도로 선정하였다. 네 번째 열에는 각 항목의 태양에너지 변환도를 기재하는데, 직접 계산하거나 선행 연구에서 산정된 값을 이용한다. 다섯 번째 열에는 세 번째 열의 실제 값과 네 번째 열의 태양에너지 변환도를 곱하여 산정된 태양에머지 값(sej/yr)을 기재하고, 마지막 여섯 번째 열에는 다섯 번째 열의 태양에머지 값을 대상 시스템이 속해 있는 전체 시스템의 에머지-화폐비율(emergy-money ratio)로 나누어 구한 Emvalue(Em\$/yr, Em₩/yr 등)를 기재한다.

대상 시스템으로 유입된 총 에머지값은 평가표에 있는 각 항목의 태양에머지 값을 더하거나 필요에 따른 관련 항목끼리 더하여 다음 단계의 에머지 지표 산정에 이용하는데, 이 과정에서 이중 계산(double counting)에 주의해야 한다 (Odum, 1996). 예를 들어 바람과 강우는 태양에너지가 지구를 가열하여 생기는

자연현상이므로 자연환경의 에머지량을 태양, 바람, 강우 에머지를 모두 더한 총량으로 계산하면 태양에머지의 값을 이중 계산(double counting)하는 오류를 범하게 되며, 이처럼 두 가지 이상의 에너지가 기원을 같이 하는 경우에는 에머지 값이 가장 큰 에너지 하나만 선택하여 계산에 이용해야 한다.

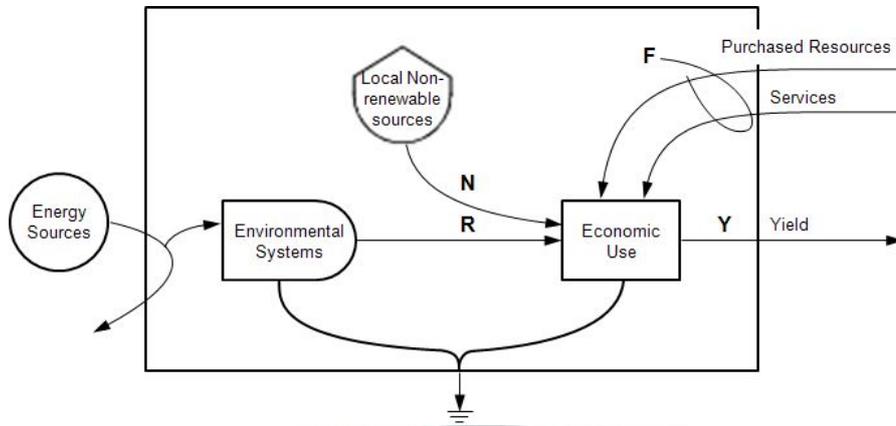
**Table 8. Tabular format for the energy analysis**

No.	Energy source	Data Raw Units (J, g, or ₩/yr)	Solar Transformity (sej/unit)	Solar Energy (sej/yr)	Emvalue (em\$/yr, em₩/yr)
(one line here for each process, or storage of interest)					

### 3) 에머지 지표

에머지 지표는 앞서 작성된 에머지 분석표를 기초로 하여 Fig. 10에 나타낸 식으로 산정할 수 있으며, 산정된 에머지 지표는 평가 대상 시스템의 상태에 관한 정보를 제공하고 다른 시스템과의 비교·평가를 가능하게 하며, 정책 결정에 사용되기도 한다.

에머지 지표를 계산하기 위하여 평가하고자 하는 대상 시스템의 총 에머지를 시스템 내부로 유입하는 자연환경 자원(태양, 바람, 강우 등)과 같은 재생 가능한 유입 자원의 에머지(R)와 시스템 내부의 재생 불가능한 보유 자원의 에머지(N), 그리고 시스템 경계 밖에서부터 유입되는 화석연료, 전기, 각종 재화와 용역 등의 구입 자원의 에머지(F)로 구분하여 나타내며, 대상 시스템의 최종 산물에 포함된 에머지량(Y)은 재생 가능한 유입 자원의 에머지(R)와 재생 불가능한 보유 자원의 에머지(N), 재생 불가능한 구입 자원 에머지(F)의 합으로 산정한다.



$$\text{Yield}(Y) = R+N+F \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{Energy Yield Ratio(EYR)} = Y/F \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Environmental Loading Ratio(ELR)} = (F+N)/R \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{Energy Sustainability Index(EmSI)} = \text{EYR}/\text{ELR} \quad \dots\dots\dots (4)$$

Fig. 10. Energy based indices, accounting for local renewable energy inputs(R), local nonrenewable inputs(N), and purchased inputs from outside the system(F)(Brown and Ulgiati, 1997).

**(1) 에머지 생산비율(Energy yield ratio, EYR)**

에머지 생산비율(EYR)은 대상 시스템이 생산한 최종 산물의 에머지(Y)와 외부에서 구입한 자원의 에머지(F)의 비로, 생산물이 가지는 자원으로서의 가치를 평가하거나 시스템의 효율성을 평가하는 데 이용한다. 에머지 생산비율의 값이 큰 시스템일수록 생산과정이 경제에 기여하는 바가 큰 시스템, 다시 말해 실질적인 부를 창출하는 데 있어 경쟁력이 높은 시스템이다.

$$EYR = \frac{(R+N+F)}{F} = \frac{Y}{F}$$

## (2) 환경 부하비(Environmental loading ratio, ELR)

환경 부하비(ELR)는 재생 불가능한 자원의 에머지(외부 구입 자원과 내부 보유 자원 에머지의 합(F+N))와 재생 가능한 환경 자원의 에머지(R)의 비로 산출되며, 평가 대상 시스템의 경제활동이 자연환경에 미치는 압력의 정도를 파악할 수 있는 지표이다. Brown and Uligiati(1997)는 환경 부하비가 10보다 클 경우 환경에 대한 영향이 큰 시스템으로 간주하였고, 3보다 작을 경우 환경에 대한 영향이 적은 시스템, 3에서 10 사이의 범위일 경우 환경에 대한 영향이 비교적 크지 않은 시스템으로 간주하였다.

$$ELR = \frac{N+F}{R}$$

## (3) 에머지 지속성 지표(Emergy Sustainability Index, EmSI)

에머지 생산비(EYR)와 환경 부하율(ELR)의 비로 계산되는 에머지 지속성 지표(EmSI)는 평가 대상 시스템이 현재의 환경상태와 동일한 경제활동을 유지할 때 시스템의 지속성이 얼마나 유지되는지를 나타내는 지표이다. Brown and Uligiati(1997)는 지속성 지표값이 10 이상일 경우 장기적으로 지속적인 발전 가능성이 높은 시스템, 1보다 작을 경우 지속적인 발전 가능성이 낮은 시스템, 1에서 10 사이일 경우 지속성이 중간정도인 시스템으로 구분하였다.

$$EmSI = \frac{EYR}{ELR}$$

## 다. 에머지 지표를 이용한 생태도시 지표 선정

생태도시 계획은 기존의 도시계획에 자연 생태계의 기본원칙인 다양성과 자립성, 순환성, 안전성의 개념을 적용하여 인간과 환경이 공존할 수 있도록 만들 고자 하는 노력이다(이동근, 1997; 김귀곤, 1997; 양병이, 2011). 그러나 생태학 에서 논의되는 생태계의 4대 기본원칙인 다양성의 원칙, 자립성의 원칙, 순환성 의 원칙, 안정성의 원칙을 도시에 그대로 적용하여 생태도시 지표로 표현하기 에는 다음과 같은 한계가 있다.

먼저, 생태학에서 이야기하는 첫 번째 원칙인 다양성(多樣性)이 생태도시에 적용될 경우에는 생태학에서 일반적으로 논의되는 생물 다양성(biodiversity)만 을 의미하는 것이 아니라 인구, 산업, 교통, 에너지, 직업 등 도시를 구성하고 있는 모든 구성요소들의 다양성을 의미한다(김철수, 2000; 양병이, 2011). 즉, 자 연 생태계에서 단일 종의 나무가 수천 그루가 있는 것보다 다양한 종류의 수종 이 적절한 비율로 존재할 때 생물종다양성을 갖추는 것과 마찬가지로 생태계의 원칙을 지향하는 생태도시 역시 도시 시스템 내에 다양한 유형의 산업이 존재 하여야 하고, 시스템 유지를 위해 소비되는 에너지 자원의 종류 역시 다양하게 존재해야 한다는 개념이다. 그러나 이러한 다양성은 국가적 차원에서 적용될 때 효과적인 개념으로 한 국가가 산업, 교통, 에너지 등의 분야에서 다양성을 가지는 것은 국가 경쟁력 차원에서는 긍정적인 영향을 미치지만, 도시적 차원 에서는 동종 또는 유사한 업종이 좁은 공간에 집중적으로 입지하여 상호 연관 된 활동을 함으로써 발생하는 지역화 경제(localization economies)의 효과가 다 양한 산업들이 모여 있으므로 말미암아 발생하는 도시화 경제(urbanization economies)의 효과보다 지역 경제에 미치는 긍정적인 영향이 더 크다는 연구 결과가 일반적이다(김계숙·고석찬, 2009). 따라서 하나의 도시를 대상으로 하 는 본 연구의 평가 대상에서 다양성의 원칙은 제외하였다.

