

# GSIS 기술을 활용한 태양광시설 입지선정에 관한 연구 A Study of PV System Facilities Using Geo-Spatial Information System

이지영\* · 강인준\*\*

Lee, Ji Young · Kang, In Joon

### 要 旨

태양광은 ‘저탄소 녹색성장’의 핵심 신재생에너지의 하나이며, 온실가스 감축이라는 당면과제를 해결할 한 방안으로 지속적으로 개발될 필요성이 최근 부각되고 있다. 그러나 국내의 경우 태양광에 대한 조사나 연구가 미흡하여 환경을 고려한 적절한 입지를 찾는 것이 쉽지 않은 상황이어서 체계적인 연구가 뒷받침 되어야 할 것이다. 본 연구의 목적은 태양광 시설 설치에 있어, 입지분석을 위한 방법론을 계획단계에서 제시하는 것이다. 이를 위해서 제약기준과 입지기준을 설정하고, AHP기법을 사용하여 가중치를 부여하고 각 요인들을 정량화하였다. 특히, 지속가능한 개발 전략이 요구되는 부산을 대상으로 하여 도심지내의 태양광시설 입지분석을 실시하였다. 분석결과, 3개의 등급으로 분류하였으며 강서구와 기장군 일대가 후보지비율이 높게 나타났으며 중구와 연제구가 가장 낮게 나타났다.

핵심용어 : GSIS, 신재생에너지, 태양광, AHP, 입지분석

### Abstract

Photovoltaic system is the core one among the new and renewable energy of the low Carbon and green growth. Recently, the necessity developing PV is emerging since its of less green hose gas emissions. However, a survey or research on the PV system has been hardly performed. It's not easy to find a appropriate location in consideration of environment. These circumstances encourages a systematic approach for the PV system development. The purpose of this study is to propose a methodology of the location analysis for developing PV system. With this, constraint and location criteria with weights of Analytic Hierarchy Process are established and quantification method of each factor is presented. The location analysis of PV system using the GIS were generalized and the results of analysis for redundant topographic features were presented as 3 criteria of the suitability rank.

Keywords : GSIS, New and Renewable Energy, Photovoltaic System , AHP, Location Analysis

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 동향

전 세계적으로 환경에 대한 관심이 확산되고 있는 추세로 볼 때, 저탄소 녹색기술을 활용한 신재생에너지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 특히, 무공해이며 청정에너지인 태양광에너지는 신재생에너지에서 차지하는 비중이 전체 49%에 이른다. 이와 같은 수치는 향후에도 지속적인 개발로 인해 잠재적 가치는 꾸준히 증가할 것으로 예상된다.

이 같은 전망을 극대화하기 위해 여러 가지 기술개발 대책을 고려할 수 있지만, 대도시내 시설을 설치하기 위해 일차적으로 고려할 수 있는 것은 입지기준 설정이라 할 수 있다. 한편, 국내에서는 태양광 전지 공정 기술을 최적화(김인성, 2009)하거나, 채광성능 실험을 통하여 개발된 채광시스템의 채광적 효율성을 입증하고 우리나라의 적용가능성을 검증한 바(정유근 외, 2002) 있다. 또한 자연채광 시스템과 인공조명의 통합기술과 운용기법(김정태 외, 2002), 태양광발전시스템의 효율적인 발전시스템(박세준 외, 2008) 등 주로 기술개발과

2010년 5월 10일 접수, 2010년 6월 8일 채택

\* 정희원 · 부산대학교 지형정보협동과정 석사과정(younglj@pusan.ac.kr)

\*\* 교신저자 · 정희원 · 부산대학교 사회환경시스템공학부 교수(ijkang@pusan.ac.kr)

보급에 관련된 연구가 대부분이었다. 그러나 태양광사업의 확대가 중장기적으로 지속될 것으로 예상되기 때문에 태양광시설의 입지를 위한 대안들도 적극적으로 제시되어야 한다.

시설입지는 적절한 토지에서의 평가를 바탕으로 한 사용자의 다양한 요구를 평가하여 그 대안을 제시해 주는 입지분석(허윤경, 1998)이 필요하다.

