

## 실버타운 입지를 위한 집수구역별 일사량 비교평가

### Comparative Evaluation of Catchment-wide Solar Radiation to Locate Silver-town

최선정\* · 엄정섭\*\* †

Choi, Seon-Jeong\* · Um, Jung-Sup\*\* †

(Submit date : 2014. 7. 11., Judgment date : 2014. 7. 18., Publication decide date : 2014. 10. 17.)

**Abstract :** It is usual to determine silver-town location by people's experienced knowledge or intuition considering many different type of thematic variables simultaneously. This paper is primarily intended to locate sunny silver-town according to catchment-wide solar radiation as single key variable. GIS based solar simulation realistically identified catchment-wide solar radiation in the study area using large scale spatial precision. More than 90% over the worst catchment were identified shadow surfaces while the optimal catchment was heavily covered by sunny radiation surfaces. It is confirmed that standard GIS technology can offers the viable method of measuring and comparing the catchment-wide solar radiation. Guidelines for a replicable methodology are presented to provide a strong theoretical basis for the standardization of factors involved in locating the sunny silver-town; delineation of catchment boundary, solar simulation, catchment-wide comparison etc. They could be used as an evidence to determine sunny catchment in comparison with other catchment, based solar simulation. It is anticipated that this research output could be used as a valuable reference to confirm the potential of introducing the new concept of "catchment specific solar radiation" to support more scientific and objective decision-making in the process of locating silver town.

**Key Words :** 일사량(Solar radiation), 집수구역(Catchment), GIS(Geographic Information System), 실버타운 (Silver-town)

\*\*† 엄정섭(교신저자) : 경북대학교 지리학과 교수  
E-mail : jsaeom@knu.ac.kr, Tel : 053-950-5229  
\*최선정 : 경북대학교 지리학과

\*\*† Um, Jung-Sup (Corresponding Author) : Department of  
Geography, Kyungpook National University  
E-mail : jsaeom@knu.ac.kr, Tel : 053-950-5229  
\*Choi, Seon-Jeong : Department of Geography, Kyungpook  
National University

## 1. 연구배경 및 목적

실버타운<sup>1)</sup> 입지와 관련하여 접근성, 시설 설치 편의성, 건축경비, 주변 도시와 연계성 등 다양한 조건을 고려한 연구가 확인된다<sup>[1]</sup>. 실버타운을 입지특성별로 도시형, 도시근교형, 전원·휴양지형으로 분류하여 노인 주거시설의 실태를 분석하여 실버타운의 입지별 계획특성과 문제점 등 설계상의 과제들을 제시하는 연구도 찾아볼 수 있다<sup>[2]</sup>. 나아가 실버타운 입지특성별 유형에 따른 공간구성의 문제점을 분석하고, 개선방안을 제시하는 연구도 보고되고 있다<sup>[3]</sup>. GIS를 활용하여 경사, 향, 연계휴양지의 수, 의료시설로부터의 접근성, 각 생활권으로부터의 거리 도로로부터의 접근성의 총 6가지의 평가인자를 분석하여 실버타운 입지의 개발 타당성을 검토하는 연구가 있는데<sup>[4]</sup>, 본 연구와 가장 가까운 선행연구로 판단된다. 노인은 옥외 활동이 적어 햇볕으로 인한 자외선 흡수에 어려움이 있다는 점이 확인되고 있으며<sup>[5]</sup>, 얇은 피부조직으로 인해 노인들의 평균 비타민 D 수준이 일반 성인에 비해 월등히 낮다는 연구결과가 보고되고 있다<sup>[6]</sup>. 예부터 '햇볕이 잘 드는 집에는 의사가 필요 없다'라는 말이 있으며 주택지의 첫째 조건으로 양지바른 곳을 지적하는 만큼 일사량은 주택입지에서 중요한 요소이다. 그래서 주택입지에 대한 일사량의 영향력이 고도, 경사, 방향, 도로 접근성 등 전형적인 변수보다 훨씬 크다는 연구도 보고되고 있다<sup>[7]</sup>.

1) 일반적으로 실버타운은 '노인촌', 또는 '노인주거단지'라고 하는데 고령자들에게 필요한 시설 및 서비스 기능을 갖춘 복합시설로서 유료양로원보다 큰 규모이다. 즉, 사회생활에서 은퇴한 고령자들이 노후에 안정된 생활의 보장을 받기 위해 일상생활서비스, 건강관리서비스, 문화 활동 서비스와 노인용 병원, 노인 커뮤니티 시설 등 각종 서비스 기능을 갖추고 있는 노인전용의 복합시설단지를 말한다<sup>[1]</sup>.