순환성(循環性)의 원칙은 자연 생태계에서 물질 및 에너지의 흐름이 원활하게 순환하는 것을 말하며, 도시에서의 순환성도 이와 유사한 개념으로 도시 내부로 유입된 자원과 에너지가 한 번 사용된 후 그대로 폐기되는 것이 아니라 재사용(reuse) 혹은 재활용(recycle)을 통해 계속 이용됨으로써 도시 내부의 물질대사가 원활한 흐름의 순환형으로 재구축되는 것을 의미한다(환경과 자치연구소, 2005; 양병이, 2011). 이러한 순환성은 에너지 및 자원의 손실과 낭비는 줄이고 이용 효율성은 높인다. 높은 효율성은 외부에서 구입되는 에너지와 자원의 양을 현저하게 줄이는 효과를 가져와 시스템의 외부 의존성을 낮추며, 결과적으로 도시의 자립성을 증가시킨다. 즉, 순환성은 자립성을 달성하기 위한 수단이 되는 요소이며, 자립성에 포함되는 개념으로 지표 선정 시 자립성과 중복되는 문제가 발생하게 되므로 순환성의 원칙을 나타내기 위한 지표는 따로 선정하지 않았다.

안정성(安定性)은 사전적으로 “바뀌어 달라지지 아니하고 일정(一定)한 상태(狀態)를 유지하는 성질”로 정의되는데, 생태도시에서 논의되는 안정성이란 자원 및 에너지(물, 식량, 전기 등)의 공급 차단과 같이 예상치 못한 외부 충격이 발생한 경우, 도시를 구성하고 있는 모든 요소들이 외부 충격을 흡수하고 변화에 쉽게 적응하여 도시가 외부의 충격과 변화에 크게 동요되지 않고 도시 시스템의 현 상황을 일정하게 유지하는 것을 의미한다(표준국어대사전; 양병이, 2011). 이러한 도시의 안정성은 도시 생태계가 에너지나 식량과 같은 자원을 외부에 의존하지 않고 자급할 때 확보 가능하다(손병웅, 2008). 다시 말해, 도시의 안정성은 자립성의 확보를 통해 달성 가능한 원칙으로 순환성과 마찬가지로 자립성 지표에 포함되는 개념이므로 안정성의 원칙을 나타내기 위한 지표 또한 따로 선정하지 않았다.

따라서 본 연구에서는 생태도시 원칙 중 순환성과 안정성의 개념을 포괄하고 있는 자립성(自立性)을 평가하기 위한 지표를 에머지 분석법을 이용하여 선정하였다. 여기에 더하여 모든 도시 활동의 기초이자 핵심인 생산성(生産性)과 생

태도시를 논의함에 있어 가장 기본이 되는 환경성(環境性), 그리고 생태도시의 기본적인 토대가 되는 지속성(持續性)을 측정하기 위한 지표를 선정하였다.

### (1) 생산성

도시에서의 인간 생존에 가장 기본이 되는 것은 자연에서 자원을 추출하여 재화와 서비스를 만들어내는 생산행위이며, 생산행위가 발생하지 않는 도시는 근본적으로 존재할 수 없다. 도시 생산성(urban productivity)은 국제사회의 적자생존법칙에서 살아남기 위한 절체절명의 요소이며, 도시 경쟁력을 결정하는 핵심요소로, 도시 경쟁력을 높이기 위해서는 해당 도시의 생산성을 진단하는 작업이 선행되어야 한다(류영국, 1994; 이번송, 1994).

“생산에 투입된 재(財)에 대한 생산물의 비율”로 정의되는 생산성(生産性)은 일반적으로 생산요소의 투입물(input)과 산출물(output)의 비로 계산되는데, 산출물의 증가가 투입물의 증가보다 클 때 생산성이 높아지고, 반대의 경우 생산성은 낮아지게 된다(이번송, 1994). 즉, 도시의 생산성은 투입되는 자원의 양을 무분별하게 증가시킨다고 높아지는 것이 아니라, 투입자원을 최소화하고, 주어진 가용자원의 이용 효율을 최대화하여 생산량을 극대화할 때 높게 확보되는 것이며, 이러한 생산성은 에머지 지표 중 최종 생산물의 에머지(Y)와 외부에서 구입한 자원의 에머지(F) 비로 산정되는 에머지 생산비율(EYR)로 나타낼 수 있다.

$$\text{생산성}(productivity) \propto \frac{\text{산출물}(output)\text{의 양}}{\text{투입물}(input)\text{의 양}} = \frac{Y}{F} = EYR$$

## (2) 자립성

도시생태계가 취약한 것은 도시가 경제활동을 유지하는 데 필요한 자원과 에너지의 많은 부분을 외부에 의존하고 있기 때문이며, 도시생태계가 안정적으로 유지되기 위해서는 자립성(自立性)을 갖추는 것이 필요하다(양병이, 2011). 그러나 교환의 매체인 도시를 외부적 요소에서 완전하게 자립시켜 물, 식량 등의 물질과 전기를 포함한 에너지의 유입을 전면 차단하고, 폐기물을 포함한 도시생산물의 유출 또한 전면 차단하는 것은 불가능한 일로, 도시에서 논의되는 자립성이란 자연 환경으로부터 무한하게 제공되는 재생 가능한 자원과 내부 보유 자원과 같이 도시가 자체적으로 조달 가능한 가용자원의 이용 효율성을 높여 이용되지 못하고 손실되던 미활용에너지의 사용량을 증가시킴으로써 외부에서 구입하는 자원의 양을 최소화하여 외부의존성을 현저하게 낮추는 것을 의미한다(김귀곤, 1997; 한국도시연구소, 1998; 김귀곤·조동찬, 2004). 즉, 도시의 자립성은 도시 시스템을 유지하기 위하여 필요한 전체 자원 및 에너지 중 내부에서 자체적으로 조달 가능한 자원 및 에너지가 차지하는 비율로 산정할 수 있으며, 이를 식으로 나타내면 아래와 같이 나타낼 수 있다. 자체적으로 조달 가능한 자원 및 에너지의 에머지 값(R+N)이 도시 시스템을 유지하는 데 필요한 총 생산물의 에머지 값(Y)과 일치할 때 자립성 지표값은 1이 되므로 지표값이 1에 가까울수록 해당 도시의 자립성은 높다고 평가할 수 있다.

자립성(*independency*)

$$\propto \frac{(\text{자체조달가능한자원및에너지})}{(\text{시스템유지에필요한생산물의양})} = \frac{(R+N)}{Y}$$

### (3) 환경성

생태도시가 새로운 21세기 도시 패러다임으로 등장하게 된 배경에는 1990년대 후반 전세계의 보편적 현상이 되어버린 도시환경오염 문제가 있었으며, 생태도시가 복잡화, 다양화된 도시환경오염문제 해결을 위한 국제적인 노력의 결과물로 제시된 개념인 만큼 환경성(環境性)은 생태도시에서 추구해야 할 가장 기본적인 요소인 동시에 가장 중요한 요소로 여겨진다.

인간은 생존에 필요한 재화와 서비스를 생산해 내기 위하여 자연에서 각종 환경 자원을 추출하고, 사용이 끝난 재화와 서비스를 폐기물의 형태로 배출하는데, 자연은 자원을 무한정 가지고 있지 않으며, 폐기물을 흡수·처리할 수 있는 능력에도 한계가 있어 이 한계치를 넘어서는 강도의 생산과 소비활동은 자연환경에 스트레스로 작용하게 되고, 도시가 감당할 수 있는 범위를 초과한 스트레스는 결국 도시의 정상적 순환고리를 교란시켜 돌이킬 수 없는 결과를 초래한다(한국도시연구소, 1998; 한순금, 2012). 에머지 지표 중 대상 시스템의 경제활동이 자연환경에 미치는 스트레스 즉, 압력을 평가할 수 있는 지표로 재생 불가능한 자원의 에머지와 재생 가능한 자원의 에머지 비로 나타내어지는 환경 부하비(ELR)가 있다. 따라서 도시의 환경성은 환경 부하비(ELR)로 표현 가능하며, ELR의 값이 클수록 도시에서의 경제활동이 자연환경에 미치는 부정적인 영향이 크다고 할 수 있는데, Brown and Uligiati(1997)은 환경 부하비(ELR)의 값에 따라 환경에 대한 영향이 큰 시스템(ELR>10), 환경에 대한 영향이 적은 시스템(ELR<3), 환경에 대한 영향이 비교적 크기 않은 시스템(3≤ELR≤10)으로 구분하였다.

환경 부하비(*environmental loading ratio*)

$$\propto \frac{\text{재생 불가능한 자원의 양}}{\text{재생 가능한 자원의 양}} = \frac{N+F}{R} = ELR$$

#### (4) 지속성

“오래 계속되어 나가는 성질”이라는 사전적 의미를 지닌 지속성(持續性)의 개념이 도시에 적용되기 시작한 것은 1987년 세계환경개발위원회(WCED, world commission on environment and development)의 발간 보고서 ‘우리 공동의 미래(our common future)’에서 “지속 가능한 발전”이라는 용어를 사용하면서부터로 보고서에서는 지속 가능한 발전을 “미래세대의 필요를 충족시킬 수 있는 능력과 여건을 저해하지 않는 범위에서 현세대의 필요를 충족시키는 발전”이라고 정의하였다(표준국어대사전; 김정호, 2005; 변병설, 2005).

