



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](#)

碩士學位論文

제주지역 청정에너지 부존량
및 활용에 관한 연구



濟州大學校 大學院

機械工學科

朴 正 根

2006年 12月

제주지역 청정에너지 부존량 및 활용에 관한 연구

指導教授 金 貴 植

朴 正 根

이 論文을 工學 碩士學位 論文으로 提出함

2006年 12月

朴正根의 工學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ 印

委 員 _____ 印

委 員 _____ 印

濟州大學校 大學院

2006年 12月

Research for Reserves and the Utilization
of Clean Energy in Jeju

Jung-Gun Park

(Supervised by professor Gui-Shik Kim)

A thesis submitted in partial fulfillment of the
requirement
for the degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineering
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2006. 12

목 차

LIST OF TABLE	iii
SUMMARY	v
I. 서 론	1
1.1 연구배경	1
1.2 연구목적 및 내용	2
II. 청정에너지 부존량 및 이용가능량	3
2.1 청정에너지 정의 및 종류	3
2.1.1 자연에너지	4
2.1.2 재생에너지	4
2.1.3 종래형 에너지의 새로운 이용형태	4
2.2 부존량 및 이용가능량의 산출방법	5
2.2.1 태양열에너지	5
2.2.2 태양광에너지	6
2.2.3 풍력에너지	7
2.2.4 바이오매스에너지	9
2.2.5 폐기물에너지	13
2.2.6 소수력에너지	14
2.2.7 미이용에너지	14
2.3 청정에너지별 부존량 및 이용가능량	15
2.3.1 태양에너지(태양열, 태양광)	15
2.3.2 풍력에너지	18

2.3.3 바이오매스에너지	20
2.3.4 폐기물에너지	22
2.3.5 소수력에너지	24
Ⅲ. 청정에너지 도입 현황 및 목표	27
3.1 도입현황	27
3.2 청정에너지 도입목표	30
3.2.1 청정에너지 도입의 주안점	30
3.2.2 청정에너지 종류별 도입 검토	30
3.2.3 제주도 청정에너지 도입목표치 산정방법	32
3.2.4 제주지역 청정에너지 최종 도입목표 산정	41
IV. 결 론	44
참고문헌	46
부 록	47

LIST OF TABLE

Table 2-1 Types of clean energy	3
Table 2-2 The calculated methods about reserves and available capacity of solar heat energy	6
Table 2-3 The calculated methods about reserves and available capacity of solar light energy	7
Table 2-4 The calculated methods about reserves and available capacity of wind energy	9
Table 2-5 Reserves of livestock manure and methane gas emission	10
Table 2-6 Reserves of livestock manure and methane gas emission	11
Table 2-7 The calculated methods about reserves and available capacity of waste energy	13
Table 2-8 Annual average solar radiation	16
Table 2-9 Regional areas	16
Table 2-10 Collected areas of solar light and heat	17
Table 2-11 Reserves and available capacity of solar energy	17
Table 2-12 Average wind speed by region in Jeju	19
Table 2-13 Reserves and available capacity of wind energy	19
Table 2-14 Livestock manure and methane gas emission	20
Table 2-15 Reserves of biomass energy	21
Table 2-16 Available capacity of biomass energy	21
Table 2-17 Waste landfill amount and reserves	22
Table 2-18 Available capacity of waste energy	23
Table 2-19 Jeju sewage treatment plant flowrate analysis of year	25
Table 2-20 Dongbu sewage treatment plant flowrate analysis of year	25
Table 2-21 Current situation of fish farm facility	25

Table 2-22 Reserves of small hydro energy	26
Table 2-23 Available capacity of small hydro energy	26
Table 3-1 Introduction situation of wind power plant	27
Table 3-2 Introduction situation of solar power	28
Table 3-3 Introduction situation of LFG(Land-fill gas)	28
Table 3-4 Introduction situation the others plants and heat used energy in province	29
Table 3-5 Rate of Jeju which is occupied by contrast nation of each indicator	33
Table 3-6 Introduction target of clean energy yearly	34
Table 3-7 The target figure of clean energy introduction in Jeju by the proportional distribution	35
Table 3-8 Output of clean energy introduction in Jeju	38
Table 3-9 A magnification of the 20011 year target about the results of national clean energy	38
Table 3-10 The target figure of clean energy introduction in Jeju by the multiple proportion	39
Table 3-11 The target fiure of a kind of clean energy following Jeju driving plan	40
Table 3-12 The target figure of a kind of clean energy by the estimated method	41
Table 3-13 The target figure establishment of the final introduction of clean energy	43

SUMMARY

Jeju-do highly relies on outside sources of energy because of its geographical situation. Recently, it has been necessary to enhance its stable energy sources there by protecting it from rising oil prices and preventing further global warming and the resulting serious environmental disruptions caused by the use of fossil fuels. Therefore, in this study is to investigate of the reserves and the available capacity of new and renewable energy sources, such as solar, wind, biomass, wastes and small hydro energy. The results show that the available capacity of solar energy is 123,525 TOE/year, wind energy is 1, 871,748 TOE/year, and biomass energy is 30, 127 TOE/year. Waste energy has an available capacity of 6,629 TOE/year and small hydro energy is estimated at 2,617 TOE/year. The results of the available capacity of clean energy sources show that it is likely double the annual energy consumption of Jeju. Solar energy and wind energy are the greatest potential energy sources, compared to other energy sources. Furthermore, wind energy is available in the highest quantity.

This study is estimated target of introduction by starting from energy basic policy of nation and policy of province by 2011 year. We select sort of clean energy such as solar light energy, Solar heat energy, wind energy, waste energy and biomass energy. The ultimate target, which is measured from composites of Proportional of distribution, Multiple proportion and The exiting target of Jeju by 2011 year and so on. As a result of the amount of clean energy introduction by 2011 year are estimated solar heat energy 3.1 TOE/year, solar light energy 98 TOE/year, wind energy 109,694,34 TOE/year, waste energy 11,263 TOE/year and biomass energy 4,517 TOE/year. The total amount target of clean energy introduction (126,459 TOE/year) by 2011 year that are investigated the decrease as compared with the 10% target of introduction of Jeju are showed about 7.3% of totally annual consumption. Taregt of introduction of wind energy is investigated 87% of whole energy.

1. 서론

1.1 연구배경

최근 고유가 시대와 지구온난화 등의 환경문제에 따른 에너지의 안정적 확보와 효율적 이용 및 에너지의 대량소비에 의한 지구환경문제에 대한 대비가 중요한 과제로 대두되고 있다.

화석연료의 대량소비는 대기 중의 온실효과가스(이산화탄소, 메탄) 농도의 주된 상승 요인으로 지구온난화에 의한 환경문제를 발생시켜 왔다. 이 같은 영향을 초래하는 온실효과가스인 이산화탄소 배출의 약 80%가 화석연료의 소비에 기인하는 것으로 나타났다. 따라서 지구 온난화를 방지하기 위해서는 무엇보다도 화석연료 사용의 저감이 중요하다. 이를 위하여 1997년 체결된 교토의정서는 유럽연합(EU)과 일본 등 34개 국가에서 2008년 혹은 2012년부터 연평균 온실가스 배출량을 1995년 대비 약 5% 감축을 실시하는 것으로 협약되어 있다[1].

제주도의 에너지 수급 형태는 석유등의 화석연료에 의존하며 민생·운수 부문을 중심으로 해마다 에너지 사용량이 증가하고 있는 추세이다. 또한 제주지역의 경제 구조는 아열대 농업 기반의 1차 산업과 관광기반의 3차 산업으로 이루어져 있으며, 청정지역의 이미지를 브랜드 가치화 하여 많은 이득을 얻고 있다. 이들 산업은 주로 에너지 소비성 산업으로 산업이 활발할수록 에너지소비량이 증가하며 환경오염의 문제점이 부각되고 있는 상태이다.

제주도는 육지부와 격리되어 있는 지역 특성상 자체의 에너지 공급에 취약성을 지니고 있으며, 육지부에서의 전기 및 연료가 반입되는 등 에너지 대외 의존도가 높다. 에너지 공급의 취약성과 대외의존을 효과적으로 극복하고 에너지 수급을 원활히 하기 위해서는 지역 내 풍부한 청정에너지 자원을 최대한 개발하고 활용하여 에너지에 대한 자립도를 높이는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 태양에너지, 풍력에너지 등의 청정에너지에 대한 부존량 및 이용가능량과 도입량을 제시하여 청정에너지의 적극적인 도입촉진과 활용을 위한 정책방안 등의 구체적인 계획 수립에 기여하고자 한다.

1.2 연구목적 및 내용

본 연구는 제주지역에서 개발 가능한 청정에너지 도입 촉진과 미활용 자원의 유효 이용으로 지구온난화 등의 환경대책과 석유에너지 절약 대책과 연계하여 지역진흥에 기여를 목적으로, 청정제주의 이미지에 부합하는 에너지 정책, 국제자유도시로서의 발전에 따른 지역 에너지 수급 및 국가의 청정에너지 도입목표와 부합하는 지역에서 개발 가능한 청정에너지에 대하여 그 종류별로 도입 및 개발을 위한 비전을 제시하고자 한다.

이러한 목적을 위하여 제주지역의 자연조건 및 특성, 그리고 에너지 수급현황과 청정에너지 부존량 및 이용가능량 산출방법의 검토를 통하여 청정에너지 부존량 및 이용가능량을 제시하였으며, 이를 근거로 국가 및 도의 정책에 따른 2011년도 청정에너지 도입목표치를 산정하였다.

II . 청정에너지 부존량 및 이용가능량

2.1 청정에너지 정의 및 종류

청정에너지는 대체에너지 혹은 신재생에너지 등으로 불리어지며, 산업자원부 에너지관리공단에서는 대체에너지의 종류를 태양열, 태양광, 풍력, 연료전지, 바이오에너지, 폐기물에너지, 가스화복합발전, 수소에너지, 소수력, 지열, 해양에너지로 규정하고 있다. 또한 2005년 7월에 발효된 신에너지 및 재생에너지개발 이용보급촉진법에서는 이를 정리하여 재생에너지에는 태양열, 태양광발전, 바이오, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지의 8종류와 신에너지에는 연료전지, 석탄액화 가스화, 수소에너지 3종류로 분류하고 있다.

Table 2-1 Types of clean energy

Energy source	Types	Utilization form
Nature energy	<ul style="list-style-type: none"> - Soar energy - Wind energy - Small Hydro Energy - Biomass energy - Ocean energy - Geothermal energy 	<ul style="list-style-type: none"> - Soar light & heat generation - Wind generation - Hydro-electric generation - Livestock manure - Wave-force generation - Heat pump
Renewable energy	<ul style="list-style-type: none"> - Waste energy - Unused energy 	<ul style="list-style-type: none"> - Waste heat utilization - Ocean heat utilization
New utilization form	<ul style="list-style-type: none"> - Steam supply and power generation - Fuel cell - Hydrogen energy 	<ul style="list-style-type: none"> - Natural gas vehicle - Electric vehicle & hybrid car - Hydrogen fueled car

본 연구에서는 제주도에서 개발할 수 있는 석유 대체에너지 혹은 신재생에너지를 포함한 개발 가능한 자연에너지 및 친환경적인 에너지 이용형태를 종합하여 청정에너지로 하여 그 종류를 Table 2-1에 나타냈으며, 제주지역의 특성상 청정에너지 중 부존량과 이용활용도가 높은 태양에너지, 풍력에너지, 바이오매스에너지, 폐기물에너지, 소수력에너지를 대상으로 부존량 및 이용가능량 산출하였다.