1.2 연구목적

본 연구에서는 태양광 시설의 입지분석에서 GIS를 활용하여 방법론을 제시하고, 객관화하는 것을 목적으로 둔다. 따라서 본 연구의 입지분석은 토지이용이나 임의의 시설에 대한 최고 적합지역을 그 지역의 내외적인 환경영향요소를 종합하여 일정한 공간 범위 내에서 선별하여 많은 대안들 중에서 최적지를 선정하는 적지분석(suitability analysis)과는 구별되는 대안이다. 즉, 시설의 설치시 적지가 될 수 있는 입지를 탐색하는 기준을 설정하며 방법론을 구축하는데 초점을 둔다.

본 연구에서는 태양광시설의 입지분석을 다양한 요구조건에 만족하는 후보지를 등급화하여 최적의 입지를 할 수 있는 대안을 제시하여 입지에 대한 논의가 활성화될 것으로 기대된다.

1.3 연구내용 및 방법

본 연구의 주요 내용은 부산시의 태양광 시설과 관련된 시설설치기준을 파악하기 위하여 주요 연구방법으로 제약조건과 입지기준을 선정하여 AHP 기법을 사용한 가중치부여로 시설의 입지분석을 실시하는 것이다.

이러한 태양광시설 입지분석을 위하여 후보지 추출을 위하여 먼저 문제를 파악하고 문제 해결을 위한 분

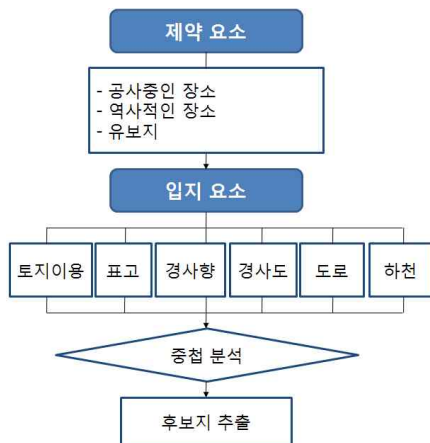


그림 1. 입지분석의 요소

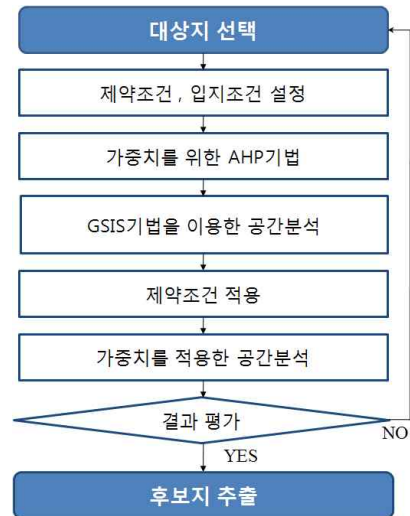


그림 2. 입지분석의 절차

석기준을 설정하였다. 제약조건으로는 개발 중인 지역, 역사적인 보호지역, 유보지로 3가지를 설정하였으며, 입지조건으로는 토지이용, 표고, 사면의 향과 경사, 하천이나 도로로부터의 이격거리 등을 고려하여 설정하였다(그림 1).

그리고 설정된 각각의 조건에 따라서 ArcGIS를 사용하여 속성 연산, 버퍼링 등의 공간 분석을 이용하여 후보지를 결정할 수 있었다(그림 2).

2. 입지 분석 및 AHP

2.1 입지분석

일반적으로 입지분석기법은 물리적이고 사회적이며 공간의 속성은 부분적으로 조직화되고 자료가 구축되며, 목적과 자료의 질에 따라 다양한 활동과 목적에 따라 분석을 한다(Rossiter, 1996).

GIS 기법은 공간분석 및 의사결정지원수단의 관점에서 입지선정이나 적지선정 등 도형 및 속성자료를 종합적으로 활용하는 공간분석의 측면을 잘 반영할 수 있고, 공간정보의 수집 및 저장뿐만 아니라 특정한 목적에 부합하는 분석도구로서의 기능이 점차 확대되면서 도시계획, 조정, 관광지 등 공간계획분야에서 가장 널리 이용되고 있다. 대량의 자료를 GIS의 통합분석 기능으로 원하는 자료만을 추출하여 새로운 데이터를 추가하여 분석하는 기술적인 분석 기법도 구사할 수 있으며, 분석된 자료와 데이터베이스를 수시로 보완하여 정교하고 다양한 분석결과를 얻을 수 있다. 또한 분석 기준을 다양화하여 최소한의 시간과 비용의 투입으로 다

양한 자료처리 결과를 다양한 형태로 획득할 수 있다. 특히 동일한 결과물을 여러 부로 작성하는 것도 가능하고, 초기자료나 분석 중간 단계 혹은 최종 결과물을 모두 저장하여 언제든지 재사용이 가능하다.