생태도시는 지속성이라는 기본적인 토대 위에서 발전하는 친환경도시로, 생태도시에서 논의되는 지속성은 인간의 사회경제활동을 지원하기 위한 생산활동 과정에서 자원이 추출 될 때, 자연환경이 자원 추출 속도와 동일하거나 더 빠른 속도로 자원을 계속해서 생산할 수 있고, 생산과 소비과정에서 발생하는 폐기물도 모두 흡수·처리 가능하여 자연 본디의 질을 계속 유지하는 상태를 말한다(변병설, 2005; 한순금, 2012). 이러한 생태도시 지속성은 Brown & Ulgiati(1997)이 제안한 에머지 지속성 지표(EmSI)로 나타낼 수 있는데, 에머지 생산비(EYR)와 환경 부하율(ELR)의 비로 산정되는 에머지 지속성 지표는 평가 대상이 되는 도시의 환경상태와 사회경제활동이 얼마나 지속 가능한지를 나타낸다. Brown & Ulgiati(1997)은 에머지 지속성 지표값의 범위에 따라 시스템을 세 가지 유형으로 분류하였는데, 지표값이 1 미만의 시스템은 지속성이 낮은 시스템, 10을 초과하는 시스템은 지속성이 높은 시스템, 그리고 1에서 10 사이의 값을 가진 시스템의 경우에는 지속성이 중간 정도인 시스템으로 분류하였다.

$$\text{지속성}(sustainability) \propto \frac{EYR}{ELR} = EmSI$$

## IV. 결과 및 고찰

### 1. 부산시 에머지 분석

#### 가. 에너지시스템 다이어그램

지형상 바다와 강을 접하고 있어 산림생태계, 농경지생태계, 습지생태계, 해양생태계 등의 다양한 생태계를 보유하고 있는 부산시의 자연환경과 경제활동의 생산, 소비, 재순환 등을 전체적으로 파악하기 위하여 부산광역시 전체를 평가 대상 시스템의 경계로 설정한 후 Fig. 11과 같이 다이어그램을 작성하였다.

부산시 외부에서 시스템 내부로 유입되어 사회활동 및 경제활동을 뒷받침하는 에너지원으로는 자연환경이 제공하는 태양, 바람, 강우, 파도, 지질작용, 조석, 하천과 같은 재생 가능한 에너지와 화석연료, 전기, 재화와 용역 등 교환과 교역을 통해 유입되는 재생 불가능한 구입 에너지가 있다. 그리고 시스템 내부에는 토양, 지하수 등의 재생 불가능한 보유에너지가 있으며, 내부의 주요 생산자로는 연안지역과 자연지역, 농경지가 있다. 시스템 내부에서는 생산자로부터 산출된 생산물들과 외부에서 구입된 재생 불가능한 에너지들이 상호작용하여 더 고급의 생산물을 만들어내는 산업활동과 상업활동이 이루어지며, 이 모든 활동은 부산에 거주하는 인구의 생활기반과 활동을 지원하고, 경제활동 결과물의 일부는 외부에 판매되어 시스템 내부로 화폐가 유입되며, 유입된 화폐는 외부 자원 구입에 사용된다. 그리고 시스템 내부의 모든 사회경제활동 과정에서 발생하는 폐기물 중 일부는 재사용(reuse) 혹은 재활용(recycling)되어 시스템 내부를 순환하고, 나머지는 재순환 없이 시스템 밖으로 유출된다.

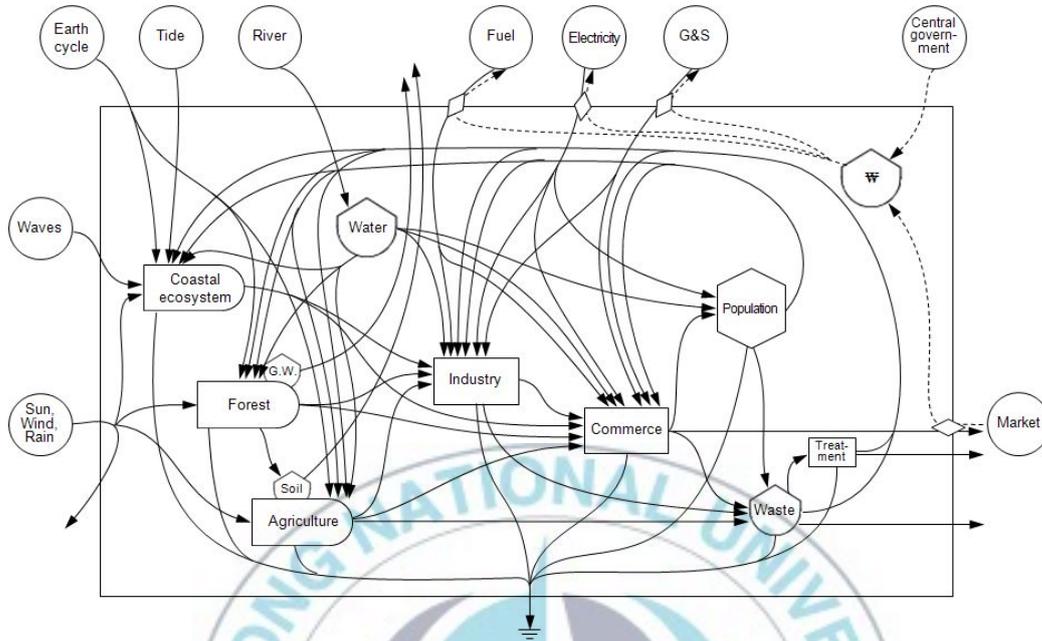


Fig. 11. Energy system diagram of Busan Metropolitan.

#### 나. 에머지 분석표

Fig. 11의 에너지 시스템 다이어그램에서 파악된 부산시의 에머지 흐름을 재생 가능한 유입 에머지, 재생 가능한 생산, 재생 불가능한 보유 자원, 재생 불가능한 외부 구입 에머지로 나누어 Table 9와 같이 에머지 분석표를 작성하였다. 2010년도를 기준연도로 태양, 바람, 강우, 파도, 지질작용, 조석, 하천 등으로 구성된 자연환경활동에서 제공되는 재생 가능한 자원들의 에너지 단위 기여도는 태양에너지 7.88E+18J, 하천에너지 6.83E+16J, 파도 6.43E+15J, 강수의 화학에너지 5.47E+15J 등으로 산정되었다.

Table 9. Average values from emergy evaluation of resource basis of Busan in 2010

No.	Item	Raw Units	Transformity (sej/unit)	Solar Emergy (sej/yr)
<b>RENEWABLE RESOURCES</b>				
1	Sunlight	7.88E+18 J	1.00E+00	7.88E+18
2	Wind	4.93E+15 J	2.45E+03 <sup>a</sup>	1.21E+19
3	Rain, chemical	5.47E+15 J	3.05E+04 <sup>a</sup>	1.67E+20
4	Rain, geopotential	5.99E+14 J	4.70E+04 <sup>b</sup>	2.81E+19
5	Waves	6.43E+15 J	5.12E+04 <sup>a</sup>	3.30E+20
6	Earth cycle	7.67E+14 J	5.76E+04 <sup>b</sup>	4.42E+19
7	Tide	9.97E+14 J	7.39E+04 <sup>a</sup>	5.15E+21
8	River, chemical	6.83E+16 J	8.13E+04 <sup>a</sup>	5.56E+21
<b>INDIGENOUS RENEWABLE ENERGY</b>				
9	Forest Extraction	2.46E+12 J	5.82E+04 <sup>c</sup>	1.43E+17
10	Agricultural Production	1.41E+15 J	3.36E+05 <sup>c</sup>	4.75E+20
11	Fisheries Production	1.16E+15 J	3.36E+06 <sup>b</sup>	3.89E+21
<b>NONRENEWABLE SOURCE USE FROM WITHIN SYSTEM</b>				
12	Top Soil	1.27E+14 J	1.24E+05 <sup>b</sup>	1.58E+19
13	Groundwater	5.53E+14 J	2.72E+05 <sup>b</sup>	1.50E+20
<b>PURCHASED INPUT SOURCE</b>				
14	Coal	1.12E+15 J	6.71E+04 <sup>b</sup>	7.48E+19
15	Natural gas	5.55E+16 J	8.05E+04 <sup>b</sup>	4.47E+21
16	Petroleum products	1.60E+17 J	1.11E+05 <sup>b</sup>	1.77E+22
17	Electricity	7.29E+16 J	2.91E+05 <sup>b</sup>	2.12E+22
18	Inflow of Goods & Services	4.72E+13 ₩	4.77E+09 <sup>d</sup>	2.25E+23

Transformity has been adjusted for GEB of 15.83E+24 sej/yr

References for transformities: <sup>a</sup>Odum et al.(2000); <sup>b</sup>Campbell et al.(2005); <sup>c</sup>Brown and MaClanahan(1996); <sup>d</sup>D. Kang and M.T. Brown(2012), adjusted for the global emergy base of 15.83×10E+24 sej/yr

자연환경활동에서 발생한 에너지원들의 에너지 단위 기준 기여도는 태양에너지가 전체의 98.9%(7.88E+18J/yr)로 가장 높았으나(Fig. 12의 a), 이 값에 태양 변환도를 곱한 실질적인 기여도는 Fig. 12의 b와 같이 하천의 화학 에너지가 전체의 49.21%(5.56E+21sej/yr)로 가장 높게 나타났고, 조석에너지가 45.58%(5.15E+21sej/yr)로 그 뒤를 이었다. 에너지 단위 기준 기여도가 가장 높았던 태양에너지의 경우 실질적 기여도는 0.07%(7.88E+18sej/yr)에 불과하였는데, 이 결과를 통해 서로 다른 형태의 에너지를 비교·평가 시 에너지 질을 고려한 경우와 그렇지 않은 경우 전혀 다른 결과가 나타남을 알 수 있으며, 따라서 서로 다른 에너지들을 능력에 대한 고려 없이 단순 비교하게 되면 이들의 실제 가치를 제대로 평가하지 못하는 오류를 범할 수 있다.