2.1.1 자연에너지

태양이나 바람 등 지구상에 넓게 존재하는 자연계의 에너지로, 재생가능에너지라고도 불린다. 자연 에너지의 종류는, 일사량이 많은 곳에서 태양열 및 태양광 발전으로 이용되는 태양에너지, 바람이 일정하면서도 강하게 잘 부는 곳에서 풍력발전에 이용되는 풍력에너지, 축산 농가로부터 나오는 가축 분뇨, 임업 생산으로부터 나오는 벌목재를 활용하는 바이오매스에너지, 하천이나 하수처리장의 방류수의 위치에너지를 이용하여 발전하는 소수력에너지가 있으며, 이외에 지열에너지, 해양에너지 등이 있다. 이러한 자연에너지는 화석에너지의 이용에 따른 이산화탄소 배출이나 원자력 방사선 폐기물 등의 발생이 없는 청정에너지이다.

2.1.2 재생에너지

재생에너지의 대표적인 것으로 쓰레기를 소각할 때 발생하는 열을 이용하여 고온의 증기를 만들고, 그 증기로 터빈 및 발전기를 돌려 발전하는 폐기물 발전이 있다. 또한, 지금까지 에너지로서 가치가 없었던 생활하수의 열이나, 하천수, 해수, 지열 등의 열원을 히트펌프나 열교환기를 이용함으로써 에너지원으로 활용 가능한 미이용에너지 등이 있다.

2.1.3 종래형 에너지의 새로운 이용형태

종래형 에너지의 새로운 이용형태는 통상의 가솔린엔진과 전기모터를 병행 사용하여 주행하는 하이브리드(hybrid) 자동차와 같이 종래의 에너지를 새로운 기술이나 시스템으로 변환하여 효율적으로 이용하는 형태이다. 이러한 종래형 에너지의 새로운 이용형태로서 천연가스 병합발전, 연료전지, 청정에너지 자동차가 있다.

2.2 부존량 및 이용가능량의 산출방법

에너지 부존량이란 지역전체에 존재하고 있는 에너지의 양을 말하며, 이용가능량이란 부존량 중 실제로 활용 가능한 에너지의 양을 말한다[2].

제주도의 청정에너지 부존량 및 이용가능량에 관하여는 1994년 에너지경제연구원(KIEE:Korea Energy Economics Institute)과 2001년 한국에너지기술연구원(KIER:Korea Institute of Energy Research)에서 조사되었다[3-4]. 한편, 일본에서는 NEDO(New Energy Industrial Technology Development Organization)의 주관아래 일본 전지역의 신에너지 도입비전을 제시하고 있으며, 일본 전역에서 신에너지의 부존량 및 이용가능량을 동일한 방법으로 산출하였다[5-6].

본 연구에서는 NEDO에서 제시하고 있는 부존량 및 이용가능량의 산출을 토대로 제주지역 청정에너지 부존량 및 이용가능량을 산정하였으며, 제주지역과 부합하지 않은 산출은 1994년 에너지경제연구원과 2001년도 한국에너지기술연구원의 「제주도 지역에너지 계획」에서 제시하는 제주지역 청정에너지 부존량 및 이용가능량 산출식을 활용하였다.

2.2.1 태양열에너지

태양열에너지의 부존량 산출은 KIEE과 KIER이 동일한 방법으로 평균일사량과 제주도의 총면적에 연간 시간을 적용하여 부존량을 산정하였으며, 이용가능량은 KIER서 일사량, 제주도의 대지 면적과 시스템효율(30%)을 적용하였다. 본 연구에서의 부존량 산출식은 KIEE과 KIER의 산출식과 동일한 방법을 사용하였으며 이용가능량의 경우 부존량의 산출식에서 제주도 총면적대신 설치가능 집열면적 및 변환효율(50%)을 적용하였다. 설치가능 집열면적은 주택과 상업지역으로 구분하여 주택인 경우 태양광에너지 설치를 고려한 주택지붕 면적 50%에 대한 10%를 설치면적으로 하였으며, 기타 시설은 지붕면적의 10%를 설치면적으로 하였다.

Table 2-2는 본 연구의 제주지역 태양열에너지 부존량 및 이용가능량에 산출식

에 대하여 1994년 KIEE과 2001년 KIER 산출식을 비교한 것이다.

Table 2-2 The calculated methods about reserves and available capacity of solar heat energy

	Reserves	Available Capacity
KIEE	Reserves = Solar radiation × Jeju areas average solar radiation(1982~1990) : 3,000kcal/m ² ·day Reserves : 1.99 × 10 ⁸ TOE/year	Available Capacity : 2.08×10 ⁶ TOE/year
KIER	Reserves = solar radiation(kcal/m ² ·day) × Jeju areas(km ²) × 365(day/year) = 2,931(kcal/m ² ·day) × 1,845.9(km ²) × 365(day/year) = 197,477×10 ³ (TOE/year)	Available Capacity = solar radiation (kcal/m ² ·day) × areas(km ²) × 365day × system efficiency (30%) = 2,931(kcal/m ² · day) × 43(km ²) × 365(day/year) × 0.3 = 1,380,061 (TOE/year)
This Study	The same the calculated methods of KIEE and KIER	Available Capacity = average solar radiation × installation areas × conversion efficiency (0.5) × 365 installation areas : - Residential : roof area × 0.5 × 0.1 - Commercial and public: roof area × 0.1

2.2.2 태양광에너지

태양광에너지 부존량은 KIEE과 KIER에서 태양열에너지 부존량 산출식과 동일한 방법으로 평균일사량 및 제주도의 총면적으로써 부존량을 산정하였다. 이용가능량은 KIEE의 경우 총 설비용량에 시스템효율(17%)을 적용하여 산정하였으며, 총 설비용량은 주택보급수(90년기준:126,325호)와 주택 한가구당 3kW 설비용량을 적용하여 계산하였다. 또한 총 이용가능량은 주택, 상업, 공공용의 총합으로써 산출하였다. KIER은 일사량, 대지면적 일반적효율(10%) 및 시장성을 고려한 이용율(45%)을 적용하여 이용가능량을 산출하였다.

Table 2-3 The calculated methods about reserves and available capacity of solar light energy

	Reserves	Available Capacity
KIEE	The same reserves of solar light energy	Available Capacity = total facility capacity × system efficiency(17%) *total facility capacity = 126,325 house ×3kW = 133,058TOE Total Available Capacity = Residential + Commercial + public = 2.15×10^5 TOE/year
KIER	The same reserves of solar light energy	Available Capacity = solar radiation(kcal/m ² ·day) × areas(km ²) × 365(day/year) × system efficiency(10%) × available rate(45%) = 2,931(kcal/m ² ·day) × 43(km ²) × 365 (day/year) × 0.1 × 0.45= 207,009(TOE/year)
This Study	The same reserves of solar light energy	Available Capacity = solar radiation × installation areas × conversion efficiency (0.5) × 365 installation areas : - Residential : roof area × 0.5 × 0.9 - Commercial and public: roof area × 0.5

본 연구에서는 태양열에너지 이용가능량 산출식과 동일한 방법으로 하였으며 설치가능 집광면적은 상업지역의 경우 지붕의 50% 단, 주택에 대해서는 태양열 이용도를 감안한 지붕 면적 50%에 대한 90%를 설치면적으로 하였다. Table 2-3 은 태양광에너지 부존량 및 이용가능량에 대한 산출식을 비교한 것이다.

2.2.3 풍력에너지

KIEE에서는 6년간 평균풍속 측정 자료를 통하여 부존량 및 이용가능량을 산정 하였다. KIER 경우 부존량 산정은 하지 않았으며, 이용가능량은 제주도 12개 지역에서 45m 높이에서 측정된 평균풍속과 에너지 밀도로부터 600kW급 풍력터빈 설치시의 예상풍력발전량과 다른 7개 지역에서 45m 높이에서 측정된 평균풍속과 에너지 밀도로부터 750kW급 풍력터빈 설치시의 예상 풍력 발전량으로서 이용가

능량을 산정하였다.

본 연구의 경우 제주지역 풍력에너지 부존량 산정에 있어 풍력밀도, 이용가능 면적(임야면적: 912.6km²) 및 연간시간을 활용하여 산출하였으며, 이용가능량은 풍력터빈설치대수 N_W , 풍력에너지밀도 \bar{P}/A , 로터의 회전면적 A_W , 시스템효율 η_{sys} 및 연간시간 T 을 적용하여 식 (1)에 나타냈다.

$$R = N_W \times A_W \times \bar{P}/A \times \eta_{sys} \times T \quad (1)$$

여기서, 로터의 회전면적과 풍력에너지밀도는 각각 식 (2), (3)로 나타냈다.

$$A_W = \pi D^2/4 \quad (2)$$

$$\bar{P}/A = \beta \rho V^3/2 \quad (3)$$

V : 평균풍속

ρ : 공기밀도(=1.225kg/m³)

β : Pattern factor(1.9)

풍력터빈 설치대수 N_W 는 임야면적 A_A 와 풍력터빈 설치면적 A_{in} 의 비율로 식 (4)로 나타냈다.

$$N_W = A_A/A_{in} \quad (4)$$

또한, 풍력터빈 설치면적 A_{in} 은 $(10 \times D)^2$ 으로 나타냈으며, D 는 풍력터빈의 로터직경으로 나타낸다. Table 2-4는 본 연구에서 제시한 풍력에너지 부존량 및 이용가능량 산출식과 KIEE과 KIER의 산출식을 비교한 것이다.

Table 2-4 The calculated methods about reserves and available capacity of wind energy

	Reserves	Available Capacity
KIEE	Reserves = 5.81×10^9 kWh/year = 1,452,500 TOE/year average wind speed(6 years) :3.6m/s	Available Capacity = 9.98×10^8 kWh/year = 249,500 TOE/year
KIER	No calculate	Available Capacity = 33,004,583 kWh/year = 8,251.1 TOE/year
This Study	Reserves = wind energy density(kW/m^2) \times available area(912.6km^2) \times hour(8,760h)	Available Capacity = the number of windmill \times swept area (m^2) \times wind energy density(kW/m^2) \times system efficiency(0.593) \times hour(8,760h)

2.2.4 바이오매스에너지

1) KIEE(1994년)

KIEE에서는 농산부산물, 임산자원, 인분 및 축산분뇨를 대상으로 하여 바이오매스에너지 부존량 및 이용가능량을 산정하였다.

① 농산부산물

제주도 지역에서 재배되고 있는 농작물 중에서 가연성 농산부산물이 발생 가능한 20개 작목을 선정하여 농산부산물 총량을 추정하여 부존량으로서 전량 에너지원으로 환산하여 71,219TOE/year 값을 산정하였다. 이용가능량은 사료 또는 기타 용도로 판매 또는 소비되고 있는 양을 제외한 양으로써 부존량의 55.1%인 39,424TOE/year 추산하였다.