태양광시설의 입지 선정시에 분석 기준을 설정하는 것이 가장 중요한 단계로, 분석에 사용되는 선정기준은 내용면에 있어서 개략적인 내용을 제시하고 있다. 그리하여 입지선정에 여러 지형적 인자들을 설정하여 정확한 입지를 선정한다. 하지만 인자가 많을 경우 자료구축에 시간과 비용이 많이 소요되어 이를 적절한 수준으로 조정하여 객관적으로 적용할 수 있는 구체적인 기준을 만들었다.

2.2 태양광시설의 입지 조건

태양광시설의 입지에 있어서 지정학적 입지조건으로는 일사량 및 일조량 등이 영향을 미치게 된다. 그러므로 태양광발전량의 의존도가 높은 기후조건 중 일사량과 온도조건을 최우선적으로 고려하게 된다. 우리나라의 평균년 일사량(3,039.2Kcal/m<sup>2</sup>), 일조량(2,613.7kWh/m<sup>2</sup>)로 3.5시간 이상 지역 고려하게 된다(조덕기와 강용혁, 2009).

또한 태양광시설의 환경조건으로는 크게 4가지로 나눌 수 있다. 먼저 수광(受光)상태의 유무로 산그늘, 나무그늘, 건물그늘 등의 태양전지 모듈에 그늘이 발생하게 되면 발전전력량을 감소시켜 효율이 떨어진다. 그리고 염해, 공해의 유무로, 이중금속 접촉부식에 따른 대책이 필요하게 된다. 그리고 겨울철 적설(積雪), 빙결(氷結), 뇌해(雷害)에 대한 과거기록이 검토되어야하며, 설치 예정 장소의 자연재해에 대한 심층 분석이 이루어져야한다(이현화, 2009).

본 연구에서는 태양광시설의 건설조건으로 제시된 인문사회적 요소를 고려하지 않았다. 또한 환경조건의 경우 차후 연구를 통해 시뮬레이션을 할 때 반영될 것이다. 이러한 요소와 함께 본 연구에서는 부산시를 대상으로 지형요소인 도로망·하천·토지이용을 이용하여 입지적인 위치를 확인하였고, 경사도·향표고를 이용하여 최종 입지를 평가하였다. 그리하여 3개의 등급으로 나타내었다.

2.3 계층분석법(AHP)

AHP(Analytic Hierarchy Process)는 1970년대 초 Saaty에 의해 연구, 개발된 다중의사결정 도구로서, 문제를 구조화하고 이들 간의 비교를 할 수 있는 방법으로 효율적으로 의사결정에 이용하여 선호도를 도출하는 과정이다(Saaty, 1980).

이러한 의사결정을 하기 위하여 모든 복잡한 요소들을 상층, 하층 등으로 계층화하고, 각 계층의 요소들을 각각 쌍대비교하여 가중치를 산출한다. 이러한 각 계층별로 분석함으로써 의사결정자의 의견을 반영시킬 수 있을 뿐 만 아니라 각자의 요소별 중요도를 반영할 수 있게 되어 결과의 객관성을 높일 수 있다. AHP기법에 기반을 둔 종합평가 모델의 타당성은 일관성 비율을 사용하여 검증하게 되는데, 이 때 일관성지수(Consistency Index: CI)를 통해 일관성비율(Consistency Ratio; CR)을 통하여 논리적 일관성을 파악할 수 있다. Saaty는 CR이 0.1인 경우에만 판단의 일관성이 있다고 판단되며, CR>0.1인 설문지를 수정하거나 제외시켜야 한다.