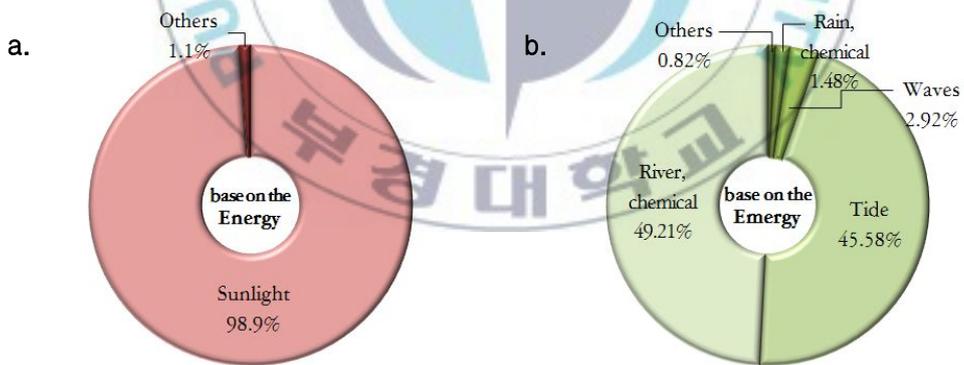


Fig. 12. Energy and emergy of renewable resource(2010).

부산시 내부의 주요한 재생 가능한 생산으로는 수산업과 임업, 농업 생산이 있으며, 특히 수산업에 의해 생산되는 에머지량( $3.89E+21$ sej/yr)이 전체 생산의 89.1%를 차지하고 있는 것으로 나타났다(Table 10). 재생 불가능한 보유 자원이 부산시 경제에 기여한 양은 지하수가  $1.50E+20$ sej/yr(90.51%), 토양의 경우  $1.58E+19$ sej/yr(9.49%)로 산정되었으며, 교환과 교역으로 구입된 재생 불가능한 에머지의 경우, 총  $2.69E+23$ sej/yr 중 석탄으로부터  $7.48E+19$ sej/yr의 에머지가 유입되고, 석유 제품류로부터  $1.77E+22$ sej/yr, 도시가스로부터  $4.47E+21$ sej/yr, 전기로부터  $2.12E+22$ sej/yr, 그리고 재화와 용역으로부터  $2.25E+23$ sej/yr의 에머지가 유입되고 있어 실질적인 기여도는 재화와 용역(83.81%), 전기(7.90%), 석유 제품류(6.59%), 도시가스(1.66%), 그리고 석탄(0.03%) 순인 것으로 나타났다 (Fig. 13).

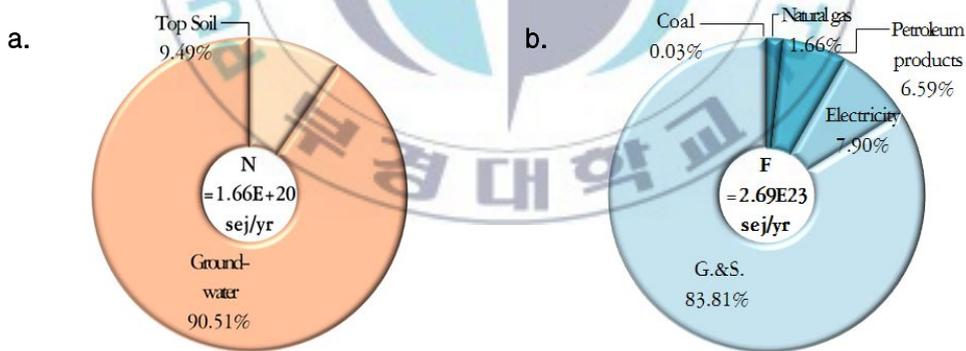


Fig. 13. Emergy of indigenous renewable resource & purchased input source(2010).

Table 10에서 산정된 부산시 에머지 흐름을 기초로 에머지 지표를 산정하기 위하여 이중 산정을 배제한 하천 유입수의 화학에너지와 조석에너지, 강수의 화학에너지에서 기인한 에머지의 합을 재생 가능한 에머지(R), 내부 지하수와 토양으로부터 기인한 에머지를 재생 불가능한 보유 에머지(N), 시스템 경계 밖에서 교환과 교역을 통해 유입되는 석탄, 석유, 가스, 전기 및 각종 재화와 용역의 에머지를 재생 불가능한 구입 에머지(F)로 분류하였으며, 그 결과를 Table 11과 Fig. 14에 나타내었다.

부산시의 경우 재생 가능한 자연환경 에너지원(R)과 재생 불가능한 내부 보유 에너지원(N)의 기여도는 각각 3.89%, 0.06%에 불과하며, 재생 불가능한 구입 에너지원(F)이 96.05%로 가장 높은 에머지 기여도를 보여 본 연구에서 산출된 결과를 통해 부산시는 외부 구입 자원에 전적으로 의존하는 전형적인 도시 구조의 특성을 가지고 있는 것을 확인할 수 있었다.

Table 10. Emergy flow of Busan in 2010

Name of Index	Expression	Value
Renewable emergy flow	R	1.09E+22
Flow from indigenous nonrenewable reserves	N	1.66E+20
Purchased input emergy	F	2.69E+23
Total emergy used	Y=N+R+F	2.80E+23

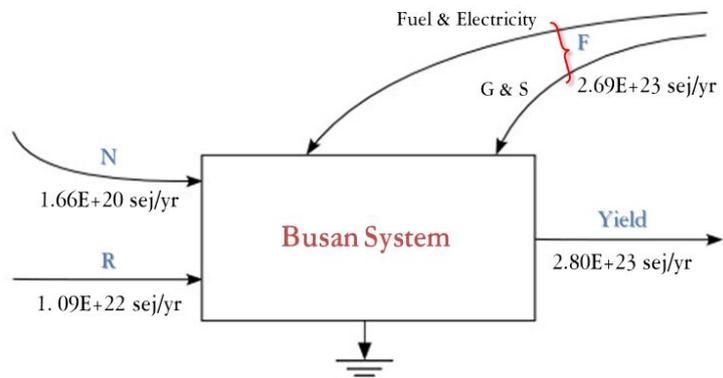
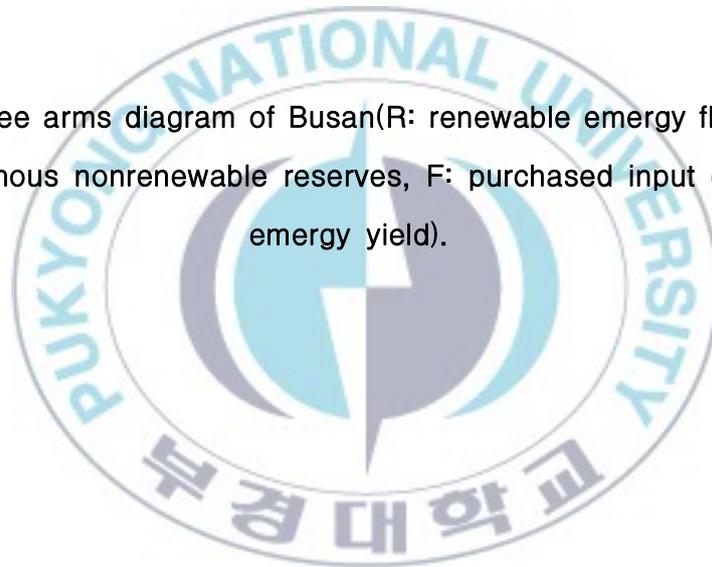


Fig. 14. Three arms diagram of Busan(R: renewable energy flow, N: low from indigenous nonrenewable reserves, F: purchased input energy, Y: energy yield).



## 2. 에머지 지표를 이용한 부산광역시의 생태도시 지표 평가

앞서 산정된 에머지 분석결과를 지표식에 대입하여 부산시의 생산성, 자립성, 환경성, 그리고 지속성 지표값을 계산한 결과, Table 11에 나타낸 바와 같이 생산성 지표(productivity index)는 1.04, 자립성 지표(independency index)는 0.04, 환경 부하비(Environmental loading ratio)는 24.73, 지속성 지표(Sustainability index)는 0.04로 산정되었다.

Table 11. Eco-city indices of Busan

Principles of eco-city	Expression	Value
Productivity	$\frac{Y}{F}$	1.04
Independency	$\frac{(R+N)}{Y}$	0.04
Environmental loading ratio	$\frac{(N+F)}{R}$	24.73
Sustainability	$\frac{EYR}{ELR}$	0.04

부산시 생산성 지표값을 통해 부산시의 경제시스템은 1만큼의 재화가 투입되면 1.04만큼의 생산물을 만들어낸다는 결과를 도출할 수 있다. 최소의 투입으로 최대의 생산을 이끌어 낼 때 시스템의 효율성과 생산성이 극대화된다는 경제원칙을 고려할 때, 부산시는 투입된 양만큼만 생산물을 만들어내는 매우 비생산적인 시스템인 것으로 판단된다.