② 임산자원

임산자원의 부존량 및 이용가능량은 임목, 낙엽, 시초를 대상으로 하여 산정하였다. 임목의 축적량을 4,748,893 m^3 로 집계하여 나무 및 껍질부분으로 구별하여 각각의 축적량을 계산하였고, 각 부분별 발열량을 기준으로 11,307,665TOE/year의 부존량 값을 산정하였다. 낙엽인 경우 국내 침엽수림 중 84%를 차지하고 있는 소나무와 활엽수림 중 74%를 점유하고 있는 참나무를 대표하여 69,907 MT/year

를 추정하였고 낙엽 1kg당 발열량 4,375kcal를 적용하여 30,612TOE 부존량을 산정하였다. 시초의 발생량은 전국에서 1ha당 1~3MT로 추정하고 있어 KIEE에서는 1ha당 2MT로 설정하여 시초발생량을 194,332MT로 추정하였고, 시초 1kg당 3,926kcal를 적용하여 부존량 76,925 TOE/year를 산정하였다.

이상에서 보듯이 제주도지역에 부존되어 있는 임목, 낙엽, 시초의 에너지 총량은 1,414,572TOE/year로 조사되었으며, 이용가능량은 임산자원의 별채의 어려움과 환경에 미치는 최소한의 부하를 고려하여 연간 부존량의 5% 정도로 70,729TOE/year로 추산했다.

③ 인분 및 축산분뇨

인분의 경우 제주도 분뇨 수거지역내의 연간 분뇨 배출량에서 유기질 함량 및 유기물 단위당 메탄가스 발생량을 고려하여 제주도지역 메탄가스 부존량을 산출하였으며 연간 분뇨 배출량에서 자연처리된 양과 비수거량을 제외한 실제 거래량을 이용가능량으로 추산하였다. 따라서 제주도내에서 인분을 이용한 바이오매스에너지 부존량은 2,326TOE이고 이중 발생량에 수거율(43%)을 적용하여 이용가능량 996.1TOE를 산정하였다.

축산분뇨의 경우 가축 종류별 배출량, 유기물 단위당 가스발생량을 적용하여 부존량을 산출하였고, 이용가능량 또한 가축별 수거율을 적용하여 산정하였다.

Table 2-5는 가축별 배출량과 유기물 단위당 가스발생량에 따른 부존량을 나타낸 것이다.

Table 2-5 Reserves of livestock manure and methane gas emission (KIEE: 1994year)

	Number of livestock	Livestock manure emission by heads(kg/year)	Methane gas emission(m ³ /kg)	Reserves(TOE/year)
Beef	34,050	4.00	0.325	8,886.2
Pigs	5,218	4.50	0.325	1,532.0
Chicken	312,480	0.70	0.400	17,564.5
Total				32,983.2

2) KIER(2001년)

KIER에서는 바이오매스에너지 부존량 및 이용가능량 산정에 대하여 축산업체 및 일반농가에서 사육하고 있는 소, 돼지, 말, 닭 등을 대상으로 하였다. 부존량 산출식은 가축별 축분 배출량 및 메탄가스 발생량과 발열량을 적용하여 식 (5)와 같이 나타냈다. Table 2-6은 가축별 부존량을 나타낸 것이다.

$$R = N \times E_L \times E_M \times Q \quad (5)$$

N : 사육가축수

E_L : 가축별 마리당 일평균 축분 배출량

E_M : 메탄가스 발생량

Q : 메탄가스 단위 체적당 발열량(=5,500kcal/m³)

Table 2-6 Reserves of livestock manure and methane gas emission (KIER: 2001year)

	Number of livestock	Livestock manure emission by heads(kg/day)	Methane gas emission(m ³ /kg)	Reserves(TOE/year)
Native & beef cattle	34,050	4.00	0.325	8,886.2
Dairy cattle	5,218	4.50	0.325	1,532.0
Pigs	312,480	0.70	0.400	17,564.5
Chicken	1,355,568	0.03	0.450	3,673.7
Horses	5,084	4.00	0.325	1,326.8
Total				32,983.2

* Methane gas 1m³=5,500kcal

이용가능량은 총 부존량에 수거율을 적용하여 식 (6)에 나타냈으며, 수거율은 축산 분뇨 수거의 최소단위에 의한 소 20두 이상, 돼지 50두 이상, 닭 100마리 이상으로 가정 했을 때 50%로 설정하였다.

$$A_V = R \times \eta_{elec} \times \eta_{re} \quad (6)$$

3) 본 연구(2006년)

본 연구의 경우 바이오매스에너지의 부존량은 KIER의 산출식과 동일한 방법으로 산출하였으며, 가축의 일일축분 배출량과 메탄가스발생 또한 같은 Data를 활용하였다. 이용가능량은 부존량에 전력생산 효율(35%)과 열회수 효율(50%)을 다음 식 (7)과 같이 적용하여 산정하였다.

$$A_V = R(\eta_{elec} + \eta_{re}) \quad (7)$$

η_{elec} : 전력생산 효율(35%)

η_{re} : 열회수 효율(50%)

2.2.5 폐기물에너지

폐기물에너지 부존량은 KIER에서는 산정하지 않았으며, KIEE에서 연간 폐기물 발생량에 단위발열량을 적용하여 산정하였다. 이용가능량은 KIEE에서 부존량에 수거율(75%)를 적용하여 산정하였으며, KIER에서는 일일가용성 폐기물 매립량에 전국 평균 소각물의 발열량을 적용하여 이용가능량을 산정하였다. 본 연구에서는 일일 가용성 폐기물 매립량에 발열량을 적용하여 부존량을 산출하였으며, 부존량에 전력생산 효율과 열회수 효율을 각각 적용하여 이용가능량을 산정하였다. Table 2-7은 본 연구에서 제시한 폐기물에너지 부존량 및 이용가능량 산출식에 대하여 KIER과 KIEE의 산출식을 비교한 것이다.

Table 2-7 The calculated methods about reserves and available capacity of waste energy

	Reserves	Available Capacity
KIEE	$\text{Reserves} = \text{amount of waste emission} \times \text{heating value}$ -amount of waste emission = 500 ton/day -heating value= 1,600kcal/kg $\text{Reserves} = 2.92 \times 10^{11} \text{kcal/year} = 29,200 \text{ TOE/year}$	$\text{Available Capacity} = \text{reserves} \times \text{collection rate (75\%)}$ $= 24,859 \text{ TOE/year}$
KIER	No calculate	$\text{Available Capacity} = \text{Landfill(ton/day)} \times \text{Heating value(1,511kcal/kg)} \times 365(\text{day/year})$ $= 17,813.9 \text{ (TOE/year)}$
This Study	$\text{Reserves} = \text{Landfill(ton/day)} \times \text{Heating value(kcal/kg)} \times 365(\text{day/year})$	$\text{Available Capacity} = \text{reserves} \times \text{electric power efficiency} \times \text{recovery efficiency(0.2)}$

2.2.6 소수력에너지

KIER에서는 일일 70,000ton/day(2001년기준)을 방류하고 있는 제주시 하수종말처리장을 대상으로 설비용량, 가동률, 유량($0.8\text{m}^3/\text{s}$), 유효낙차(2.5m) 등을 활용하여 약27.9TOE/year의 소수력에너지 이용가능량을 산정하였다. 본 연구의 경우 제주지역의 제주하수종말처리장 및 동부하수종말처리장과 도내 양식장 발전용량(W), 설비이용율에 연간시간을 적용하여 부존량을 산출하였으며, 부존량에 수차효율과 발전기효율을 적용하여 이용가능량을 산정하였다.

2.2.7 미이용에너지

제주도내 미이용에너지 부존량 조사는 KIER에서 조사 되었으며, 해수열과 하수처리수를 대상으로 하였다. 해수열에너지 부존량 조사 지역은 해수 열에너지를 냉난방열 수요공급에 이용하는 점을 고려하여 연안의 인구 밀집 지역인 서귀포시를 선정하였고, 하수처리수 미이용에너지는 제주시와 서귀포시 하수처리장의 처리수를 대상으로 하였다. 그 결과 하수처리수 에너지(제주, 서귀포시 하수처리수)는 100Tcal/year로 조사되었으며, 해수열에너지(서귀포시지역)는 2,900Tcal/year로 조사되었다. 본연구에서는 미이용에너지에 관한 부존량 및 이용가능량은 산정하지 않았다.

2.3 청정에너지별 부존량 및 이용가능량

2.3.1 태양에너지(태양열, 태양광)

1) 부존량 및 이용가능량 산출식

부존량은 제주도 전체 면적을 대상으로 연평균일사량의 곱으로 산출하며, 이용가능량의 집열면적 및 집광면적은 주거지와 상업지구를 대상으로 적용가능면적을 산정하였다. 다음은 태양에너지 부존량 산출식과 각각의 태양열, 태양광에너지 이용가능량 산출식을 나타낸 것이다.

$$R = S_R \times A_{je} \times T \quad (8)$$

$$A_{V(heat)} = S_R \times A_{heat} \times \eta_{con} \times T \quad (9)$$

$$A_{V(light)} = S_R \times A_{light} \times \eta_{con} \times T \quad (10)$$

R : 부존량

S_R : 연평균 일사량

A_{je} : 제주도 면적

T : 연간시간

A_V : 이용가능량

$A_{heat(light)}$: 집열면적(집광면적)

η_{con} : 변환효율

2) 사용데이터

① 연평균 일사량

연평균 일사량은 제주지방 기상청의 30년간의 월평균 일사량(월평균 평균 일사량)을 이용하여 산정하였으며 연평균 일사량은 Table 2-8과 같다.

서귀포지역의 연평균 일사량에 대한 기상청 자료가 없어서 부존량 및 이용가능량의 산정에 있어서는 3개 지역의 연평균 일사량을 평균하여 사용하였다.

Table 2-8 Annual average solar radiation

	Solar radiation (MJ/day)	Solar radiation (kcal/day)
Jeju Weather Station	12.275	2,933.725
Gosan Weather Station	12.535	2,995.865
Seongsnapo Weather Station	23.325	5,574.675
Ave.	16.045	3,834.755

② 집열 및 집광면적

태양광 및 태양열시스템을 건물의 지붕에 설치하는 것으로 하며, 지붕면적은 식 (11)로 나타낼수 있다.

$$A_R = A_U \times B_C \quad (11)$$

A_R : 지붕면적

A_U : 주거지역 및 상업지역의 면적

B_C : 지역별 건폐율

Table 2-9 Regional areas

(1000m²)

Region	Residential zone	Commercial zone	Total
Jeju-si	14,076	3,060	17,136
Seogwipo-si	10,810	1,172	11,982
NamJeju-gun	9,473	673	10,146
BukJeju-gun	9,588	714	10,302
Total	43,947	5,619	49,566

Table 2-9에 지역별 주거지역과 상업지역의 면적을 나타낸다. 지역별 건폐율은 도시계획조례에 의해서 주거지역이 60%이하이고 상업지역이 80% 이하이다. 집광면적과 집열면적의 산출방법은 주거지역인 경우 지붕면적의 50%를 활용면적으로 하고, 집광면적은 활용면적의 90%, 집열면적은 10%를 적용하는 것으로 하였다. 상업지역의 경우 지붕면적 중의 50%를 집광면적으로 하고, 10%를 집열면적에 적용하였다. 이렇게 계산된 집광 및 집열면적을 Table 2-10에 나타내었다.