본 연구에서 선정된 입지요소의 상대적인 중요도에 따라 객관적인 가중치를 적용하고자 AHP 기법을 이용하여 설문을 실시하였다. 쌍대비교를 하는 설문 항목으로는 총 15항목으로, 본 설문에는 부산시청의 도시계획 및 환경에 대한 공무원 20명을 대상으로 실시하였다. 회수율은 95%로 19부가 수거되어져 본 연구에 사용되었다. 이러한 AHP 기반의 지형요소에 대한 상대적 중요도를 고려하여 산정된 가중치를 반영하였다.

3. 입지선정

3.1 사례연구지역

본 연구에서는 사례연구지역으로 해안과 내륙지역의

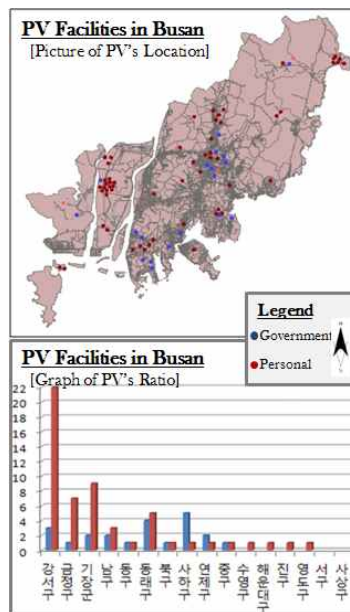


그림 3. 부산시 태양광시설 현황

기후 차이가 많은 부산지역을 선정하였다. 이 지역은 해안에 인접한 지역으로 일조시간이 길고 타 지역에 비해 태양광의 간섭이 적어 태양광발전소 입지로서 대규모 발전보다 소규모(1MW 내외) 발전이 전략적인 곳이다. 이 지역에서는 자연환경에 영향이 심하지 않은 구릉지(생산성이 적은 농경지, 인위적 간섭이 많은 산지), 해안 지역의 개활지, 기존 시설물, 기타 소규모-중규모 발전이 가능한 지역 등에서 태양광시설의 설치가 가능하다.

대상지역의 태양광발전시설 현황을 살펴보면, 대부분이 구릉지에 분포하고 있다. 강서구가 25곳으로 압도적으로 많은 분포를 보였고, 기장군 11곳, 동래구 9곳, 금정구 8곳의 순서로 위치하고 있었다(그림 3).

3.2 자료구축

본 연구에서는 태양광시설의 현황을 조사분석 한 후, GIS 기법을 이용하여 태양광시설의 신규설치시 입지 선정을 위해 다음과 같이 수행하였다.

본 연구에서 모든 요인을 고려하여 평가 분석할 때 수치지도 Data의 한계가 있는 것으로 분석되어, 태양광 시설의 입지결정에서 지형요소를 대상으로 공간분석을 실시하였다.

분석절차(그림 5)는 대상지의 토지이용, 하천, 도로, 표고, 향, 경사도의 수치자료를 10m의 격자로 나누고 각 격자에 기준에 따른 점수를 부여한 후, 그 값을 합하고 합한 값을 재분류하여 태양광시설의 입지 등급을 3개로 나누었다. 토지이용은 농지, 임지, 도시 및 주거지, 수계로 분류하여 점수를 부여하였고, 도로와 하천은 직

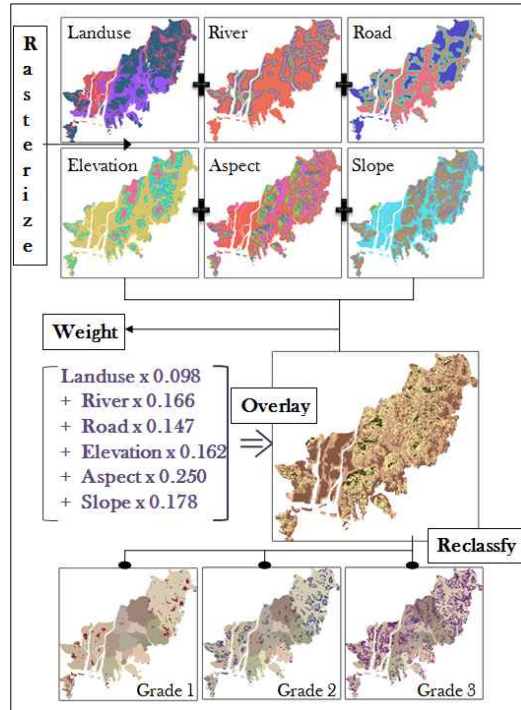


그림 5. ArcGIS를 이용한 분석절차

선거리에 따라 점수를 부여하였으며, 표고는 높이에 따라 점수를 부여하였다. 향과 경사도는 각각 4단계로 분류하여 점수를 부여하였다.