외부에 대한 의존성이 낮을수록 자립성 지표의 값은 1에 가까워지는데, 0.04

의 지표값을 가지는 부산시는 외부 구매자원에 전적으로 의존하여 경제활동을 유지해나가는 시스템으로 판단되며, 24.73으로 산정된 환경 부하비는 Brown and Ulgiati(1997)의 시스템 분류 중 ‘환경에 대한 영향이 큰 시스템(ELR>10)’의 범위에 포함되어 부산시 경제활동이 자연환경에 주는 스트레스 강도는 매우 높은 것으로 판단된다. 지속성 지표(Sustainability index) 값이 1 미만일 경우, 해당 시스템은 지속성이 낮은 것으로 간주되는데(Brown & Ulgiati, 1997), 부산시의 지속성 지표값은 0.04로 매우 낮게 산정되었다. 이는 부산시가 외부에서 구입하는 재생 불가능한 자원에 전적으로 의존하고 있으며, 환경에 미치는 부정적인 영향 또한 매우 높은 전형적인 소비경제 구조를 가지고 있음을 나타내는 결과이다.

지표 산정 결과, 장기적 측면에서 부산시의 지속성은 극히 낮은 것으로 판단되며, 생태도시를 지향하는 부산시가 생산성과 자립성 그리고 지속성을 높이기 위해서는 Table 11에 제시한 지표 식에서 각 지표의 분자 값을 증가시키고 분모 값을 감소시켜야 한다. 단, 환경 부하비는 그 값이 클수록 환경에 부정적인 영향을 미치므로 분모 값을 증가시켜야 한다. 즉, 부산시의 생태성 증진을 위해서는 공통적으로 재생 가능한 자연환경 자원의 에머지 값을 증가시키고, 재생 불가능한 외부 구매 에머지 값을 줄이는 것이 선행되어야 하는데, 이때 자연환경 에머지 값을 증가시키는 것은 인간 능력 밖의 일이므로 주어진 자연환경 에너지를 가용 에너지로 사용할 수 있는 효율성 높은 기술 개발이 필요하다. 시스템 내부로 유입되어 농·수산물의 성장에 이용되거나 지면을 데우는데 사용되고 사라지는 태양, 바람, 지하의 열, 조석 및 파도 등 저급의 자연환경 에너지를 전기 또는 냉·난방에 활용 가능한 고급 에너지로 전환할 수 있는 태양광, 태양열, 풍력, 지열 및 해양에너지 기술 개발이 대표적인 예라고 할 수 있다. 이와 더불어 자원 재이용·재활용 기술 개발을 통해 시스템 내부에서의 자원 순환율을 높임으로써 재생 불가능한 외부 에머지 구입 양을 줄이는 것 또한 생태성 증진을 위해 필요한 노력이다.

## V. 결 론

현재까지 미해결 과제로 남아있는 범지구적인 환경오염 문제를 해결하고 보전과 개발을 조화시키기 위한 대안으로 ‘생태도시’가 21세기 도시 패러다임으로 제시됨에 따라 도시의 생태성을 정량적으로 평가하기 위한 지표 개발의 필요성이 증대되고 있다. 이에 본 연구에서는 생태도시의 특성을 대표할 수 있는 지표를 도출하고자 하였으며, 도출된 지표를 이용하여 생태도시 관점에서 부산시를 평가하고자 하였다.

먼저 생태도시 지표를 도출하기 위하여 생태도시의 정의와 지향점을 분석하였고, 분석결과를 토대로 하여 생산성과 자립성, 환경성, 지속성을 생태도시를 대표할 수 있는 특성으로 선정하였다. 이후, 자연환경과 자원의 실질적인 가치 평가가 가능하고, 자연환경과 인간의 경제활동을 동일한 기준에서 비교·평가 가능한 에머지 분석법을 연구방법으로 이용하여 생태도시의 4가지 특성을 정량적으로 나타내기 위한 지표를 선정하였다. 그 결과, 생산성 지표(productivity index)는 최종 생산물의 에머지 총합과 교환과 교역을 통해 외부에서 구입한 자원의 에머지 비로 산정되는 에머지 생산비율(EYR, emergy yield ratio)로 나타낼 수 있었고, 자립성 지표(independency index)는 시스템의 경제활동을 유지하기 위해 필요한 총 에머지 값 중 내부에서 자체 조달 가능한 자원이 차지하는 비율로 나타낼 수 있었다. 해당 시스템의 경제활동이 환경에 주는 스트레스 정도를 표현하는 환경성(environmental performance)은 환경 부하비(ELR, environmental loading ratio)로 나타낼 수 있었으며, 생태도시의 기본적인 토대가 되는 지속성 지표(sustainability index)는 에머지 생산비(EYR)와 환경 부하율(ELR)의 비로 산정되는 에머지 지속성 지표(EmSI, emergy sustainability index)로 나타낼 수 있었다.

도출된 생태도시 지표를 이용하여 우리나라 제2의 수도로 일컬어지는 부산시를 대상으로 분석을 실시한 결과, 부산시는 외부에서 구입하는 재생 불가능한 자원에 전적으로 의존하고 있으며, 생태도시적 관점에서 생산성과 자립성, 지속성이 매우 낮고, 환경 부하비는 상당히 높은 것으로 평가되어, 현재의 상태가 지속될 경우 부산시에서 논의되는 자연과 인간이 공존할 수 있는 생태도시 구현은 구호에만 그칠 가능성이 높은 것으로 우려된다. 따라서 에머지 분석법을 통하여 산출된 부산시 생태도시 지표를 개선하기 위하여 자연환경 자원의 이용을 증가시키고 재생 불가능한 구매에너지의 사용을 감소시킬 수 있는 효율적인 생산·소비·폐기 활동을 위한 정책으로의 전환이 필요하다고 판단된다.

이상의 연구가 가지는 의의는 크게 두 가지로 나눌 수 있다.

첫째, 본 연구에서 제시된 지표들은 객관적인 통계데이터를 바탕으로 하는 에머지 분석법을 이용하여 도출된 지표로, 주 분석 방법으로 설문조사법을 이용하여 연구자나 설문자의 주관적 의사가 크게 반영된 기존 지표들과 차별성을 두었다.

둘째, 본 연구에서 도출된 지표들은 분석 대상 도시가 가진 특성을 파악하는데도 유용하여 정책개발 시 참고자료로 이용할 수 있을 것이다. 연구결과로 도출된 생태도시 지표를 이용하여 분석을 실시하면 대상도시의 연도별 생태성 변화 추이를 파악할 수 있고, 지표 해석을 통해 대상 도시의 생태도시 지표값을 상대적으로 증가 혹은 감소시키기 위하여 어떠한 조치를 해야 하는지 판단할 수 있다. 그뿐만 아니라 생태도시 지표값을 산출하기 위하여 시행한 에머지 분석과정에서 각 자연환경 자원이 가진 가용 자원으로서의 개발 잠재력이 도출되므로 신재생에너지 기술 연구·개발 시 대상지역에서 이용효율이 가장 높은 자연자원 선정에 유용하게 이용 될 수 있을 것이다.

본 연구는 에머지 분석법을 이용하여 생태도시 지표를 산정한 첫 사례로, 산

출된 지표값을 비교·평가할 수 있는 척도가 존재하지 않아 대상지역 생태성의 높고 낮음을 절대적 기준으로 평가할 수 없다는 한계를 가지고 있다. 그러나 본 연구를 시작으로 개별 행정구역과 광역시별 분석이 이루어지고, 나아가 국가적 차원의 분석이 이루어진다면, 지역 간의 생태성을 비교·평가할 수 있을 것이며, 평가의 결과는 지방정부와 국가의 환경 관련 정책수립 시 유용한 자료로 활용될 수 있을 것이라 기대된다.



## 참고문헌

Brown M. T., McClanahan T. R., 1996, EMergy analysis perspectives of Thailand and Mekong River dam proposals, *Ecological Modelling*, 91(1-3), 105-130.

Cambell D. E., Brandt-Williams S. L., *Environmental accounting using energy: Evaluation of the State of West Virginia*, Narragansett, RI, U.S. Environmental Protection Agency(EPA).

D. Kang and Brown M. T., 2012, *Environmental accounting of the resource basis of the Korean economy during 1981~2010*, (unpublished manuscript).

Odum H. T. and Brown M. T., 2000, *Handbook of Emergy Evaluation Folio #1: Introduction and global budget*, University of Florida, Gainesville, 16 pp.

Odum H. T., 1983, *Systems ecology*, Wiley, New York, 644 pp.

Odum H. T., 1994, *Ecological and General Systems: Revised Edition*, University Press of Colorado, Niwot, 64 pp.

Odum H. T., 1996, *Environmental Accounting: Emergy and Environmental Decision Making*, John Wiley & Sons, New York, 370 pp.

OECD, 2008, *OECD environmental outlook to 2030*, Paris, France, 520 pp.

Robert P. McIntosh, 1986, *Background of Ecology: Concept and Theory*, Cambridge University Press, 400 pp.

Sacks S., 1977, *Changes of manufacturing and retail employment in medium-sized cities*, In: Bracee(ed.), *Small Cities in Transition*, Johns Hopkins Press, Baltimore.

강대석, 2005, 에머지(Emergy) 개념과 생태계 가치평가, *대한토목학회*, 53(8),

37-41.

강대석, 2007, 한강유역의 자연환경과 사회경제활동에 대한 에머지 평가: 한강유역 및 한강하구 관리를 위한 정책제언, 한국해양환경공학회, 10(3), 138-147.

강대석, 2013, 에머지 방법론을 이용한 영산강 하구생태계의 기여 가치 평가, 한국해양학회, 18(1), 13-20.