Table 2-10 Collected areas of solar light and heat

Region	Collected area of solar light			Collected area of solar heat		
	Total	Residential	Commercial	Total	Residential	Commercial
Jeju-si	6,124	4,900	1,224	789	544	245
Seogwipo-si	3,743	3,333	420	452	370	82
NamJeju-gun	3,084	2,815	269	367	313	54
BukJeju-gun	3,151	2,866	286	376	318	57
Total	16,103	13,914	2,189	1,984	1,546	438

3) 부존량 및 이용가능량

연평균 일사량과 제주도 지역별 면적, 그리고 집광 및 집열면적을 이용하여 태양열 부존량 및 이용가능량 산출식에 적용하여 Table 2-11와 같은 부존량 및 이용가능량을 산출하였다.

Table 2-11 Reserves and available capacity of solar energy (TOE/year)

Region	Reserves	Available Capacity	
	Solar Energy	Solar light power	Solar heat power
Jeju-si	35,761,966	70,302	46,671
Seogwipo-si	35,677,985	47,229	28,790
NamJeju-gun	101,099,289	39,773	23,771
BukJeju-gun	86,150,647	40,512	24,283
Total	258,689,887	197,816	123,515

2.3.2 풍력에너지

1) 부존량 및 이용가능량 산출식

풍력에너지 부존량 및 이용가능량 산출식 (12), (13)을 다음과 같이 확정하였으며, 각각의 데이터를 이용하여 산출 하였다.

$$R = \bar{P}/A \times A_A \times T \quad (12)$$

$$A_V = N_W \times A_W \times \bar{P}/A \times \eta_{sys} \times T \quad (13)$$

\bar{P}/A : 풍력에너지밀도(W/m²)

A_A : 이용가능 면적(임야면적=912.6km²)

N_W : 풍력터빈 설치대수

A_W : 로터의 회전면적

η_{sys} : 시스템 효율(=35%)

2) 사용 데이터

① 풍력밀도

연평균 풍속은 1998년과 2000년도에 실시된 제주도 풍력잠재량 조사에서 측정 위치들의 평균 풍속을 다시 평균하여 그 값을 제주도의 연평균 풍속으로 하였으며, 식(14)은 풍력밀도 산출식을 나타낸 것이다[7].

$$\bar{P}/A = \beta \times \rho_A \times \frac{V^3}{2} \quad (14)$$

\bar{P}/A : 풍력에너지밀도(W/m²)

β : 풍속 Rayleigh 확률분포의 Pattern Factor(=1.9)

ρ_A : 공기밀도(=1.225kg/m³)

V : 연평균 풍속(=6.64m/s)

② 풍력터빈 설치대수

풍력터빈 상호의 간섭을 고려해, $(10 \times D)^2$ (D:로터직경)의 면적에 풍력터빈 1대로 하였으며, 설치면적은 제주도의 면적 현황에서 임야면적(912.6km²)으로 하고 풍력터빈규모는 750kW급(D:50m)로 하여 계산하였다. 최대 풍력터빈 설치대수는 3,650대 이다. Table 2-12은 지역별 평균풍속을 나타낸 것이다[8-9].

Table 2-12 Average wind speed by region in Jeju

Annual average wind speed(1998)		Annual average wind speed(2000)	
Region	averaged wind speed(m/sec)	Region	averaged wind speed(m/sec)
Gosan	7.58	Kimnyung	6.66
Yongdang	6.69	Sinsan	5.61
Daejeong	6.05	Doeyu2	6.44
Ligwa	5.91	Hamo	6.95
Daeyu	5.52	Mureung	6.82
Pyoseon	6.91	Gwangpyeong	6.59
subji	7.20	Napeup2	6.45
Udo	8.11		
Susan	6.63		
Napeup	6.38		
Hoecheon	6.10		
Hangwon	7.26		
Ave.			6.64m/s

3) 부존량 및 이용가능량

위에서 계산된 풍력에너지밀도, 로터 회전면적, 풍력터빈 설치대수 등을 이용하여 산출식 (12)와 (13)에 적용하여 Table 2-13과 같이 풍력에너지 부존량과 이용가능량 값을 산정하였다.

Table 2-13 Reserves and available capacity of wind energy

	Reserves(TOE/year)	Available Capacity(TOE/year)
Jeju-si	33,269,442	261,298
Seogwipo-si	39,092,900	307,036
NamJeju-gun	88,239,753	693,035
BukJeju-gun	77,715,746	610,379
Total	238,317,841	1,871,748

2.3.3 바이오매스 에너지

1) 부존량 및 이용가능량 산출식

바이오매스에너지는 활용 가능한 에너지원 중 축산분뇨를 중심으로 산출하였으며, 다음과 같이 산출식을 확정하여 부존량과 이용가능량을 산정하였다. 이용가능량 산출식은 일반적인 발전과 열회수의 효율을 적용하였다[10].

$$R = N \times E_L \times E_M \times Q \quad (15)$$

$$A_V = R \times \eta_{elec} \times \eta_{re} \quad (16)$$

N : 사육가축수

E_L : 가축별 마리당 일평균 축분 배출량

E_M : 메탄가스 발생량

Q : 메탄가스 단위 체적당 발열량(=5,500kcal/m³)

η_{elec} : 전력생산 효율(=35%)

η_{re} : 열회수 효율(=50%)

2) 사용데이터

제주도의 가축별 사육두수는 2003년도 제주 통계 연보의 가축 사육 가구 및 마리 자료의 값을 이용하였으며, 마리당 축분 배출량 및 메탄가스 발생량은 Table 2-14와 같이 가축별로 제시하였다. 메탄가스 단위 체적당 발열량 5,500kcal/m³을 적용하였다.

Table 2-14 Livestock manure and methane gas emission

	Livestock manure emission by heads(kg/day)	Methane gas emission(m ³ /kg)
Native & beef cattle	4.00	0.325
Dairy cattle	4.50	0.325
Pigs	0.70	0.400
Chicken	0.03	0.450
Horses	4.00	0.325

3) 부존량 및 이용가능량

위의 산출식과 사용데이터를 이용하여 다음 Table 2-15와 Table 2-16과 같이 이용가능량과 부존량을 산출하였다.

Table 2-15 Reserves of biomass energy

	Number of livestock	Livestock manure emission by heads(kg/day)	Methane gas emission(m ³ /kg)	Reserves(TOE/year)
Native & beef cattle	18,501	4.00	0.325	4,828.3
Dairy cattle	5,808	4.50	0.325	1,705.2
Pigs	399,758	0.70	0.400	22,470.4
Chicken	1,281,450	0.03	0.450	3,472.9
Horses	11,366	4.00	0.325	2,966.2
Total				35,443.0

Table 2-16 Available capacity of biomass energy

	Power output(MWh)	Heat output(Gcal)	Available capacity(TOE/year)
Native & beef cattle	6,760	24,141	4,104.1
Dairy cattle	2,387	8,526	1,449.4
Pigs	31,459	112,352	19,099.8
Chicken	4,862	17,364	2,952.0
Horses	4,153	14,831	2,521.3
Total	49,621	177,215	30,126.6

2.3.4 폐기물에너지

1) 부존량 및 이용가능량 산출식

폐기물 에너지는 일반적으로 활용하는 소각열 이용 발전으로 하였으며, 폐기물은 현재 매립되어지는 양을 이용하여 다음과 같은 부존량 산출식을 확정하였다. 이용가능량 산출식은 일반적인 발전과 열회수의 효율을 적용하였다.

$$R = L \times Q \times T \quad (17)$$

$$A_V = R \times \eta_{elec} \times \eta_{re} \quad (18)$$

L : 일일 가용성 폐기물 매립량(TON/day)

Q : 발열량(=1,511kcal/kg)

η_{elec} : 전력생산 효율(=35%)

η_{re} : 열회수 효율(=50%)

2) 부존량 및 이용가능량

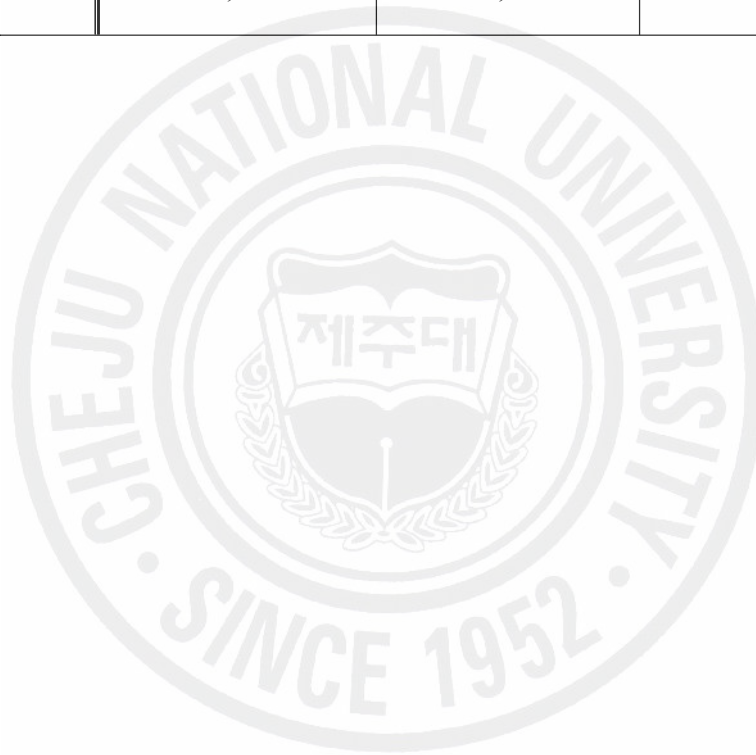
제주도내 총 발생하는 폐기물량 중에서 재활용, 소각, 해역 배출되는 양을 제외하고 매립되는 양으로 위의 산출식을 이용하여 부존량 및 이용가능량을 산출하였다. Table 2-17에 가연성 폐기물 매립량과 부존량을 나타냈으며, Table 2-18에 이용가능량을 제시하였다.

Table 2-17 Waste landfill amount and reserves

	Landfill(Ton/day)	Reserves(TOE/year)
Domestic wastes	4.00	0.325
Industrial domestic wastes	4.50	0.325
Industrial wastes	0.70	0.400
Total	0.03	0.450

Table 2-18 Available capacity of waste energy

	Power output(MWh)	Heat output(Gcal)	Available capacity(TOE/year)
Domestic wastes	8,300	29,644	5,039.5
Industrial domestic wastes	1,552	5,543	942.2
Industrial wastes	1,066	3,805	646.9
Total	10,918	38,992	6,628.6



2.3.5 소수력에너지

1) 부존량 및 이용가능량 산출식

제주도내 하수처리장의 방류수와 양식장의 방류수를 대상으로 그 수량을 사용수량으로 하고 유효낙차를 이용하여 발전용량을 계산하고, 발전용량에 설비이용율을 고려하여 부존량을 산출하였으며, 이용가능량은 부존량의 기계적 효율과 손실 등을 고려하여 산출하였다[11].

$$R = P \times R_A \times T \quad (19)$$

$$A_V = R \times \eta_t \times \eta_g \quad (20)$$

$$P = 9.8 (m/s^2) \times D_e \times Q \times H \quad (21)$$

P : 발전용량(W)

R_A : 설비이용율(%)

η_t : 수차효율(%)

η_g : 발전기효율(%)

D_e : 사용수 밀도(kg/m³)

Q : 사용수량(m³/s)

H : 유효낙차(m)

2) 사용데이터

제주시와 서귀포시 동부하수처리장의 유황 분석 결과 최대유량Q1, 풍수량Q95, 평수량Q185, 저수량Q275 및 갈수량Q355 등의 유황 값들을 Table 2-19과 Table 2-20에 나타냈으며 그 중 풍수량Q95을 사용수량으로 하여 부존량 및 이용가능량을 산출하였다. 양어장의 경우는 하수처리장처럼 유량변동이 작아 Table 2-21의 측정유량을 이용하여 산출하였다.