우리나라 산지는 지형형태가 다양하고 복잡하기 때문에 조망지점에 따라 조망시기(오전, 오후, 계절별)에 따라 태양광이 도달하는 지역이 달라져 현장에서 일사량이 풍부한 지역을 정량적으로 분석하는 것은 상당히 난해하다. 대상 지역의 지형특성에 따라 태양에너지가 전혀 다르게 도출되나 대부분 현지조사에 의거한 감각적인 판단으로 막연히 남향이니 양지바른 곳이니 하는 식의 판단으로 입지를 결정하고 있다. 특히 각종 개발사업 대상지를 추적하기 위한 현지조사가 통상 하절기에 이루어지기 때문에 햇볕이 가장 적은 동절기에 태양에너지가 풍부한 지역을 담당자가 도면상이나 현지지형에서 추적하기란 상당히 어렵다. GIS의 태양에너지 시뮬레이션 모형은 수치고도모형에서 추출한 고도, 경사도, 방향, 곡면률 (slope curvature) 등 지형변수와 태양의 고도, 방위각, 이동궤도 등을 조합하여 일사량을 정량적으로 분석한다. 이와 같이 컴퓨터 시뮬레이션에 의거한 일사량 분석의 장점은 지표면의 현 상태에 대한 정량화된 태양에너지 분포특성을 제공한다는 측면에서 향후 그 중요성이 지속적으로 증대될 것으로 판단된다.

그러나 실버타운 입지를 위해 태양에너지 분포특성을 조사하기 위한 적절한 단위지역의 설계, 특정지역의 일사량 분포 특성을 몇 개의 소수그룹으로 분류할 때 발생하는 단위지역의 설정, 일사량 분포에 대한 단위지역 간 비교의 객관화, 통계적 분포특성의 해석 등 합리적으로 사용할 수 있는 확립된 기준이나 축적된 자료가 국내에 존재하지 않는다. 우리나라의 취락은 배산 임수라는 풍수지리 이론에 의거 대부분 하천과 산을 끼고 있는 집수구역을 단위로 형성되어 있다. 주민들은 집수구역을 기반으로 형성된 전통 취락 단위에서 공동체의

식을 가지고 있고 사회적 유대를 유지하고 있다. 집수구역이란 수문학적 정의에 의하면 빗물이 자연적으로 하천, 호소 등으로 흘러드는 주변의 능선을 연결하는 선으로 둘러싸인 지면을 일컫는다. 지형별 단위 경계로서 집수구역은 태양에너지 분포에 영향을 미치는 고도, 지형의 경사, 사면방향 등 다양한 변수의 복합체로 이루어져 있다. 따라서 집수구역은 실버타운 입지에서 태양에너지 분포특성을 비교 평가할 수 있는 단위지역이 될 수 있다.

따라서 본 연구는 실버타운 입지에서 태양에너지 분포특성을 조사하기 위한 단위지역으로 동네를 통과하여 흐르는 집수구역이 적절한지 여부를 검증하고자 출발하였다. 집수구역별로 일사량 분포를 실험적으로 평가하는 시범연구를 통해, 실버타운 입지 과정에서 집수구역을 일사량 조사단위로 활용하기 위해 필요한 절차 및 기술요소에 대한 일반적인 기준을 마련하여 본격적인 활용과 유통을 지원하고자 하였다. 아울러 집수구역 기반의 일사량 분포조사가 실버타운 입지실무에서 자리잡을 수 있기 위해 향후 조사방법의 변화나 시스템의 확장 등 후속연구 방안을 제시하였다.

## 2. 데이터 취득 및 연구방법

본 연구는 그림 1에서 제시한 바와 같이 사례연구 지역의 선정, 집수구역분류기준 설계, 집수구역별 일사량의 비교 평가 등의 절차를 거쳐 도출된 결과를 실버타운 입지과정에서 적용할 수 있는 지를 검증하는 방식으로 연구를 수행하였다. 그림 2는 본 연구의 대상지역으로, 대구시 팔공산에 위치한 공산동(행정동)이며 위치는 위도 N35° 59' 56.29" ~ N35° 59' 54.79", 경도 E128° 39' 11.77" ~ E128° 39' 26.06" 이다. 연구지역의 총 면적