3.3 가중치 적용

요소간의 상대적 중요도를 평가하기 위하여 AHP 기법을 이용하였다. AHP기법의 신뢰성 분석은 각 평가요소들 간의 상대적 중요도를 평가하는 대상의 판단상오차 정도를 측정하는 방법인 일관성 비율(CR)을 계산한 결과, 0.023으로 0.1(10%)보다 적게 나타나 신뢰성이 확보되어 있음을 알 수 있었다.

아래의 표 1에서 보는바와 같이 전문가 설문 조사를 통해 AHP법에 의한 결과 경사방향의 가중치가 0.250으로 가장 높게 나타났고, 토지이용의 항목이 0.098로 가장 낮은 가중치를 얻었다. 본 연구의 태양광 시설입지 요소에서 전문가들이 가장 중요하게 생각하는 것은 경사방향(0.250)과 경사도(0.178)로 나타났으며, 표고(0.162), 하천과의 거리(0.166), 도로와의 거리(0.147)는 비슷한 값들의 분포를 보였다.

이 결과를 살펴보면, 경사방향이 태양광시설설치에 가장 영향을 많이 미치는 것을 알 수 있으며, 토지이용은 시설의 설치시 영향을 미치는 정도가 낮은 것으로



그림 4. 자료 구축 순서

표 1. 요소별 가중치

가 중 치	landuse	aspect	slope
	0.098	0.250	0.178
	elevation	river	road
	0.162	0.166	0.147

나타났다. 따라서 도심과 비도심의 모든 지역에서 경사향의 범주 내에서는 태양광시설의 설치가 가능하다고 판단된다.

3.4 적용결과

태양광시설의 설치시 토지의 적합성 여부 및 태양광시설의 설치시 고려해야할 사항을 결정하기 위하여 각각의 지형요소에 대한 분석을 실시하였다. 또한 AHP에 의한 전문가 조사방법에서 얻은 각 항목별 가중치를 부여하였다. 각 요인별 분류기준의 점수합이 30점이 되도록 하였다. 이러한 분석방법을 통하여 다음과 같이 3개의 등급으로 구분하였다.

- ◇1등급 : 가장 적합한 지역
- ◇2등급 : 비교적 적합한 지역
- ◇3등급 : 입지 가능 지역

표 2는 본 연구결과와 최종 태양광시설의 입지 등급의 분포를 나타낸 것이다. 부산시의 등급별 면적분포를 살펴보면, 1등급지역이 15.18km<sup>2</sup>, 2등급지역이 17.63km<sup>2</sup>, 3등급 지역이 58.29km<sup>2</sup>로 나타났다.

구별 면적분포를 살펴보면, 강서구가 48.34km<sup>2</sup>, 기장군이 24.84km<sup>2</sup>로 나타났으며 각각 53.06%와 27.27%를

표 2. 구별 등급 면적 (단위: km<sup>2</sup>)

구별	1등급	2등급	3등급	합계
남구	0.06	0.20	1.29	1.55
금정구	0.15	0.70	2.16	3.01
북구	0.10	0.33	1.21	1.64
해운대구	0.66	1.14	1.99	3.79
강서구	8.14	13.00	27.20	48.34
동래구	0	0.11	0.29	0.40
부산진구	0.01	0.33	0.98	1.32
연제구	0	0.03	0.21	0.24
사상구	0.01	0.30	1.55	1.85
수영구	0	0.03	0.15	0.18
기장군	5.60	0.96	18.28	24.84
동구	0	0.06	0.39	0.45
서구	0.03	0.04	0.27	0.34
사하구	0.36	0.24	1.55	2.16
영도구	0.05	0.16	0.65	0.85
중구	0	0.01	0.14	0.15
합 계	15.18	17.63	58.29	-