Table 2-19 Jeju sewage treatment plant flowrate analysis of year (m³/sec)

Year	Capacity	Q ₁	Q ₉₅	Q ₁₈₅	Q ₂₇₅	Q ₃₅₅
2002	1.51	1.65	0.99	0.91	0.87	0.79
2003	1.51	1.61	1.20	1.07	0.99	0.87
2004	1.51	1.75	1.14	1.05	0.98	0.84

Table 2-20 Dongbu sewage treatment plant flowrate analysis of year (m³/sec)

Year	Capacity	Q ₁	Q ₉₅	Q ₁₈₅	Q ₂₇₅	Q ₃₅₅
2002	0.231	0.226	0.143	0.122	0.113	0.106
2003	0.231	0.250	0.178	0.137	0.118	0.109
2004	0.231	0.254	0.150	0.129	0.116	0.108

Table 2-21 Current situation of fish farm facility

Region	Fish farm	Area of farm(m ²)	Effective head(m)	Flowate(m ³ /s)	Generation of capacity(kW)
Sungsan	1	5503.98	3.986	0.314	12.57
	2	1139.42	5.435	0.133	7.26
	3	5067.47	4.778	0.073	3.50
	4	4193.35	1.943	0.087	1.70
	5	1944	4.888	0.283	13.90
Pyoseon	6	14346.5	4.871	0.183	8.95
	7	3919.42	3.728	0.139	5.21
	8	4766.13	4.791	0.101	4.86
	9	4086.9	5.012	0.188	9.46
	10	4945.65	5.853	0.087	5.12
Namwon	11	3060.26	6.015	0.155	9.37
	12	3292	5.243	0.141	7.43
	13	12150.68	3.391	0.049	1.67
	14	6759.75	3.212	0.388	12.52
	15	4281.36	3.956	0.102	4.05
Daejeong	16	5195.6	4.871	0.069	3.38
	17	4933.53	4.994	0.291	14.60
	18	3239.39	4.079	0.151	6.19
	19	2650	3.884	0.138	5.38
	20	4470.1	3.983	0.135	5.40
Ave.			4.43	0.15	6.75

3) 부존량 및 이용가능량

위의 산출식과 사용데이터를 이용하여 다음 Table 2-22의 부존량과 Table 2-23의 이용가능량을 산출하였다.

Table 2-22 Reserves of small hydro energy

	Jeju-si	Seogwipo-si	Fish farm	
			Unit section	260 section
Generation of capacity(kW)	55.2	19.1	6.7	1,735.5
Used Equipment(%)	90	90	95	95
Reserves(TOE/year)	108.8	37.6	13.9	3,610.7
Total(TOE/year)	3,757.1			

Table 2-23 Available capacity of small hydro energy

	Jeju-si	Seogwipo-si	Fish farm	
			Unit section	260 section
Generation of capacity(kW)	47.5	16.4	4.6	1.1975
Used Equipment(%)	90	90	95	95
Reserves(TOE/year)	93.6	32.4	9.6	2491.3
Total(TOE/year)	2,617.3			

Ⅲ . 청정에너지 도입 현황 및 목표

3.1 도입현황

제주도에 도입된 주요 청정에너지 시스템으로는 풍력발전을 대표적으로 태양광 발전, 태양열이용, LFG, 지열, 소수력, 폐기물 소각열 이용으로 나눌 수 있으며, 다음의 Table 3-1에서 Table 3-4까지 나타내었다.

Table 3-1 Introduction situation of wind power plant

	The term of install	The scale of equipment	The administrative structure
Hang won wind power complex	97.8~03.4	<ul style="list-style-type: none"> • Total:9,795kW(15 EA) • 660kW × 7 • 600kW × 2 • 225kW × 1 • 750kW × 5 	Jeju
Wolryeong alternative energy model complex	93.2~94.12	<ul style="list-style-type: none"> • 20kW × 1 • 30kW × 1 • 100kW × 2 • Solar light system , hot-water system and road-lamp 40 EA 	Korea institute of energy research
Marado wind power plant	99.1~99.8	<ul style="list-style-type: none"> • 30kW × 1 	NamJeju-gun
Hankyong A wind power plant	First year: 03.2~04.3 Second year: 04.7~06.12	First yea: 1500kW × 4 Second year: 2000kW × 7	Korea southern power CO.LTD
Dongkang cultural town Green village	04.1~05.12	<ul style="list-style-type: none"> • 850kW × 2 	Community energy industry
Total		15,175kW	

Table 3-2 Introduction situation of solar power

	The term of install	The scale of equipment	The administrative structure
Solar facilities gardening heating positive system	03.2~03.5	<ul style="list-style-type: none"> • Collector of solar heat: 335m² • Thermal storage tank × 1: 300m³ 	Agricultural research & extension services
Tamra community rehabilitation center (Solar heat power)	04.1~04.12	<ul style="list-style-type: none"> • 300m³ 	Community energy industry
Solar facilities house	2005.	<ul style="list-style-type: none"> • Collector of solar heat : 380m² 	Individual
Halla Mt. Solar light power	97.7~99.11	<ul style="list-style-type: none"> • 10kW × 3 	Halla Mt. National Park control office
Solar light power (Dongkang cultural town Green village)	04.1~05.12	<ul style="list-style-type: none"> • 158kW/p × 57 house 	Community energy industry
Solar light power (Marado)	04.1~05.8	<ul style="list-style-type: none"> • 120kW 	Community energy industry
Solar light power for house	03'-05'	<ul style="list-style-type: none"> • 28.5kW 	Individual
Solar heat power for house		<ul style="list-style-type: none"> • 2000. ~ 04' 258 house 	
Total		<ul style="list-style-type: none"> • Solar heat : 1015m² • Solar light : 9184.5kW 	

Table 3-3 Introduction situation of LFG(Land-fill gas)

	The scale of equipment	Capacity	Output	Sales volume
Jeju-si Hoecheon	1,000kW × 2	2,000kW	7,528MWh	7,169MWh

Table 3-4 Introduction situation the others plants and heat used energy in province

	The term of install	The scale of equipment	The administrative structure
Small hydro power & Biogas	05.1~05.12	<ul style="list-style-type: none"> • 420kW × 2(Biogas) • 30kW × 1(Small hydro power) 	Community energy industry
Geothermal energy	04.1~05.2	<ul style="list-style-type: none"> • Ground source heat pump cooling and heating system 1,800m² 	Community energy industry
Boiler for burning up waste		<p>Sanbook incineration facility</p> <ul style="list-style-type: none"> • 200 (steam ton/day) • Output : 49,622 Mwh/year • Heat supply : 4,6927Gcal/year <p>Sannam incineration facility</p> <ul style="list-style-type: none"> • 70 (steam ton/day) 	Jeju, Jeju provincial development corporation

3.2 청정에너지 도입목표

3.2.1 청정에너지 도입의 주안점

청정에너지 도입의 기준을 설정하기 위한 도입의 주안점으로 공급, 기술, 수요 측면을 고려하여 청정에너지 도입에 있어 우선순위를 생각할 수 있다.

첫째, 공급측면에서의 도입조건으로는 부존량과 이용가능량(공급가능성)을 들 수 있다. 청정에너지로서 일정량 이상의 에너지원이 존재하지 않으면 즉 부존량이 작은 경우에는 청정에너지 도입에 어려움이 있어 우선순위에서 제외시킨다. 또한 부존량이 많이 존재하는 청정에너지라 하더라도 실제로 이용 또는 공급 할 수 있는 조건이 아니면 도입 우선순위에서 제외시킨다.

둘째, 기술측면에서의 도입조건으로는 기술보급 즉 실용화 정도와 지역 특성과의 기술 적합성을 들 수 있다. 실용화 정도에서 에너지원으로부터 이용가능량을 풍부하게 얻을 수 있어도 실용화된 에너지 변환 기술이 없다면 우선순위에서 제외시킨다. 또한 기술은 실용화되어도 제주지역의 기상개황, 입지조건 등의 지역 특성에 맞는 적합한 기술이 개발되어 있지 않는다면 도입에 어려움이 있다.

셋째, 수요측면에서의 도입조건으로는 수요 요구와 정책 조건을 생각할 수 있겠다. 수요 요구 즉 이용가능성을 생각해보면 이용되고 있는 에너지의 양 또는 질, 이용형태(전기, 열) 등을 고려하고 계절, 시간 등의 이용시기로부터 청정에너지 선택을 고려한다. 또한 청정에너지 도입과 관련한 규제나 보조 등의 정부 또는 도의 시책이나 사업의 방침 등으로부터 청정에너지 선택에 있어 정책적인 조건을 고려한다.

3.2.2 청정에너지 종류별 도입 검토

앞에서 설명한 청정에너지 도입의 조건을 고려한 도입 순위에 따라 청정에너지 종류별 도입 검토를 통하여 제주지역에 도입해야할 청정에너지를 선정하였다.

- 1) 태양에너지원 중 태양열 이용에너지의 경우 연간 제주도내 태양열 이용가능량은 약12만TOE/year 이상으로 풍부하며, 태양열 이용 기술은 많이 보급되어 있고 태양열을 이용하는 사업소나 가정이 있어 선택해야할 대상이라 하겠다.
- 2) 태양광발전은 이용가능량이 약20만TOE/year에 가까운 풍부한 에너지원을 가지고 있으며, 태양광 주택보급 사업을 통한 정부정책으로 시행되고 있다. 또한 태양광 기술 또한 많이 발전 되어지고 있어 도입조건에서 공급, 기술, 수요 측면을 모두 만족하는 에너지원으로써 적극 도입해야할 대상이라 하겠다.
- 3) 풍력에너지는 제주도내 개발가능한 에너지원 중 가장 많은 이용량 약187만 TOE/year로 제주지역 특성과 가장 적합한 에너지원으로 이미 발전소가 가동되어지고 있고 이용 기술이나 발전차액제도 또한 정비되고 있어 앞으로도 유망한 에너지원이라 하겠다.
- 4) 지열에너지는 부존량과 이용가능량이 풍부하고 기술의 진보에 의해 지열의 이용이 실용화되고 있어 청정에너지의 열원으로는 유망하나, 제주도 지형 특성상 굴착작업의 어려움과 지하수 오염 발생의 우려를 가지고 있어 조건적으로 불리하다고 할 수 있다.
- 5) 바이오매스에너지 중 삼림 자원은 부존량이 풍부하지만 에너지 자원의 확보를 위한 노동력이 많이 필요하기 때문에 이용가능량 면에서 불리하다. 농산물 자원은 벼짚 등 농산물 생산에 따른 부산물이 발생되나 그 부존량이 매우 작으며, 이용가능량 또한 수집, 축적에 필요한 비용이 많이 발생하여 선택에 있어 매우 불리하다. 하지만 유채 등 식물로부터 바이오디젤을 정제 할 수 있어 장래적으로는 선택해야 할 대상이라 생각할 수 있다. 가축 분뇨 또한 부존량과 이용가능량이 낮기 때문에 도입에 있어 불리하다고 할 수 있다.
- 6) 해양에너지는 부존량은 많지만, 이용 기술이 실증 플랜트 단계이므로 현재 도입에 있어서는 어려움이 있다.
- 7) 폐기물발전은 전국 청정에너지 발전 대비 70%이상을 차지하는 열원으로서 유망하다.
- 8) 미이용에너지는 도시 내부, 공장 등에서 생활, 업무, 생산, 활동의 결과로 생겨나는 열원으로서 다양한 온도의 열에너지를 회수 할 수 있는 장점을 가지고 있으나 발생량이 그다지 많지 않아 도입 조건으로 불리하다고 하겠다.