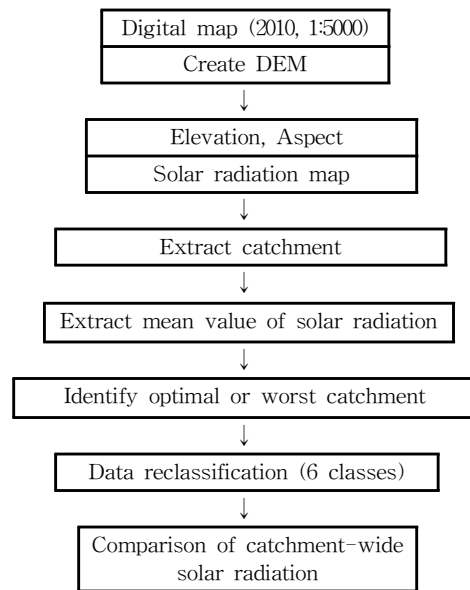


Fig. 1 Flowchart of data analysis procedure

은 24,978,196m<sup>2</sup>이며 팔공산 일대에 위치하여 고도의 분포가 95m-815m로 비교적 높은 산지로 이루어져 있다. 경사진 사면이 길게 이어져 있는 연구지역의 지형특성은 일사량의 분포에 영향을 미쳐 집수구역별로 다양한 일사량 분포가 나타날 것으로 예상된다. 즉, 산자락이라는 지형특성으로 상대적인 비교를 통하여 집수구역별 일사량 평가의 타당성을 보다 구체적으로 검증할 수 있는 적절한 사례지역으로 판단된다. 실버타운은 깨끗한 물과 맑은 공기, 청정 숲이 제공해주는 청정자연이 무엇보다 중요한데, 연구지역은 팔공산 자락에 위치하여 이러한 여건을 충족하고 있다<sup>[9]</sup>. 연구지역 내에 3곳의 노인복지회관이 위치하고 있으며, 반경 3km내에 110년 전통의 대학병원을 포함한 4개 대학병원이 집적되어 있으며, 양질의 의료서비스를 제공하는 다수의 의료기관을 보유하고 있다. 도시에서 1시간 이내로 접근 가능하며 고속도로와 국도와의 연계로 접근성이 우수하다.

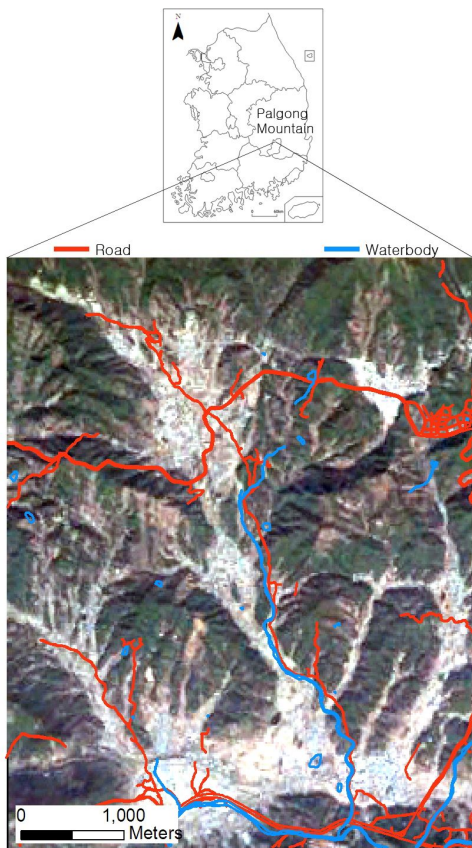


Fig. 2 Location of study area (digital map overlaid on satellite image)

집수구역별 일사량 조사의 타당성을 분석하기 위해 우선적으로 겨울철 일사량 데이터를 가공하였다. 산자락이라는 지형특성이 연구지역의 일사량 분포특성에 결정적으로 영향을 미칠 것으로 판단되므로 이와 유사한 관점을 가지고 비교·평가될 수 있는 지형변수로 표 1과 같이 고도와 사면향을 분석대상지표로 포함하였다. 본 연구의 분석단위인 집수구역을 추출하기 위해 우선 DEM의 filling 작업(Fill sinks)으로 DEM의 돌출 또는 함몰지를 제거하였다. 그리고 지형의 고도와 경사를 바탕으로 하천의 방향성을 표시하는 표면의 흐름방향(Flow direction)을 결정하고 흐름방향에 따

른 누적흐름도(Flow accumulation)를 작성하였다. Stream definition 툴을 적용한 후 하천만 뽑아내기 위해 하천분할(Stream segmentation) 툴을 사용하였다. Catchment grid delineation 툴을 사용하여 배수 유역을 뽑아낸 후 Catchment polygon processing 툴을 이용해 벡터로 변환하여 집수구역을 도출하였다.