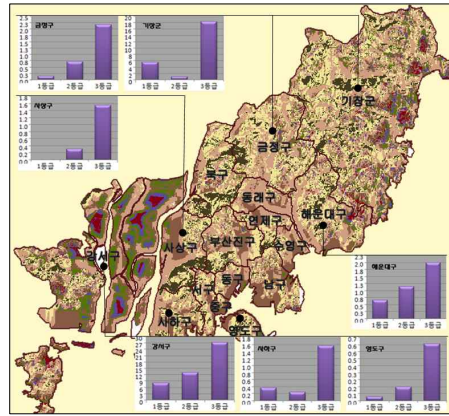


그림 6. 구별 등급의 분포

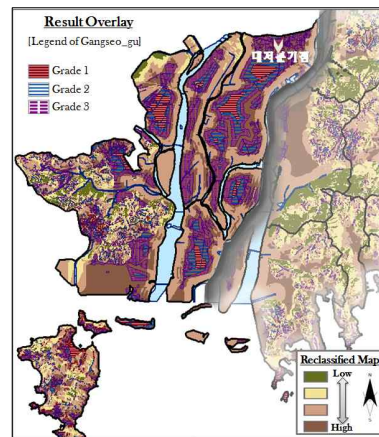


그림 7. 강서구의 등급별 분포도

차지하며 가장 많은 분포를 보였다. 도심인 중구, 수영구, 연제구는 평균 0.19km<sup>2</sup>로 거의 나타나지 않았다(그림 6). 위치적 특성을 살펴보면, 도심보다는 비도심에 산재해 있음을 알 수 있다. 그러나 AHP 기법의 결과에서도 나타났듯이 논, 밭과 같은 경작지보다는 도심지의 구릉지에서도 적절한 형태로 개발이 된다면 태양광시설의 효율성을 높일 수 있을 것으로 판단된다.

후보지의 면적 중 가장 많이 차지하는 강서구의 경우, 낙동강과 바다가 만나는 지역으로 산지의 분포가 적고 대부분이 낙동강의 삼각주 지역으로 1/3 이상이 경작지로 대부분 이 지역이 1, 2등급으로 분석되었다. 특히, 대저분기점근처의 주거지와 경작지구면이 27.20 km<sup>2</sup>의 면적으로 부산시에서 가장 집중된 분포를 보였다(그림 7).

두 번째로 부산시에서 큰 면적의 분포를 나타낸 기장군의 경우, 중북부에 산지가 많이 분포하고 있어 부산

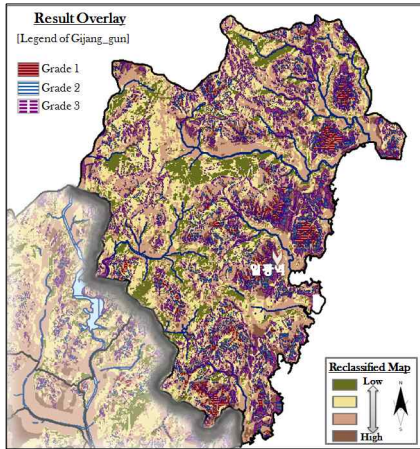


그림 8. 기장군의 등급별 분포도

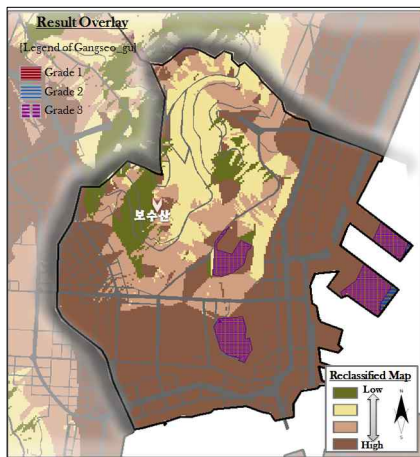


그림 9. 충주의 등급별 분포도

시에서 가장 산지 비율이 높다. 이들 산지사이에 흐르는 하천주변으로 좁고 긴 평야에 후보지가 소규모로 산재해있다. 그 중 일광역을 중심으로 모든 등급의 분포가 적절하게 이루어져 태양광 시설의 설치가 가장 적절하다고 판단된다. 또한 대구모 장안산업단지 역시 1등급으로 분석되어 산업단지 내 태양광시설의 설치로 또 다른 이윤 창출을 이룰 수 있을 것이다(그림 8).