3.2.3 제주도 청정에너지 도입목표치 산정방법

제주지역 청정에너지 도입목표치의 산정은 앞 절의 청정에너지 도입의 기준을 고려하여 태양열, 태양광, 풍력, 폐기물 열이용에너지, 바이오매스에너지 등 5종을 대상으로 검토 하였으며, 도입목표치 산정방법으로는 안분법(비례배분법), 배율법 및 제주도 추진계획의 3가지 방법으로 도입목표치를 산정하였다.

안분법(비례배분법)은 국가의 목표치를 제주도의 지표로 안분하여 산정하는 방식으로 국가의 목표에 대한 제주도의 역할이 명확하나 지역 특성이 반영되지 않는 경우가 있다.

배율법은 전국 청정에너지 발전량 대비 국가의 도입목표의 배율을 사용하여 제주도의 청정에너지 도입목표치를 산정하는 방법으로 비교적 실현성이 높은 반면 도입 실적에 따라서는 낮은 목표가 산정되는 경우가 있다.

제주도 추진계획에 따른 도입목표치 산정방법은 2011년까지 도내 에너지 사용의 10%이상을 청정에너지의 도입목표로 하고 있어 그에 따른 에너지원별 보급률을 적용하여 도입목표치를 산정하는 방법이다. 이 방법은 도내 도입목표량에 부합하는 도입목표치를 산출할 수 있으나 배율법과 마찬가지로 도입된 에너지원 중 과도한 목표치가 산정되는 경우가 있다.

1) 안분법(비례배분법:proportional distribution)

안분법은 총에너지 소비량, 세대수, 자동차 보유대수 등의 지표에 대하여 전국 대비 제주도가 점유하는 비율을 활용하는 방법이다. 따라서 국가의 2011년도 청정에너지 도입목표치에 전국 대비 제주도가 차지하는 지표의 비율을 적용하여 제주도의 도입목표치를 산정한다. 이는 국가의 청정에너지 도입목표에 대하여 제주도의 역할이 명확하나 지역특성을 고려하지 않아 지역특성을 반영한 도입목표치를 산정하는데 어려움이 있다. Table 3-5는 국가의 청정에너지 도입목표를 안분하기 위하여, 2003년을 기준으로 각 지표별 전국 대비 제주도의 총에너지 소비, 세대수, 자동차 보유 대수, 연간쓰레기 수집량 등의 지표 비율을 나타낸 것이다. 총에너지 소비에서 전국 대비 제주도가 차지하는 비율이 0.64% 이며, 세대수는

0.9%, 자동차 보유대수비1.4%로 나타났다.

Table 3-5 Rate of Jeju which is occupied by contrast nation of each indicator
(2003year)

Indicator	Unit	Country	Jeju	Contrast rate
Total energy consumption	10 ³ TOE	163,995	1,056	0.64%
Energy consumption (except for traffic)	10 ³ TOE	160,533	605	0.38%
The number of households	10 ³ house	16,998	153	0.9%
Annual total waste collection	10 ³ TON	2,904	33	1.1%
vehicles holding volume	10 ³ vehicle	14,587	213	1.4%

청정에너지별 각 지표에 대한 선택의 주안점을 살펴보면, 태양열 및 태양광 발전 시설은 주로 주택, 건물 지붕에 설치된다. 따라서 주택 지붕의 면적과 관련되어지기 때문에 세대수 지표를 활용한다. 풍력발전의 경우 바람의 힘을 회전력으로 전환시켜 발생하는 전력을 전력계통이나 수요자에 직접 공급하는 방식이다. 따라서 수송부분의 에너지원으로는 직접적인 사용이 없기 때문에 원료를 사용하는 수송부분을 제외한 에너지 소비량의 지표를 활용한다. 폐기물 열이용 에너지는 폐기물을 소각 하는 과정에서 에너지를 얻기 때문에 폐기물 에너지 발전량은 쓰레기 수집량에 의해서 좌우된다. 따라서 쓰레기 연간 수집량의 지표를 활용한다. 미이용에너지는 대부분이 공장, 하천, 하수종말처리장, 해수열 등의 폐열을 활용하는 것으로써 냉, 난방의 에너지원으로 주로 사용하기 때문에 수송부분을 제외한 에너지 소비량의 지표를 활용한다. 청정에너지 자동차는 자동차의 보급과 관련되어지기 때문에 자동차 보유 대수의 지표를 활용한다.

Table 3-6은 산업자원부에서 우리나라의 청정에너지 연도별 도입목표치를 2012년까지 나타낸 것이다. Table 3-6에서는 정부에서 화석에너지 고갈과 국제 환경규제의 강화로 인해 향후 주요 에너지원인 청정에너지의 비중을 확대하기 위해 국

가에너지 기본계획에서 총에너지소비에 대한 청정에너지의 공급비중을 2006년 3%, 2011년 5%로 설정하고 있다.

Table 3-6 Introduction target of Clean energy yearly (Unit :10³TOE)

year	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Soar heat	41	53	74	102 (1.5%)	134	169	208	258	318 (2.4%)	385
Soar light	2.7	4	10	22 (0.3)	40	65	103	192	341 (2.6)	448
wind	13	38	68	126 (1.8)	230	361	652	882	1311 (9.8)	1456
Small Hydro	50	55	62	111 (1.6)	170	229	298	367	446 (3.3)	534
Hydrogen	-	-	-	-	-	0.1	0.1	1.3	1.3 (-)	1.3
IGCC	-	-	-	-	6.8	6.8	6.8	184	375 (2.8)	545
Waste	3,080	3,852	4,350	5,050 (72.2)	5,630	6,150	6,870	7,110	7540 (56.5)	8,930
Biomass	197	342	436	495 (7.1)	737	768	801	833	1050 (7.9)	1,082
Fuel cell	-	0.08	0.1	0.4 (-)	1.1	3.6	15	77	147 (1.1)	226
Ocean	-	-	-	0.8 (-)	0.8	143	143	211	232 (3.2%)	432
Geothermal	0.8	2.5	6	12 (0.1)	23	42	70	109	161 (1.2)	225
Subtotal	3,385	4,345	5,006	5,919	6,973	7,938	9,167	10,224	12,122	14,264
Total energy consumption rate	1.57	1.95	2.17	2.49	2.86	3.17	3.56	3.88	4.5	5.19
Hydro	1,066	1,068	1,067	1,082 (15.5)	1,081	1,091	1,109	1,161	1,213 (9.1)	1,267
Total	4,451	5,413	6,073	7,001 (100)	8,054	9,029	10,276	11,385	13,335 (100)	15,531
Total energy consumption	215,825	223,218	230,949	237,589	243,664	250,486	257,513	263,555	269,323	274,978
Total energy consumption rate	2.06	2.42	2.63	3.00	3.30	3.60	3.99	4.32	5.00	5.60

주 : 2003년 이후에는 신·재생에너지에 대수력 포함

자료 :2003. 「제2차 신·재생에너지 기술개발 및 이용·보급 기본계획 (2003~2012)」

Table 3-5에서 나타낸 에너지 소비량 등의 각 지표에 대한 전국대비 제주도의 점유율을 바탕으로 청정에너지 종류에 따른 지표를 선택하였으며, Table 3-6의 2011년 전국 도입목표치에 전국 대비 제주도의 점유율을 적용하여 태양광, 태양열, 풍력, 폐기물, 바이오매스에너지를 대상으로 제주지역 청정에너지 도입 목표치를 산정하여 Table 3-7 에서 나타내었다.

Table 3-7 The target figure of clean energy introduction in Jeju by the proportional distribution (Unit: 10³TOE)

	Country target figure (2011year)	Jeju target figure(2011year)	Indicator	Contrast rate
Soar heat energy	341	3.1	The number of households	0.9%
Soar light energy	318	2.87	The number of households	0.9%
wind energy	1311	4.98	Energy consumption (except for traffic)	0.38%
Waste energy	7540	82.94(84.7%)	Annual total waste collection	1.1%
Biomass energy	1050	3.99	Energy consumption (except for traffic)	0.38%
Total	10,560	97.88		

2) 배율법(multiple proportion)

배율법은 현재 국가의 청정에너지 도입 실적과 2011년 도입목표치의 배율을 제주도의 청정에너지 도입실적에 적용하여 산정하는 방식이다. 이와 같은 산정방법은 현재 제주도내 도입된 청정에너지의 도입실적을 반영하는 비중이 크게 작용하기 때문에 비교적 실현성이 높은 반면 도입된 에너지별 실적에 따라서는 과도한 목표나 낮은 목표가 산정되는 경우가 있다.

제주도내 청정에너지의 도입 실적은 도입된 청정에너지별 발전량으로 나타낸다. 다음은 청정에너지별 도입실적과 산출방법을 제시하여 그에 따른 산출된 에너지별 총 발전량을 Table 3-8에 나타내었다.