본 연구에서는 2010년에 제작된 1:5000 축척의 수치지도를 사용하였으며 데이터의 가공을 위해 사용된 소프트웨어는 ArcGIS 9.2이다. 연구지역의 일사량을 추출하기 위해 ESRI에서 개발한 태양광도 시뮬레이션 프로그램인 Solar analyst를 이용하여 특정일자 알고리즘에 의거하는 방식에 따라 연구지역의 동지 일사량 지도를 제작하였다. 일사량 산출모델은 1970년대부터 시작되어, 현재까지 유럽, 북미, 아시아를 포함한 다양한 국가에서 그 지역에 맞는 다양한 모델들이 개발되어 왔으며, 그 정확도도 꾸준히 향상되어 왔다. ArcGIS Solar Radiation Tool은 전 세계에서 사용 가능한 태양에너지 산출 알고리즘으로, 태양에너지 분포도 구축에 가장 많이 사용되고 있는 도구이다[8][9]. Solar Radiation Tool에서는 지표면에 도달하는 태양광 중 영향이 제일 작은 반사광을 제외한 직사광과 산란광을 고려하여 일사량( $Wh/m^2$ )을 계산하고 있다. 지형 상태를 기반으로 특정 지점에서 하늘을 관찰하였을 때 보이거나 가려지는 시야를 계산하여 천구의 모습을 반구체 가지영역(Hemispherical Viewshed)으로 도출하는 Algorithm을 기반으로 하며, 직사 일사량 산정을 위한 썬맵(Sunmap)과 산란 일사량 산정을 위한 스카이맵(Skymap)을 오버레이하는 작업을 각 지점마다 반복하여 일사량 분포도를 제작한다[10].

투영 좌표 값은 동부원점(위도 38°, 경도

Table. 1 Pre-processing procedures of thematic maps

Thematic map	First	Second raster (unit)	Mean/Standard deviation	Maximum/Minimum
Elevation	Contour map (Vector)	DEM (m)	400.3/177.2	815/95
Aspect	TIN(Vector)	Distribution of aspect (°)	176.47/86.67	360/-1 (flat surface)
Solar radiation	DEM (Digital Elevation Model, Raster)	Grid of winter (kcal/m <sup>2</sup> )	1032.74/318.44	1872.12/183.543
Catchment				
Thematic map	First	Second raster (unit)	Total number of Catchment	Area Maximum/Minimum
Catchment	DEM (Digital Elevation Model, Raster)	Catchment (m <sup>2</sup> )	83	929,525/1275

129°)을 기준으로 TM(Transverse Mercator) 좌표로 변환되었다. 집수구역 단위로 유역을 추출하기 위해 ArcHydrology 9.2를 이용하여 유역을 분할하였다. 특정지역별 통계값을 추출하는 Zonal statistics 툴을 이용하여 집수구역별 동지 일사량의 평균을 도출하였다. 집수구역별 동지 일사량의 평균값이 상위 10%, 하위 10%인 집수구역을 추출해내고 각 집수구역의 데이터를 6등급으로 나누었다. 데이터를 재분류할 때 등급의 간격을 구분하는 방법으로 등간격(equal interval) 방식을 사용하였다. 통상 주제도를 디스플레이할 때 6계급 정도가 적절하다고 판단하며 적어도 4계급은 되어야 하는 지도학의 일반이론에 따라 6등급으로 나누어 분석하였다[11].

### 3. 결과 고찰

Table. 2 Statistical characteristics of solar radiation in entire study area

Solar radiation (kcal/m <sup>2</sup> )	Maximum	Minimum	Mean	Standard deviation
	1872.12	183.54	1032.74	318.44

표 2에서 제시하고 있는 바와 같이 연구지역 전체 일사량의 분포특성을 살펴보면 일사량의 최대값과 최소값은 각각 1872.12kcal/m<sup>2</sup>, 183.54kcal/m<sup>2</sup>로 연구지역 내의 일사량 차이가 매우 크다는 것이 확인된다. 그림 3은 능선을 따라 분수계 안쪽으로 나누어진 각 집수구역별로 다양한 일사량의 분포 특성을 보여주고 있다. 연구지역 내 총 83개의 집수구역 중 최적 집수구역과 최악 집수구역의 번호는 각각 13번, 53번으로 도출되었다. 표 3과 같이 최적·최악 두 개의 집수구역의 일사량 분포의 통계적 특성을 살펴보면 일사량이 매우 확연한 차이가 확인된다. 우선 일사량 분포의 평균값을 비교할 경우 최적 집수구역 일사량의 평균값은 1277.26kcal/m<sup>2</sup>, 최악 집수구역 일사량의 평균값은 918.07kcal/m<sup>2</sup>로 집수구역마다 서로 두드러진 일사량의 차이가 있음을 확인할 수 있다.