도심지의 대표적인 충주의 경우, 북부의 보수산 주위로 주택지가 자리하고 있으며 해안의 저지에는 도심기능이 차지하고 있다. 이 지역의 경우 태양광시설 설치 가능지역이 0.15km<sup>2</sup>로서 부산시에서 가장 낮은 분포를 나타내었다. 이는 대부분의 지역이 도심의 영향권에 있으며, 해안과 접하고 있어 입지분석시 1등급의 후보지는 없었으며 거의가 부적합지역으로 분류되었다(그림 9).

#### 4. 결 론

본 연구에서는 태양광시설입지에 관하여 여러 조건을 설정하여 부산시를 대상으로 분석 결과 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 태양광시설의 입지분석을 위해 구체적인 목표가 두 가지로 설정하였다. 하나는 GIS를 활용하는 분석 절차를 수립하고 필요한 공간데이터들을 제시하는 객관화이고, 다른 또 하나는 경험적인 요소를 최소화시켜 AHP 등의 방법으로 입지요인의 정량화이다. 이러한 방법론으로 개발된 모형을 적용한 결과, 부산시의 태양광시설 입지에 대하여 3등급으로 분류하였다.

둘째, 제약조건과 입지기준을 선정하여 입지를 분석하였다. 각 선정기준은 AHP기법을 통해 가중치를 부여하였다. 1점을 기준으로 토지이용은 0.098, 표고는 0.162, 경사방향은 0.250, 경사도는 0.178, 하천은 0.166, 도로는 0.147로 나타났다.

셋째, 부산시의 구경계를 기준으로 공간분석을 실시한 결과, 강서구 48.34km<sup>2</sup>와 기장군 24.84km<sup>2</sup>가 가장 높게 나타났으며 중구, 수영구와 같이 도심에서는 0.20km<sup>2</sup>에도 미치지 못하며 후보지는 거의 나타나지 않았다.

넷째, 개발된 방법론을 적용한 결과, 시단위의 공간을 단시간에 정밀한 탐색을 할 수 있었으며, 본 연구에서 개발된 방법을 통하여 사용자의 편의성을 개선함으로써 태양광 시설의 입지를 위한 의사결정시 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

#### 감사의 글

본 연구는 2009년도 국토해양부가 출연하고 국토연구원에서 위탁 시행한 공간정보 전문인력 양성사업의 지원과 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(20090274000)과 (20090781000)을 통해 연구가 진행되었으며, 지원에 감사드립니다.

#### 참고문헌

1. 김인성, 2009, "고효율 전력 변환을 위한 P-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>AS/GaAS 태양광 전지 공정 기술의 최적화 연구". 광주대학교 대학원 석사논문.
2. 김곤, 김정태, 2002, "태양광시스템과 인공조명설비의 통합기술 및 성능평가 연구", 태양에너지학회 논문집 Vol. 22, No.3, pp.57-65.
3. 박세준, 임중열, 윤석암, 2008, "건물통합형 30kW태양

- 광발전시스템의 설계 및 효율적 운전관리에 관한 연구”, Vol.28. No.3, pp.15-20.
4. 이현화, 2009, 기다리, *(저탄소 녹색성장을 위한 태양광발전)*.
  5. 김정태, 황민구, 정유근, “고성능 태양광 채광시스템의 채광성능평가”, 태양에너지학회 논문집 Vol. 22, No.2, 2002, pp.49-59.
  6. 조덕기, 강용혁, 2009, “국태 태양열시스템 설치를 위한 시스템 최적 설치각 산출을 통한 최대 경사면일사량 분석”, 한국태양에너지학회논문집, Vol.29, No.2, pp.47-54.
  7. 허윤경, 1998, “GIS 환경에서의 다기준의사결정을 이용한 입지분석에 관한 연구”, 부산대학교 대학원 석사논문.
  8. David. G. Rossiter, 1996, "A Theoretical Framework for Land Evaluation", GEODERMA, pp.165-190.
  9. Thomas L. Saaty, 1990, “How to make a decision:The analytic hierarchy process. European Journal of Operational Research”, 48(1):9-20.