① 태양열 발전량

가. 도입실적 : 총 집열면적 = 2,950m²

- 탐라장애인복지관 : 300m²
- 태양열 이용 주택 : 380m²
- 원예난방실증시스템 태양열집열: 335m²
- 가정용 태양열 이용 : 3m× 2.5m × 258가구

나. 발전량

$$\begin{aligned} \text{태양열 발전량} &= \text{집열면적} \times \text{일사량}(159.6\text{MJ}/\text{m}^2) \times \text{이용효율}(50\%) \\ &= 2,950 \times 159.6\text{MJ}/\text{m}^2 \times 0.5 = 235,410\text{MJ} \\ &= 5.26\text{TOE}(1\text{MJ} = 2.39 \times 10^{-3}\text{TOE}) \end{aligned}$$

② 태양광 발전량

가. 도입실적 : 총용량 = 421kW

- 일반주택 58kW(21호)
- 월령 10kW
- 행원 15kW
- 한라산 국립공원 30kW
- 그린빌리지 158kW
- 마라도 150kW
- (동광 · 자구네 57호)

나. 발전량

$$\begin{aligned} \text{태양광 연간발전량} &= 1\text{kW당} \times 1000 = \text{kWh} \\ &= 421\text{kW} \times 1000 = 421,000\text{kWh} \\ &= 150 \text{ TOE}(1\text{kWh} = 0.25 \times 10^{-3}\text{TOE}) \end{aligned}$$

③ 폐기물에너지 및 바이오매스 발전량

가. 폐기물에너지 발전량

- 제주도 회천동 산복소각 시설
- 발전량 : $4,6927\text{Gcal/year} = 4692.7\text{TOE}(1\text{kcal} = 1.0 \times 10^{-7}\text{TOE})$

나. 바이오매스에너지 발전량

- 제주도 회천동 LFG (용량: 2000kW)
- 발전량 : $7,528\text{MWh} = 1882\text{TOE}(1\text{kWh} = 0.25 \times 10^{-3}\text{TOE})$

④ 풍력 발전량

가. 도입실적 : 총 용량 = 21.45MW

- | | |
|--------------------|-----------------|
| • 행원 10MW(15기) | • 신창 1.7MW(2기) |
| • 환경 6MW(4기) - 1차 | • 월령 20kW(1기) |
| 2MW(7기) - 2차 | 30kW(1기) |
| • 월정 1.5MW(1기) | 100kW(2기) |

나. 발전량

- 풍력 발전량 $A_{kWh} = (CF)(GS)8760$

A_{kWh} : 연간 발전량 [kWh/년]

CF : 설비이용률

GS : 정격 발전기용량 [kW]

※ 정격풍속 10m/s의 풍력발전기의 CF는 0.20~0.25정도가 된다[12].

$$\begin{aligned} A_{kWh} &= 21.45\text{MW} \times 8760 \times 0.25 = 46,975,500\text{kWh} \\ &= 11,700\text{TOE} (1\text{kWh} = 0.25 \times 10^{-3}\text{TOE}) \end{aligned}$$

Table 3-8 Output of clean energy introduction in Jeju

	Capacity	Output(TOE)	Rate (%)
Solar heat energy	2,950m ²	5.26	0.03
Solar light energy	421kW	105	0.57
Wind energy	21.45MW	11,700	63.64
Waste energy	200ton	4,692.7	25.52
Biomass energy	200kW	1882	10.24

Table 3-9에서는 국가의 최근 도입실적과 2011년 목표치 및 배율을 나타낸 것이다.

Table 3-9 A magnification of the 2011 year target about the results of national clean energy (Unit: 10³TOE)

	Year	Results	The target by 2011year	Rate of contrast results of target
Solar heat energy	2005	74	318	4.3
Solar light energy	2005	10	341	34.1
Wind energy	2005	68	1311	19.3
Waste energy	2003	3080	7540	2.4
Biomass energy	2005	436	1050	2.4

Table 3-9의 국가의 현재 청정에너지에 도입 실적에 대한 2011년도 도입목표의 증가분 즉, 배율을 Table 3-8에 나타낸 제주도의 청정에너지 총 발전량에 적용하

여 2011년도 제주도 청정에너지 도입 목표치를 Table 3-10에 나타내었다.

Table 3-10 The target figure of clean energy introduction in Jeju by the multiple proportion

	Results of Jeju		Rate of contrast results of target of Nation	Target output of introduction of Jeju
	Year	Output(TOE)	2011year	Output(TOE)
Solar heat energy	2005	5.26	4.3	22.6(2.1%)
Solar light energy	2005	105	34.1	3,580.5(1.5%)
Wind energy	2005	11,700	19.3	225,810(90%)
Waste energy	2003	4,692.7	2.4	11,262.5(4.6%)
Biomass energy	2005	1882	2.4	4,516.8(1.8%)
Total		18,385	12.5	245,192(100%)

3) 제주도 추진 계획에 의한 도입목표치 산정

제주도는 2011년까지 도내 사용 에너지 10%이상을 청정에너지로 전환하여 전국 대비 2배의 청정에너지를 보급하고 석유 사용 비중을 2005년 70%에서 2011년 60%로 감축하려는 목표를 세우고 있다. 아래와 같은 방법으로 2011년 제주도 최종에너지 소비량을 산정한 후 2011년도 제주지역 전체 청정에너지의 도입목표치를 산정하기 위해서 2011년도 제주도 최종에너지 소비량에 10%를 적용한다.

- 2011년 제주도 최종에너지 소비량 =
 $2011년\ 전국\ 최종에너지\ 소비량 \times 2005년\ 전국대비\ 제주도\ 에너지\ 소비\ 지표율$
 $269,323,000\ TOE \times 0.64\% = 1,723,667\ TOE$
- 2011년 제주도 청정에너지 도입목표치 = 10%
 $2011년\ 제주도\ 최종에너지\ 소비량 \times 10\% = 172,367\ TOE$

따라서 이와 같은 방법을 통해서 2011년 제주도 에너지 총 소비량을 산출하였고, 제주도 최종에너지 소비량의 10%를 청정에너지량으로 산정한 후 각 에너지 원별 실적 대비 비율을 적용하여 Table 3-11에 제주도 추진계획에 따른 청정에너지 도입목표치를 나타내었다.

Table 3-11 The target figure of a kind of clean energy following Jeju driving plan
(Unit: TOE)

	Results		The contrast of results energy rate(%)	Total energy consumption of Jeju by 2011year × Each energy rate
	Year	Value		
Solar heat energy	2005year	5.26	0.03	51.71
Solar light energy	2005year	105	0.57	982.50
Wind energy	2005year	11,700	63.64	109,694.34
Waste energy	2003year	4,692.7	25.52	43,988.10
Biomass energy	2005year	1882	10.24	171,650.34

3.2.4 제주지역 청정에너지 최종 도입목표치 산정

1) 산정방법에 의한 도입목표치 비교

제주도가 도입·보급해야할 청정에너지원 중 비중이 높은 에너지를 대상으로 제주도의 추진계획에 의한 목표치와 안분법, 배율법에 의한 각각의 산정방법을 통하여 2011년까지 도입목표치를 산정하였다. Table 3-12는 산정방법에 따른 청정에너지 도입목표치를 나타낸 것이다.

Table 3-12 The target figure of a kind of clean energy by the estimated method
(Unit: TOE)

	2011year		
	Proportional distribution	Multiple proportion	The exiting target
Solar heat energy	3.1	22.6	51.71
Solar light energy	2.87	3,580.5	982.50
Wind energy	4.98	225,810.0	109,694.34
Waste energy	82.94	11,262.5	43,988.10
Biomass energy	3.99	4,516.8	171,650.34
Total	97.88	245,192.4	326,366.99

산정결과 Table 3-12에서 나타낸 바와 같이 안분법, 배율법, 제주도 추진계획에 의한 목표치 순으로 도입목표치가 낮게 산정된 것을 알 수 있다.

우선 안분법에 의한 산정값을 살펴보면 전국 대비 제주도의 각 지표를 활용한 것으로 전국에 비해 에너지 소비, 세대수 등 낮은 지표 값을 적용한 결과로 산정값이 다른 산정 방법 보다 현저히 낮게 산정된 것임을 알 수 있다. 또한 폐기물 에너지는 82.94TOE로 전체 에너지 목표치의 84.7%를 차지하는데 이는 안분법에 의한 산정방법이 우리나라의 청정에너지 도입목표치를 활용한 것으로써 폐기물 에너지가 우리나라의 청정에너지원 중 2006년 기준 72.2%를 차지하는 결과라 할

수 있겠다.

배율법에 의한 산정값은 도내 도입된 에너지를 대상으로 한 에너지원별 도입 비율을 활용한 것으로 제주도의 지역적 특성을 반영한 산정 방법이라 할 수 있으나, 도입량이 많은 풍력발전에 비해 도입량이 낮은 태양열 발전, 바이오매스 발전 등 기타 에너지 발전의 산정값이 매우 낮은 것을 알 수 있다.

제주도 추진계획에 따른 목표치에 의한 산정값은 청정에너지 도입량을 전국대비 2배인 10%를 적용한 것으로 다른 산정방법에 비해 가장 높게 산정되었다. 또한 배율법과 마찬가지로 도내 도입된 청정에너지원별 도입비율을 활용했기 때문에 에너지원별 도입량에 따라 산정값의 큰 차이를 보여주고 있다.

2) 청정에너지 최종 도입목표 설정

각각의 목표치 산정방법과 제주도의 특성, 시책의 방향성을 고려하여 청정에너지원별 도입에 있어 가장 부합하는 산정방법을 검토하여 최종 도입목표를 설정하였다.

첫째, 태양열 이용 발전은 과거 도입된 시스템의 효율성의 문제로 인한 도민들의 인지도 저하와 태양열 보조사업의 소극적인 도입정책으로 인해 국가의 목표에 대한 제주도의 역할 분담만을 활용한 소극적인 목표치인 안분법에 의해 산정된 목표치를 적용하였다.

둘째, 태양광 발전은 가정에서 임할 수 있는 청정에너지이며 태양광주택 10만 호보급사업 등의 국가의 보급 사업으로 적극적인 추진 계획에 있어 적극적인 목표 수치인 제주도 추진계획 목표치를 적용하였다.

셋째, 풍력에너지는 제주도가 가장 많은 부존량을 가지고 있는 에너지원이며 해상풍력을 통한 발전을 위한 자원 및 타당성 조사에 착수하는 등의 적극적 도입을 추진하고 있어 적극적인 목표 수치인 제주도 추진계획 목표치를 적용하였다.

넷째, 폐기물에너지는 향후 도입이 시·도의 폐기물 처리 시설의 정비 계획에 의해서 좌우되기 때문에 현재 청정에너지원 중 폐기물 열이용 발전량의 비율을 활용한 배율법의 목표치를 적용하였다.

다섯째, 바이오매스에너지는 현재 에너지의 도입이 저조하지만, 하수종말처리장 등의 혐기성 소화조 바이오 가스나 매립장 등지에서 발생하는 메탄가스 등의 다양한 원료의 사용뿐만 아니라 제주도에서 확보가 용이한 유채꽃 등을 원료로 하는 바이오디젤의 제조 기술의 발달과 함께 유망한 에너지원으로서 도입이 예상됨에 따라 국가의 도입 목표의 배율을 활용한 배율법에 의해 산정된 도입목표치를 적용하였다.

이상의 검토에 의해 2011년도에 있어서의 제주도의 청정에너지원별 최종 도입 목표치를 Table 3-13에 나타내었다. 그 결과 2011년도 최종 도입목표치는 총 126,459.24 TOE로 2011년 제주지역 최종에너지 소비량 1,723,667 TOE에 약 7.3%에 이르는 것으로 산정되었다. 안분법을 적용한 태양열 에너지는 3.1TOE로 산정되었으며, 태양광에너지는 982.50TOE, 풍력에너지는 109,694.34TOE, 폐기물에너지는 11,262.5TOE, 바이오매스에너지는 4,516.8TOE로 산정되었다. 특히 풍력에너지의 경우 전체 청정에너지원 중 차지하는 비율이 86.7%에 이르는 것으로 나타났다.

Table 3-13 The target figure establishment of the final introduction of clean energy
(Unit: TOE)

	Estimated method			Final target figure(2011year)	
	proportional distribution	multiple proportion	The exiting target	The target figure	Estimated method
Solar heat energy	3.1	22.6	51.71	3.1	proportional distribution
Solar light energy	2.862	3,580.5	982.50	982.50	The exiting target
Wind energy	4.98	225,810.0	109,694.34	109,694.34 (86.7%)	The exiting target
Waste energy	82.94	11,262.5	43,988.10	11,262.5	multiple proportion
Biomass energy	3.99	4,516.8	171,650.34	4,516.8	multiple proportion
Total	97.88	245,192.4	326,366.99	126,459.24	

IV. 결 론

최근 고유가 시대와 지구온난화 등의 환경문제가 대두되어 에너지의 안정적 확보와 효율적 이용 및 에너지의 대량소비에 의한 지구 환경 문제에 대한 대비가 중요한 과제로 되고 있다.