Table. 3 Statistical characteristics of solar radiation for optimal vs worst catchment

Solar radiation (kcal/m <sup>2</sup> )		Maximum	Minimum	Mean	Standard deviation
	Optimal	1855.82	308.96	1277.26	345.85
	Worst	1159.28	380.83	918.07	133.79

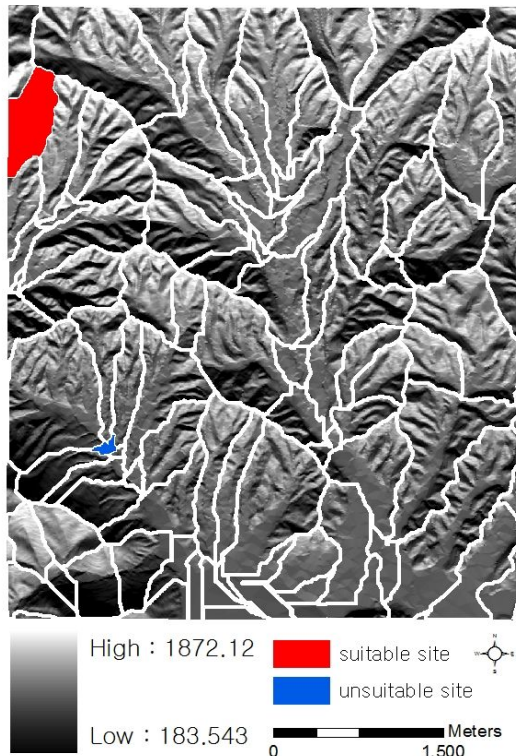


Fig. 3 Catchment overlay over solar radiation

최적·최악 집수구역의 일사량 분포의 차이를 비교하기 위해 일사량의 최소값과 최대값

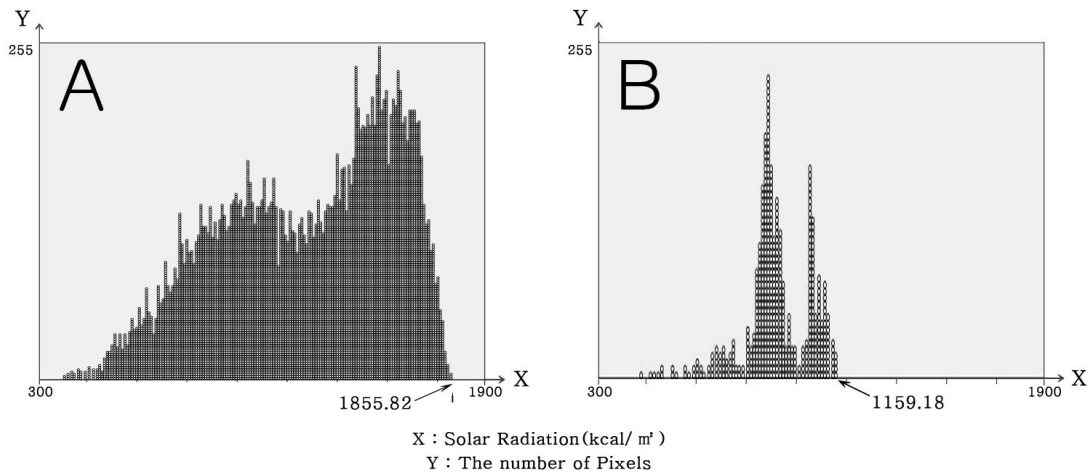


Fig. 4 Statistical characteristic of solar radiation in optimal and worst catchment  
A: optimal catchment B: worst catchment

을 각각 300kcal/m<sup>2</sup>, 1900kcal/m<sup>2</sup>로 동일하게 지정하여 일사량의 분포를 그림 4와 같이 나타내었다. 최적 집수구역의 일사량 분포(A)를 보면 일사량의 최대값은 1855.82kcal/m<sup>2</sup>로 산자락인 연구지역의 고도에 의한 기온 체감률을 고려하면 매우 높은 수치를 기록한다. 반면 최악 집수구역(B)의 경우 일사량 최대값은 1159.18kcal/m<sup>2</sup>로 최적지역 일사량 최대값에 비해 월등히 낮은 수치를 나타낸다. 두 그래프를 통해 최적·최악 집수구역의 일사량의 확인한 차이를 가시적으로 확인할 수 있다.