강대석 · 남정호, 2003, 에머지 개념을 이용한 해양환경 자원의 가치평가와 정책 활용 방안, 연구보고서, 한국해양수산개발원, 107 pp.

강대석 · 박석순, 1999, 에머지(Emergy) 개념을 이용한 다목적댐 건설의 생태경제학적인 평가방법에 관한 연구, 환경영향평가학회, 8(2), 45-51.

강상목, 1997, 우리나라 환경지표 체계 개발에 관한 연구, 연구보고서, 통계연수원, 110 pp.

강상목 · 이명현 · 김명수, 1999, 환경종합지수에 관한 실증적 연구, 한국경제학회, 47(4), 349-370.

공인철, 2006, 환경오염 생태학, 영남대학교출판부, 231 pp.

곽인숙, 2001, 지속 가능한 생태도시 및 생태마을에서의 거주자의 역할, 대한가정학회, 39(6), 2-12.

김계숙 · 고석찬, 2009, 집적경제가 지역 고용성장에 미친 영향, 대한국토·도시계획학회, 44(7), 43-59.

김귀곤, 1993, 생태도시 계획론: 에코폴리스 계획의 이론과 실제, 대한교과서주식회사, 360 pp.

김귀곤, 1997, 생태도시 계획지침에 관한 연구, 한국환경정책학회, 5(1), 93-132.

김귀곤·조동찬, 2004, 자연환경 생태복원학 원론, 아카데미서적, 602 pp.

김귀곤 · 김훈희, 1997, 도시지속성지표 개발과 적용에 관한 연구, 대한국토·도시계획학회, 32(3), 175-195.

김귀곤 · 이주원 · 최영주 · 이동근, 1990, 도시 삶의 질 지표에 관한 연구(I): 서

- 울과 동경의 문화간 비교, 한국조경학회, 18(2), 127-142.
- 김도훈·문태훈·김동한, 1999, 시스템다이내믹스, 대영문화사, 261 pp.
- 김범철·김유리·김홍석, 2005, 환경친화도시의 구성요소 중요도 분석, 대한국토·도시계획학회, 1007-1016.
- 김새림, 2010, 생태도시 성과측정에 관한 연구: 환경성과지수(EPI)를 중심으로, 석사학위논문, 숙명여자대학교, 72 pp.
- 김수봉, 2002, 인간과 도시환경, 대영문화사, 423 pp.
- 김승환, 2000, 부산도시환경론: 도시와 조경, 동아대학교출판부, 198 pp.
- 김일태, 1999, 성찰적 근대화와 생태도시, 대한지방행정공제회, 34(366), 96-99.
- 김정호, 2005, 도시생태계 특성을 고려한 생태적 토지이용계획 기법 연구: 경기도 하남시를 사례로, 박사학위논문, 서울시립대학교, 271pp.
- 김중호·김호석·조우영·조일현, 2010, 녹색성장 평가를 위한 지표체계 개발 및 활용방안 연구, 경제·인문사회연구회 녹색성장종합연구총서, 한국환경정책·평가연구원, 147 pp.
- 김준호, 1998, 도시생태계의 정의와 범위, 한국환경생태학회, 11(2), 217-223.
- 김지홍(역), 1999, 생태학의 배경: 개념과 이론, 아르케, 558 pp.
- 김철수, 2000, 생태도시 측정지표 개발에 관한 연구: 마산, 창원, 진해시의 사례분석을 중심으로, 박사학위논문, 경남대학교, 261 pp.
- 김학일·오덕성, 2007, 생태도시 개발전략에 관한 연구, 한국생태환경건축학회, 13, 329-336.
- 남광희, 2004, OECD 환경지표 개발 현황 및 우리의 과제, 대외경제정책연구원, 3(2), 114-126.
- 대한국토·도시계획학회, 2009, 도시계획론(4정판), 보성각, 727 pp.
- 류영국, 1994, 도시생산성과 국제경쟁력: 광주직할시의 사례, 대한지방행정공제회, 29(310), 60-70.

- 박상현, 2010, 지속 가능한 토지이용을 위한 에머지 생태지도 개발과 활용에 관한 연구, 박사학위논문, 부경대학교, 158pp.
- 박석순 · 강대석(역), 2000, 시스템 생태학 I, 아르케, 842 pp.
- 박석순 · 강대석(역), 2000, 시스템 생태학 II, 아르케, 842 pp.
- 박종건, 1996, 한국의 생태도시 조성정책방향, 환경보전협회, 287(2), 14-20.
- 변병설, 2005, 지속 가능한 생태도시계획, 국토지리학회, 39(4), 491-500.
- 사)환경과 자치 연구소, 2005, 생태도시를 향한 발걸음, 전망, 349 pp.
- 서응철, 2004, 지속 가능성 지표의 변천에 관한 연구, 한국산림휴양학회, 8(3), 73-78.
- 손병웅, 2008, 지속 가능 유기농업과 생태적 삶을 위한 생태마을 조성: 포항시 죽장면 상옥리를 사례로, 석사학위논문, 단국대학교, 103 pp.
- 손지호, 1999, Emergy 분석법에 의한 도시의 지속적인 발전가능성 평가, 박사학위논문, 부경대학교, 141 pp.
- 손지호 · 이석모, 2000, EMERGY 평가에 의한 부산광역시의 지속적인 발전가능성 평가, 한국환경과학회, 9(3), 185-191.
- 양권열, 2004, Emergy 개념을 이용한 골재자원개발의 평가분석, 박사학위논문, 동국대학교, 104 pp.
- 양병이, 1993, 지역 및 도시개발의 문제와 대책: 지속 가능한 개발방향, 대한건축학회, 37(2), 70-76.
- 양병이, 1995, 지속 가능한 설계, 서울대학교 環境大學院, 33, 161-182.
- 양병이, 1997, 지속 가능성 지표에 의한 우리나라 주거단지의 환경친화성 평가에 관한 연구: 수도권 아파트단지를 중심으로, 대한국토·도시계획학회, 88, 88-106.
- 양병이, 1997, 환경친화적 도시계획, 대한토목학회, 45(2), 29-35.
- 양병이, 1998, 에너지절약형 주거단지 설계기법: 조경설계를 중심으로, 서울대학교 環境大學院, 36, 88-110.

- 양병이, 2011, 녹색도시만들기, 서울대학교출판문화원, 378 pp.
- 양우석, 2004, 지방자치단체 환경경영체제 평가를 위한 환경지표 개발에 관한 연구: 강원도 기초자치단체를 중심으로, 석사학위논문, 연세대학교, 93 pp.
- 양은경, 2010, 에너지 절약형 저탄소 도시의 계획방향에 관한 연구, 석사학위논문, 충남대학교, 133 pp.
- 양진우, 2003, 부산시 환경지표의 개발에 관한 연구, 연구보고서, 부산발전연구원, 106 pp.
- 오동하, 2007, 생태도시 부산을 위한 환경정책과 과제, 부산발전포럼, 103, 13-17.
- 유은철 · 박옥현, 2006, 부산지역의 다양한 환경적 요인의 변화에 따른 대기오염 측정망 평가, 한국대기환경학회, 22(4), 405-420.
- 이관규 · 양병이, 2001, 환경평가를 위한 지표의 가중치 산정방법 결정 모형, 환경영향평가학회, 10(1), 59-71.
- 이동주, 2012, Emergy 분석법에 의한 생태효율성 지수 개발, 석사학위논문, 부경대학교, 51 pp.
- 이번송, 1994, 都市生産性과 國際競爭力, 대한지방행정공제회, 310, 8-70.
- 이석모 · 손지호 · 강대석, 2000, 시스템 생태학적 접근법에 의한 한국의 지속적인 발전가능성 평가(I), 한국환경과학회, 9(6), 449-454.
- 이석모 · 손지호 · 김진이, 2001, 시스템 생태학적 접근법에 의한 한국의 지속적인 발전가능성 평가(II), 한국환경과학회, 10(2), 91-97.
- 이은미 · 이희연, 2008, 도시성장에 따른 도시생산성 결정요인 분석, 대한국토·도시계획학회, 17, 1277-1286.
- 이재준, 2005, 한국형 생태도시 계획지표 개발에 관한 연구, 대한국토·도시계획학회, 40(4), 9-25.
- 이종호 · 조질주 · 고병호 · 박중호, 1997, 에코폴리스 계획기법에 의한 청주시 환경개선방안 연구, 한국지역개발학회, 9(2), 139-162.

- 이춘근, 1998, 地域經濟分析技法에 의한 大邱地域의 産業構造 高度化方案, 한국경제학회, 46(4), 323-350.
- 임비호, 2013, 에머지 분석방법에 의한 세종시 환경용량의 지속성 평가 연구, 석사학위논문, 공주대학교, 105 pp.
- 임성중, 1993, 중국 도시화정책과 도시생산성, 한국지방행정연구원, 8(3), 107-121.
- 임정혁·강대석·이석모, 2005, 아파트 적정 건설층수 결정을 위한 에머지(emergy) 평가, 한국환경과학회, 14(5), 473-480.
- 정영근·강상목·여준호, 2004, 지속 가능발전지표의 지수화 연구, 한국자원경제학회, 13(3), 549-591.
- 정화숙, 2010, 에머지 개념을 이용한 정수처리시스템의 생태·경제성 평가, 석사학위논문, 부경대학교, 68 pp.
- 정희성·전대욱·정영근, 2005, 지방단위 지속 가능발전지표 연구, 연구보고서, 한국환경정책평가연구원, 236 pp.
- 조덕호·배민기, 2004, 환경지표의 중요도와 성취도 평가를 통한 환경정책집행의 우선순위 설정, 대한국토·도시계획학회, 39(4), 129-145.
- 최병두·구자인·조은숙·이상현, 1997, 도시환경문제와 생태도시의 대안적 구상, 환경과생명, 12, 188-203.
- 최영근, 2003, 국가와 지역 시스템의 지속성 평가에 대한 연구, 박사학위논문, 부경대학교, 190 pp.
- 최희선·권영한, 2008, 도시개발사업에서 환경생태계획의 체계적 도입방안, 연구보고서, 한국환경정책·평가연구원, 266 pp.
- 한국도시연구소, 1998, 생태도시론, 박영사, 370 pp.
- 한국해양수산개발원, 2010, 연안 공공이익 침해 방지를 위한 공유수면 관리체제 개선 방안, 정책연구보고서, 국토해양부, 270 pp.