본 연구에서는 제주도의 청정에너지 부존량과 활용을 조사하기 위하여 제주도의 자연환경과 인구동향, 산업구조, 제주도 에너지 소비현황, 지역특성에 적합한 청정에너지의 도입실태와 추진계획을 조사하였다. 그리고 청정에너지의 종류와 분류를 명확히 하였으며, 청정에너지 이용방법과 이용범위, 분산형에너지 시스템에 대하여 조사하였다.

또한, 개발 가능한 청정에너지의 부존량과 이용가능량을 산정하였다. 그 결과, 태양에너지의 부존량은 258,689,887 TOE/year, 이용가능량은 태양광 197,816 TOE/year, 태양열 123,525 TOE/year로 나타났다. 풍력에너지 부존량은 238,317,841 TOE/year, 이용가능량은 1,871,748 TOE/year로 나타났으며, 바이오매스에너지의 부존량 35,443 TOE/year, 이용가능량 30,126.6 TOE/year로 나타났다. 그리고 폐기물에너지 부존량은 7,798.4 TOE/year, 이용가능량은 6,629 TOE/year로 나타났으며, 소수력에너지의 부존량은 3,757 TOE/year와 이용가능량 2,617 TOE/year으로 산정되었다.

산정된 청정에너지의 부존량 및 이용가능량을 제주도의 연간 에너지 소비량과 비교하여, 부존량은 470배 정도이고 이용가능량은 약 2배인 것으로 조사되었다. 특히, 태양에너지와 풍력에너지의 부존량과 이용가능량이 높게 나타났다.

또한, 본 연구에서 국가의 에너지 기본정책과 도의 정책에 따라서 2011년 기준으로 하여 도입목표치를 산정하였다. 대상 선정에 있어서는 청정에너지 도입 기준을 고려하여 태양열, 태양광, 풍력, 폐기물 열이용에너지, 바이오매스에너지 등 5종을 대상으로 하였으며, 최종도입 목표치는 안분법(비례배분법), 배율법에 의한 산정 방법과 제주도의 2011년 도입 목표 등을 종합하여 산정하였다. 그 결과

2011년을 기준으로 하여 청정에너지 도입량은 제주도 연간 전체에너지 소비량의 약 7.3%로 기존 제주도의 도입목표치인 10%에 비해 낮은 것으로 조사되었다. 또한 풍력발전 도입목표치가 차지하는 비중이 전체에너지원 중 87%에 이르는 것으로 조사되었다.



참고문헌

- [1] Choi, Y. H., Cho, S. D., 2004, "Dissemination Plan for the Renewable Energy in Daegu City", *Korea Environmental Policy and Administration Society*, Vol. 3, No. 1, pp. 71~94.
- [2] Kim, D. S., Kim, H. G., Hong, W. H., 2003, "Research Unused Energy Reserves and the Potential for its Utilization in Daegu" *Architectural Institute of Korea*, Vol. 23, No. 5, pp. 793~796.
- [3] Kim, J. D., Lee, Y. J., 1994, "The Regional Energy Planning in Jeju", *Jeju Special Self-Governing Province*, pp. 153~159.
- [5] Park, S. E., Lee, D. G., Ha, Y. J., Sin, H. S., Hong, J. C., Lee, J. G., Lee, S. J., Kim, G. H., 2001, "The Regional Energy Planning in Jeju", *Jeju Special Self-Governing Province*, pp. 211~233.
- [5] NEDO, 2002 "Introduction Vision of New Energy in Kagoshima".
- [6] NEDO, 2002 "The Regional Vision in Akatasi".
- [7] Kim, G. H., Huh, J. C., 2004, "Performance Monitoring and Evaluation Project for the Hangwon Wind Farm in Jeju", *Korea Institute of Energy Research*, pp. 127~167.
- [8] Huh, J. C., 1998, "Research on the Establishment of Overall Construction Scheme for Wind Farm In Jeju", *Jeju National University Industrial Technology Research Institute*.
- [9] Huh, J. C., 2000, "Research on the Analysis of Wind Potential in Jeju(2)", *Cheju National University Industrial Technology Research Institute*.
- [10] Kim, G. S., Hun, M. T., Park, Y. C., Lee, H. W., Mok, Y. S., 2004, "Feasibility Study for the Construction of New and Renewable Energy for Jeju Sewage Treatment Plant", *Jeju Regional Environmental Technology Development Center*.
- [11] Moon, I. S., 2005, "Micro Hydropower Generation by Discharge Water of Dongbu Sewage Treatment Plant in Seogwipo City" *Cheju National University*.
- [12] Huh, J. C., Ko, K. N., "Introduction wind generation engineering", *Mun Un Dang*, pp.66~68.
- [13] Huh, J. C., Han, S. G., Kim, K. H., "Design and Public Opinions for the Construction of and new Jeju Windfarm ", *Cheju National University and KIER*.

부 록

1. 태양에너지 산출자료

(1) Regional annual average solar radiation in Jeju

(Unit : MJ/day)

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Aug	Nov	Dec	Ave.
Jeju-si	5.03	7.74	11.38	15.92	18.17	16.6	17.54	16.37	13.45	11.66	7.81	5.63	12.3
Kosan	5.74	9.01	12.28	15.92	16.74	14.44	15.98	16.9	14.28	13.32	9.25	6.56	12.5
Sungsanpo	12.5	18.06	24.52	29.39	29.6	26.54	28.55	30.22	26.81	23.24	17.6	12.87	23.3
Ave.	7.76	11.60	16.06	20.41	21.50	19.19	20.69	21.16	18.18	16.07	11.55	8.35	16.0

(2) Regional building coverage in Jeju

Local	Fist class residential district	Second class residential district	Third class residential district	Semi residential district	The business area
Jeju-si	60% and below	60% and below	50% and below	60% and below	80% and below
Seogwipo-si	60% and below	60% and below	50% and below	70% and below	70% and below
BukJeju-gun	60% and below	60% and below	50% and below	70% and below	80% and below
NamJeju-gun	60% and below	60% and below	50% and below	70% and below	80% and below

(3) The calculated methods about collected areas of solar light and heat

	Residential district	The business area
collected areas of solar light	Roof area × 50% × 90%	Roof area × 50%
collected areas of solar heat	Roof area × 50% × 10%	Roof area × 10%

2. 풍력에너지 산출자료

(1) Current situation of area in Jeju

(Unit : km²)

Local	Total	Field	Paddy	Orchard	Plateau	Road	Forest	The other
Jeju	1,848.2	344.7	8.1	188.5	49.3	73.4	912.6	271.6
Jeju-si	255.5	28.2	0.6	29.9	14.4	11.7	127.4	43.3
Seogwipo-si	254.9	32.2	3.5	31.9	8.3	8.2	149.7	21.1
BukJeju-gun	722.3	170.1	2.6	45.5	14.2	30	337.9	122.1
NamJeju-gun	615.5	114.2	1.4	81.3	12.4	23.5	297.6	85.1

3. 바이오매스에너지 산출자료

(1) The number of livestock in Jeju

(Unit : heads)

Year	Native & beef cattle	Dairy cattle	Pigs	Chicken	Horses
1994	33,171	4,314	187,527	969,178	3,446
1995	32,117	4,273	239,808	1,118,887	3,929
1996	33,691	5,361	257,167	1,062,242	4,202
1997	32,830	5,426	319,260	1,258,758	4,988
1998	35,138	5,203	315,616	1,229,308	5,636
1999	29,829	5,218	321,480	1,355,568	5,084
2000	21,732	5,557	335,645	1,300,049	7,348
2001	16,983	5,677	358,108	1,316,710	8,610
2002	15,784	5,837	374,455	1,494,190	9,671
2003	18,501	5,808	399,758	1,281,450	11,366
Ave.	26,978	5,267	310,882	1,238,634	6,428

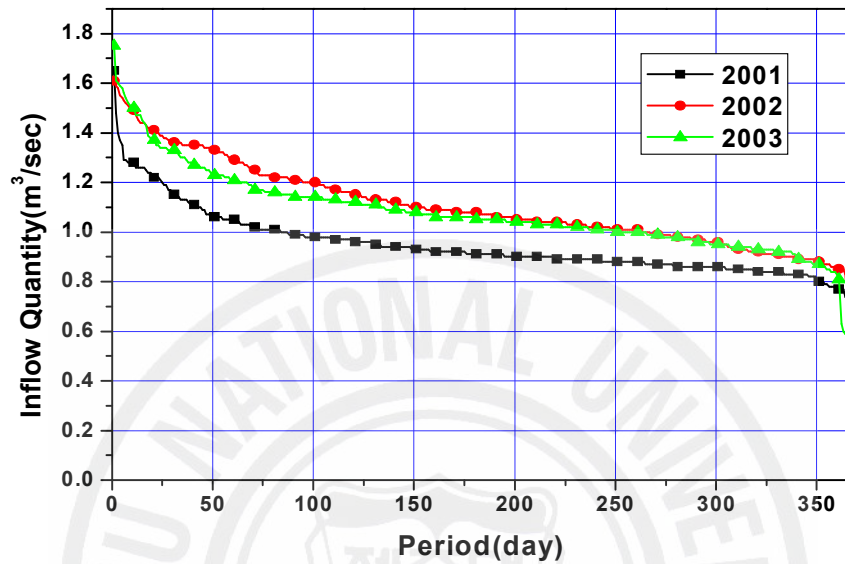
4. 폐기물에너지 산출자료

(1) Current situation of combustibility wastes disposal (Unit : ton/day)

	Amount of emission and current situation of disposal		combustibility						
			Total	Food wastes	Papers	Woods	Rubber and leather	Plastic	The other
Domestic wastes	Amount of emission		324.0	123.4	91.7	24.5	15.6	21.2	47.6
	Method of disposal	Landfill	107.5	27.1	19.7	9.6	12.6	16.7	21.8
		Incineration	138.0	17.8	72.0	14.9	3.0	4.5	25.8
		Reuse	78.5	78.5	-	-	-	-	-
Industrial domestic wastes	Amount of emission		35.1	10.6	9.6	3.4	2.4	2.5	6.6
	Method of disposal	Landfill	20.1	2.0	5.7	2.9	2.2	2.2	5.1
		Incineration	6.4	-	3.9	0.5	0.2	0.3	1.5
		Reuse	8.6	8.6	-	-	-	-	-
Industrial wastes	Amount of emission and current situation of disposal		Total	Waste paper	Synthetic resins	Sludge	Animality waste	Edible oil	The other
	Amount of emission		162.5	2.6	2.3	44.0	104.5	-	0.1
	Method of disposal	Landfill	13.8	-	-	13.8	-	-	-
		Incineration	1.7	-	1.7	-	-	-	-
		Reuse	90.9	2.6	0.6	12.2	66.4	-	0.1
		Emission to the sea	56.1	-	-	18.0	38.1	-	-

5. 소수력에너지 산출자료

(1) Variation of discharge flow during a year in Jeju sewage treatment plant



(2) Variation of discharge flow during a year in Dongbu sewage treatment plant