Table. 4 Reclassified presentation of solar radiation in optimal/worst catchment and reclassified (%)

Solar radiation Grading (kcal/m <sup>2</sup> )	Rank	1	2	3	4	5	6
	Optimal		2.0	10.8	20.2	19.5	29.6
Worst		2.1	12.7	77.5	7.7	0.0	0.0

그림 5의 최적·최악 집수구역의 일사량 분포(A, B)를 보면 최적 집수구역의 일사량 최소값은 308.957kcal/m<sup>2</sup>로 최악 집수구역의 일사량 최소값인 380.83kcal/m<sup>2</sup>보다 낮은 수치를 보인다. 그러나

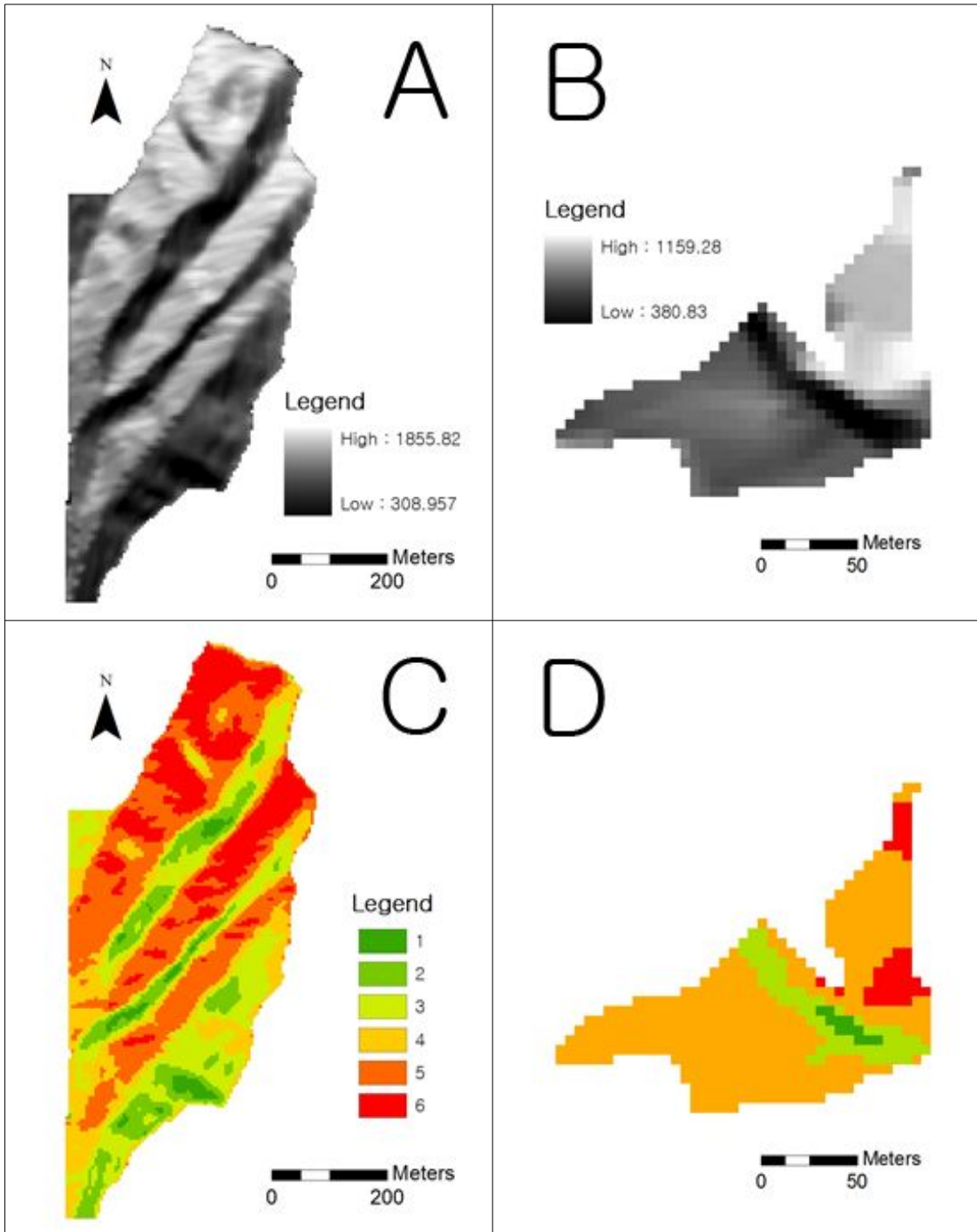


Fig. 5 Solar radiation in optimal/worst catchment and reclassified presentation  
 A: Solar radiation in optimal catchment B: Solar radiation in the worst catchment  
 C: Reclassified presentation for optimal catchment D: Reclassified presentation in the worst catchment