한순금, 2012, 지속 가능성 관리 도구로서의 생태발자국 방법론 고찰: 경기도 생태발자국 적용 평가, 박사학위논문, 서울시립대학교, 183 pp.

황영우 · 송교욱 · 양위주, 1997, 환경보전과 지속 가능한 부산의 도시개발방안, 한국환경과학회, 6(3), 195-203.

황정환, 1998, 持續可能한 發展을 위한 都市環境 決定要因에 關한 研究: 慶州市 · 浦項市 事例研究, 박사학위논문, 서울시립대학교, 239 pp.

2010 기상연보, 부산광역시

2010 임산물 생산조사, 산림청

2010년 기준 구군단위 지역내 총생산, 부산광역시

2011 환경백서, 부산광역시

2011년 통계연보, 부산광역시

2011년도판 한국전력통계, 한국전력공사

2012 부산의 사회지표, 부산광역시

2012 신재생에너지 백서, 지식경제부·에너지관리공단

국가지하수정보센터, [groundwater.kowaco.or.kr](http://groundwater.kowaco.or.kr)

국립국어원 표준국어대사전, <http://stdweb2.korean.go.kr>

농업용어사전, 농촌진흥청, [www.rda.go.kr](http://www.rda.go.kr)

물환경정보시스템, [water.nier.go.kr](http://water.nier.go.kr)

부산광역시 기본통계, 부산광역시

부산광역시 환경보전 종합계획(2010), 부산광역시

에너지관리공단, [kemco.or.kr](http://kemco.or.kr)

조석표: 한국연안(2010), 국립해양조사원

통계청, [kostat.go.kr](http://kostat.go.kr)

한국석유공사, [petronet.co.kr](http://petronet.co.kr)

# Appendix

## Footnotes to appendix 4-1.

---

### RENEWABLE RESOURCES

---

#### 1 Sunlight

Continental shelf area	=	1.37E+09	m <sup>2</sup>	(한국해양수산개발원, 2011)
Land area	=	7.67E+08	m <sup>2</sup>	(부산시 통계연보, 2011)
Insolation	=	5.26E+09	J/m <sup>2</sup> /yr	
Albedo	=	0.3		(% given as decimal)
Energy(J)	=	(area)×(insolation)×(1-albedo)		
	=	(2.14E+09 m <sup>2</sup> )×(5.26E+09 m <sup>2</sup> )×(1-0.3)		
	=	7.88E+18	J/yr	

#### 2 Wind

Land area	=	7.67E+08		
Density of Air	=	1.23	kg/m <sup>3</sup>	(Odum et al., 1995)
Avg. annual wind velocity	=	3.3	m/s	(기상연보, 2010)
Geostrophic wind	=	5.5	m/s	
Drag Coeff.	=	1.00E-03		
Wind, kinetic energy	=	(area)×(air density)×(drag coefficient)×(velocity) <sup>3</sup>		
Energy(J)	=	(7.67E+08 m <sup>2</sup> )×(1.23 kg/m <sup>3</sup> )×(1.00E-03)×(5.5 m/s) <sup>3</sup> ×(3.14E+07 s/yr)		
	=	4.93E+15	J/yr	

---

---

3	Rain, geopotential			
	Area	=	7.67E+08 m <sup>2</sup>	(부산시 통계연보, 2011)
	Rainfall	=	1.44 m/yr	(기상연보, 2010)
	Average elevation	=	108.29 m	(calculated in this study)
	Runoff rate	=	0.51	(% given as decimal)
	Energy(J)	=	(area)×(runoff rate)×(rainfall)×(1000 kg/m <sup>3</sup> )×(avg. elevation)×(9.8 m/s <sup>2</sup> )	
		=	(7.67E+08 m <sup>2</sup> )×(0.51)×(1.44m/yr)×(1000kg/m <sup>3</sup> )×(108.29m)×(9.8m/s <sup>2</sup> )	
		=	5.99E+14 J/yr	
4	Rain, chemical			
	Land area	=	7.67E+08 m <sup>2</sup>	(부산시 통계연보, 2011)
	Rainfall	=	1.44 m/yr	(used that for land area)(기상연보, 2010)
	Energy(land)(J)	=	(area)×(rainfall)×(1000 kg/m <sup>3</sup> )×(4.94E+03 J/kg)	
		=	(7.67E+08 m <sup>2</sup> )×(1.44 m/yr)×(1000 kg/m <sup>3</sup> )×(4.94E+03 J/kg)	
		=	5.47E+15 J/yr	
5	Tide			
	Cont. Shef. area	=	1.37E+09 m <sup>2</sup>	(한국해양수산개발원, 2010)
	Avg. Tide range	=	0.64 m	(국립해양조사원조석표, 2010)
	Density	=	1.03E+03 kg/m <sup>3</sup>	
	Energy(J)	=	(Area)×(0.5)×(0.5)×(tides/yr)×(height squared)×(density)×(gravity)	
		=	(1.37E+09 m <sup>2</sup> )×(0.5)×(0.5)×(706/yr)×(0.64) <sup>2</sup> ×(1.03E+03 kg/m <sup>3</sup> )×(9.8 m/s <sup>2</sup> )	
		=	9.97E+14 J/yr	
6	Waves			
	Coastline length	=	8.32E+04 m	(calculated in this study)
	Wave height	=	0.42 m	

---

---


$$\begin{aligned}
 \text{Energy(J)} &= (\text{shore length}) \times (1/8) \times (\text{density}) \times (\text{gravity}) \times (\text{height squared}) \times (\text{velocity}) \\
 &= (8.32\text{E}+04 \text{ m}) \times (1/8) \times (1.025\text{E}+03 \text{ kg/m}^3) \times (9.8 \text{ m/s}^2) \times (0.42 \text{ m})^2 \\
 &\quad \times (9.8 \text{ m/s}^2 \times 12.5 \text{ m})^{1/2} \times (3.154\text{E}+07 \text{ sec/yr}) \\
 &= 6.43\text{E}+15 \quad \text{J/yr}
 \end{aligned}$$

7 River

$$\text{Volume flow} = 1.48\text{E}+10 \quad \text{m}^3/\text{yr} \quad (\text{물환경정보시스템})$$

Avg. Gibbs free energy of Nakdong river

$$\begin{aligned}
 &= [(8.33\text{J/mol/C}) \times (\text{Temp.} + 273.15\text{K}) / (18\text{g/mol})] \times \ln[(10^6 - \text{TDS}) / 965,000] \\
 &= 4.63 \quad \text{J/g} \quad (\text{calculated in this study})
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Energy(J)} &= (1.48\text{E}+10 \text{ m}^3/\text{yr}) \times (1.0\text{E}+06 \text{ g/m}^3) \times (4.63 \text{ J/g}) \\
 &= 6.83\text{E}+16 \quad \text{J/yr}
 \end{aligned}$$

8 Earth cycle

$$\text{Area} = 7.67\text{E}+08 \quad \text{m}^2 \quad (\text{부산시 통계연보, 2011})$$

$$\begin{aligned}
 \text{Energy(J)} &= (7.67\text{E}+08 \text{ m}^2) \times (1\text{E}+06 \text{ J/m}^2/\text{yr}) \\
 &= 7.67\text{E}+14 \quad \text{J/yr}
 \end{aligned}$$

---

INDIGENOUS RENEWABLE ENERGY

---

9 Agricultural Production

$$\text{Production} = 9.65\text{E}+04 \quad \text{MT} \quad (\text{부산시 통계연보, 2011})$$

$$\begin{aligned}
 \text{Energy(J)} &= (\text{Production}) \times (1\text{E}+06 \text{ g/MT}) \times (3.5 \text{ kcal/g}) \times (4186 \text{ J/kcal}) \\
 &= (9.65\text{E}+04 \text{ MT}) \times (1\text{E}+06 \text{ g/MT}) \times (3.5 \text{ kcal/g}) \times (4186 \text{ J/kcal}) \\
 &= 1.41\text{E}+15 \quad \text{J/yr}
 \end{aligned}$$

10 Fisheries Production

$$\text{Production} = 3.45\text{E}+05 \quad \text{MT} \quad (\text{부산시 통계연보, 2011})$$

$$= (\text{Production}) \times (1\text{E}+06 \text{ g/MT}) \times (4 \text{ kcal/g}) \times (4186 \text{ J/kcal}) \times (0.2)$$