최적 집수구역 일사량의 평균값은 1277.26kcal/m<sup>2</sup>, 최악 집수구역 일사량의 평균값은 918.07kcal/m<sup>2</sup>로 일사량 분포의 평균값을 비교하였을 때 전반적으로 최적 집수구역의 일사량 수치가 훨씬 높으므로 최소값의 차이는 큰 의미가 없다고 사료된다. C, D는 최적·최악 집수구역의 일사량 분포를 일사량의 최소값과 최대값을 각각 300kcal/m<sup>2</sup>, 1900kcal/m<sup>2</sup>로 동일하게 지정한 후 등간격(equal interval) 방식으로 6등급으로 재분류하여 나타낸 것이다. 범례의 등급의 숫자가 높을수록 일사량이 높음을 의미한다. 표 4는 C, D 그림의 일사량의 등급별 분포를 수치화 한 것이다. 최악 집수구역의 등급별 일사량 분포의 경우 5, 6등급의 면적은 0.0%로 최악 집수구역의 일사량이 현저히 낮음을 나타낸다. 이와 같이 집수구역별로도 일사량의 차이가 매우 뚜렷하므로 실버타운 입지를 고려할 때 집수구역이 일사량 조사의 단위로 활용될 수 있다는 근거를 보여준다.

Table. 5 Aspect distribution in the study area (%)

	Optimal catchment	Worst catchment
South (136°-225°)	53.5	28.5
East (46°-135°)	2.2	60.9
Flat	0.05	0.96
West (226°-315°)	43.4	0.0
North (0-45°, 316-360°)	0.8	9.6

연구지역은 팔공산 일대의 산간분지로, 경사진 사면이 길게 이어져 있는 지형의 특성상 사면 방향 변수가 일조량에 결정적으로 영향을 미치므로 실버타운 입지에 사면방향 또한 중요한 변수로 작용할 수 있다. 건물이 남향으로 지어질 경우 겨울철에 태양광이 깊고 광범위하게 유입되므로 실내가 따뜻해진다. 서향으로 건물이 지어질 경우 오후의 태양광이 실내 깊숙이까지 들어오므로 겨울철 실내

온도 상승에 큰 영향을 미친다<sup>[5]</sup>. 이러한 사실을 바탕으로 표 5의 최적 집수구역의 사면방향별 면적을 살펴보면 남향이 53.5%, 서향이 43.4%로 최적 집수구역 면적의 거의 대부분을 차지하여 집수구역이 실버타운 입지를 결정하는 아주 중요한 요인이 될 수 있다는 근거를 제시하고 있다.

#### 4. 연구 결과의 실무에서의 활용 방안

인구의 고령화 현상은 세계적인 추세이기는 하나 우리나라의 고령화 속도가 세계에서 가장 빠른 것으로 나타났다<sup>[1]</sup>. 게다가 최근 노인들의 자산규모의 증가로 소득수준이 향상되고 고령소비층이 확대되면서 실버타운의 수요가 급증할 것으로 예상된다. 이런 추세로 미루어 실버타운 입지에 있어 일사량을 조사하기 위한 단위로서 집수구역 지표는 현 시점에서 미흡한 점이 많으며, 이를 제도로 도입하기 위해서는 지표를 보다 계량화하고 과학적인 기반 위에서 표준화하여야 한다. 본 연구에서 집수구역별 일사량 조사가 실버타운 입지과정에서 활용될 수 있는 가시적인 결과물을 산출할 수 있다는 것을 검증하였다. 이번 장에서는 본 연구에서 제시된 방법을 중앙부처나 지방자치단체의 관련 실무자들이나 관심을 가진 사용자들이 실버타운 입지 과정에서 활용하기 위한 방안을 제시하고자 한다. 아울러 본 실험연구가 연구기간, 연구지역의 수, 비용, 데이터, 장비 등의 관점에서 한계를 가지고 수행하였기 때문에 직면한 문제점을 지적하고 개선이 필요한 부분에 대해 의견을 정리하였다.