---

Energy(J)	=	$(3.45E+05 \text{ MT}) \times (1E+06 \text{ g/MT}) \times (4 \text{ kcal/g}) \times (4186 \text{ J/kcal}) \times (0.20)$	
	=	$1.16E+15$	J/yr
11 Forest Extraction			
Harvest	=	$1.63E+02 \text{ MT}$	(2010 임산물 생산 조사)
Energy(J)	=	$(\text{Harvest}) \times (1E+06 \text{ g/MT}) \times (3.6 \text{ kcal/g}) \times (4186 \text{ J/kcal})$	
	=	$(1.63E+02 \text{ MT}) \times (1E+06 \text{ g/MT}) \times (3.6 \text{ kcal/g}) \times (4186 \text{ J/kcal})$	
	=	$2.46E+12$	J/yr
NONRENEWABLE SOURCE FROM WITHIN SYSTEM			
12 Ground water used			
Consumption in city	=	$1.11E+08 \text{ t/yr}$	(국가지하수정보센터)
Gibbs free energy	=	$5 \text{ J/g}$	
	=	$(1.11E+08 \text{ ton/yr}) \times (1E+06 \text{ g/m}^3) \times 5 \text{ J/g}$	
	=	$5.53E+14$	
13 Top Soil			
Soil loss	=	$2.60E+02 \text{ g/m}^2/\text{yr}$	(손지호, 1999)
Mountain zone	=	$3.55E+08 \text{ m}^2$	(부산시 통계연보, 2011)
Energy(J)	=	$(\text{soil loss}) \times (\text{zone}) \times (0.03 \text{ organic}) \times (5.4 \text{ kcal}) \times (4186 \text{ J/kcal})$	
	=	$(2.60E+02 \text{ g/m}^2/\text{yr}) \times (3.55E+08 \text{ m}^2) \times (0.03) \times (5.4 \text{ kcal}) \times (4186 \text{ J/kcal})$	
	=	$6.26E+13$	J/yr
Soil loss	=	$8.50E+02 \text{ g/m}^2/\text{yr}$	(손지호, 1999)
Arable zone	=	$1.12E+08 \text{ m}^2$	(부산시 통계연보, 2011)
Energy(J)	=	$(\text{soil loss}) \times (\text{zone}) \times (0.03 \text{ organic}) \times (5.4 \text{ kcal}) \times (4186 \text{ J/kcal})$	
	=	$(8.50E+02 \text{ g/m}^2/\text{yr}) \times (1.12E+08 \text{ m}^2) \times (0.03) \times (5.4 \text{ kcal}) \times (4186 \text{ J/kcal})$	
	=	$6.46E+13$	J/yr
Total	=	$1.27E+14$	g/yr

---

PURCHASED INPUT SOURCE

---

14	Coal			
	Consumption	=	3.85E+04 MT	(부산시 통계연보, 2011)
	Energy(J)	=	(consumption)×(2.9E+10 J/MT)	
		=	(3.85E+04 MT)×(2.9E+10 J/MT)	
		=	1.12E+15 J/yr	
15	Petroleum products			
	Consumption	=	2.54E+07 BBL/yr	(부산시 통계연보, 2011)
	Energy(J)	=	(consumption)×(6.28E+09 J/BBL)	
		=	(2.54E+07 MT)×(6.28E+09 J/BBL)	
		=	1.60E+17 J/yr	
16	Natural gas			
	Consumption	=	1.28E+09 m <sup>3</sup>	(한국도시가스협회)
	Energy(J)	=	(consumption)×(1.04E+04 kcal/m <sup>3</sup> )×(4186 J/kcal)	
		=	(1.28E+09 m <sup>3</sup> )×(1.04E+04 kcal/m <sup>3</sup> )×(4186 J/kcal)	
		=	5.55E+16 J/yr	
17	Electricity			
	Consumption	=	2.03E+04 Gwh	(2011년도판 한국전력통계)
	Energy(J)	=	(consumption)×(3.6E+12 J/Gwh)	
		=	(2.03E+04 MT)×(3.6E+12 J/Gwh)	
		=	7.29E+16 J/yr	
18	Inflow of G. & S.			
		=	4.72E+13 ₩/yr	(부산광역시 기본통계)

---

## 감사의 글

학위과정 동안 한순간도 내려놓지 못했던 논문의 중압감에서 벗어나 논문의 마지막 페이지를 채우고 있는 지금 이 순간은, 혼자였다면 결코 누리지 못했을 시간이기에 논문이 완성되기까지 도움을 주신 분들께 마음 깊이 감사드립니다.

뒤늦게 다시 공부하겠다고 결심한 저를 제자로 받아주시고, 한결같이 자상한 모습으로 이끌어 주신 존경하는 이석모 교수님, 교수님 덕분에 여기까지 올 수 있었습니다. 진심으로 감사드립니다. 정용현 교수님의 따끔한 질책이 있었기에 논문을 쓰는 동안 긴장감을 늦추지 않을 수 있었고, 따뜻한 격려가 있었기에 마지막까지 포기하지 않을 수 있었습니다. 감사합니다. 논문 쓰는 사람의 마음가짐에 대해, 글을 쓰는 책임감에 대해 일깨워 주시고 연구자로서 발전할 수 있도록 조언해 주신 강대석 교수님 감사드립니다. 부족함이 많은 논문을 세세하게 챙겨 주신 덕분에 논문을 완성할 수 있었습니다. 일과 학업을 병행하느라 학교생활이 힘겹기도 했지만, 최창근 교수님께서 내주시는 과제들은 항상 흥미로웠고, 대학원 생활 중 하나의 즐거움이었습니다. 학업의 즐거움을 느끼게 해 주신 교수님께 감사드립니다. 논문의 갈피를 잡지 못하고 힘들어할 때, 난관에 부딪혀 좌절할 때, 따뜻한 조언으로 힘을 주신 김동명 교수님 감사드립니다. 한 해 밖에 함께 하지 못해 아쉬움이 남는 성기준 교수님, 세미나 시간에 지적해 주신 내용들이 논문을 완성하는 데 있어 많은 도움이 되었습니다. 감사드립니다.

대학원 진학을 고민하고 있던 저에게 많은 조언을 해주신 송교욱 박사님, 도움이 필요할 때마다 세심하고 자상하게 챙겨주신 백경훈 박사님, 과중한 업무 부담감을 덜어주시고, 여러모로 배려해주신 오동하 박사님과 여운상 박사님, 항상 관심 있게 지켜봐 주시고 응원해주신 양진우 박사님과 신성교 박사님을 비롯한 부산발전연구원 가족분들께도 진심으로 감사드립니다. 여러 부분에서 실질적인 도움을 주신 이창현 박사님, 박사님의 도움이 정말 큰 힘이 되었습니다.

멀리 일본에서 논문 작성에 많은 도움 주신 박상현 선배님, 바쁘신 일정 속에서도 귀찮은 내색 없이 도와주셔서 감사드립니다. 긴장감이 극도에 달했던 논문

심사일에 따뜻한 문자로 힘을 주신 김영운 선배님, 해결하지 못한 문제를 풀고자 갑작스럽게 드린 전화도 친절하게 받아주시고 답해주신 임정혁 선배님, 논문 진행에 관심을 가져주시고 힘내라 격려해주신 진만 선배님, 용수 선배님, 문보 선배님, 직영 선배님, 봉균 선배님, 광섭 선배님께도 감사드립니다. 학부생 시절부터 대학원 시절까지 같은 공간에서 많은 시간을 보내며 의지가 되었던 용민 선배님과 민수 선배님, 함께 졸업하자는 우리의 소망은 이루어지지 못했지만, 두 분 모두 다음 학기에 좋은 결과 있기를 응원합니다.

대학원 과정 내내 함께였던 단짝친구 김영옥 선생님, 힘든 시간과 많은 고민을 공유할 수 있는 동기가 있어 논문을 준비하는 과정이 조금은 덜 힘들었습니다. 뒤늦게 시작한 낯설었던 대학원 생활을 무사히 마칠 수 있도록 하나에서 열까지 옆에서 챙겨준, 존재만으로도 든든하고 고마운 후배 동주, 지칠 때마다 진심 어린 응원으로 피로회복제가 되어 준 자상한 후배 재환이, 졸업 도장 찍기까지 여러 날 밤새워가며 함께 고생한 민기, 힘들어하는 선배들 외면하지 못하고 덩달아 같이 밤샘하던 착한 용현이, 푹 부러지고 야무진 분위기 메이커 현용이 덕분에 대학원 생활 즐겁게 마무리할 수 있었습니다.

연구실은 없어진 지 오래이지만, 마음의 고향과도 같은 환경공학과 수질연구실의 성호 선배님, 석진 선배님, 세주 선배님, 우리 지혜, 주현, 혜현이를 비롯한 모든 선·후배님들과, 연구원 생활의 힘이 되는 일삼회 멤버들에게도 감사드립니다.

힘겨움이 극에 달했던 순간순간마다 항상 옆에 있어준, 너무나 고맙고 소중한 친구 혜옥이, 떠나면 땅에서 진심으로 응원해 준 소혜, 항상 나의 편이 되어주는 오랜 벗 정아, 지영, 수현이 그리고 지면상의 문제로 한 명 한 명 나열할 수 없음이 아쉬운 친구들과 언니, 오빠, 동생들- 따뜻한 내 사람들 덕분에 인생의 풍요로움을 느끼며 지치지 않고 여기까지 왔습니다. 고맙습니다.

마지막으로, 항상 제 뜻을 존중해주시고 믿어주시는 아빠, 엄마, 많은 위로와 힘, 그리고 감동이 되어준 언니와 형부- 가족이라는 든든한 지원군의 아낌없는 응원이 있었기에 오늘의 결실을 맺을 수 있었습니다. 진심으로 감사드리고, 마음을 다해 사랑합니다.