각종 실버타운 건설사업의 계획단계부터 그늘진 공간을 최소화하기 위한 지표로서 일사량 등급도를 활용할 수 있다. 집수구역의 특성



에 따라 적절한 개발밀도로 일사량을 유지하기 위한 지표로 사용하는 방안이다. 예를 들면, 실버타운이 입지하기 적절한 집수구역은 일사량의 특정등급 비율을 50%이상으로 제한하는 방안 등이다. 또한 일사량이 높은 집수구역을 조사하여 실버타운 입지예정지로 고시하여 실버타운으로 기능을 수행하는 데 방해가 되는 시설물이 건설되지 않도록 하는 등의 지표로 활용이 가능하다. 결국 다양한 변수를 고려하여 실버타운을 입지하는 방식에서 벗어나 집수구역별 일사량을 관리할 것이 요청된다. 최근 누적적 환경 영향으로부터 수량, 수질, 생태계를 보호하는 포괄적인 수단으로 집수구역 단위의 환경 관리가 주도적인 패러다임으로 정착되어 가고 있다. 도시환경 관리의 과학화와 규제제도의 효용성을 제고하기 위한 기반을 마련한다는 장기적 안목에서 집수구역을 기본단위로 일사량의 허용한계를 제시하는 것이 핵심적인 해결수단으로 사료된다. 이를 위해서는 집수구역 단위별로 일사량에 대한 평가를 실시하고 이를 토대로 각종 실버타운 개발 사업계획에 관한 검토가 이루어지도록 해야 한다.

일사량 시뮬레이션 결과의 활용과정에서 모형에서 도출된 데이터의 정확도에 대해 많은 의구심이 제기되고 있으며 지역별 또는 국가별 측정 데이터간 많은 차이를 보이고 있어 일사량 산출모형을 활용하기 위해서는 검증과정이 필수적인 요소로 지적되고 있다<sup>[8]</sup>. 한국에너지기술연구원, 신재생데이터센터는 전국 16개 지역을 대상으로 1982년부터 현재까지의 수평면 전일사량, 법선면 전일사량 등 10개의 일사량에 대한 측정망을 구축하여 운영 중이다. 본 연구에서 활용한 일사량 측정시점인 동지는 양력 12월 22-23일에 해당하므로 신재생데이터센터의 대구시 2011년 12월 달의 월평균자료

와 시뮬레이션결과의 평균값과 비교하였다. 연구지역 집수구역 평균 일사량(1033.74kcal/m<sup>2</sup>)은 대구시의 2011년 12월 수평면 전일사량(1736kcal/m<sup>2</sup>)에 비해 낮은 수치를 보인다. 연구지역의 일사량 최대값(1872.12kcal/m<sup>2</sup>)이 대구시 일사량 측정망에서 관측된 결과와 유사한 수치를 기록하고 있다. 그러나 1개의 지점에서 관측된 결과에 의거 대구시 전체의 일사량에 대한 특성을 이해하고 분석하기에는 많은 한계가 있다. 모형의 관측값이 지상관측소에 비해 700kcal 정도 낮게 나타나 과소추정 경향이 나타나고 있음이 확인되었다. 연구지역은 고도의 분포가 95m~815m로 비교적 높은 산지로 경사진 사면이 길게 이어져 다양한 방향의 사면을 포함하고 있는 산간분지 특성을 지니고 있다. 대구시 신암 1동의 평지에서 측정된 Data가 산간분지에 위치한 지형특성을 가진 사례지역의 일사량을 대표하는 데는 상당한 한계성을 가지고 있다.

직접 접촉 방식의 일사량 조사가 전 세계적으로 정착된 방식이기는 하나 본 연구의 사례지역과 같이 광대한 지역에서 도출된 결과와 단 1개 지점의 현장조사결과를 비교하여 모형의 신뢰성을 검증한다는 것은 이론적으로 상당한 한계를 내포하고 있는 것으로 사료된다. 본 연구의 타당성을 검증하기 위해서는 향후 현지조사와 모형 기반의 일사량 조사 기법을 통합한 다양한 기법을 집수구역별 일사량 조사와 연계함으로써 본 연구 결과의 실용성을 증진시킬 수 있는 방안에 대해서 보다 심도 있는 연구가 필요하다. 따라서 집수구역별 일사량 비교의 결과는 매우 조심스럽게 해석되어야 할 것으로 판단된다. 왜냐하면, 분석의 결과가 연구지역의 집수구역에만 한정되어 있

2) Korea Institute of Energy Research, 2014

어, 다양한 지역을 상정하여 추가연구가 필요하다. 보다 다양한 지형특성을 가진 집수구역의 조건을 고려하여 연구결과의 통계적인 유의성을 확보하여야 할 것으로 판단된다. 향후 위에서 지적한 문제점들을 보완하고 다중시기의 반복측정을 통한 체계적인 분석이 이루어진다면, 특정지점에 한정된 일사량 측정 및 감시체제와 광역적인 차원에서의 모형기반의 일사량 감시체제가 상당한 상관관계를 가지고 수행될 수 있을 것으로 기대된다. 집수구역별 일사량 평가에 대한 참고가 될 기준이 없는 상황이어서 최근 실버타운의 적지로서 부상되고 있는 대구의 팔공산 지역에 위치한 집수구역들에 대한 일사량 분포에 비교평가는 향후 실버타운 입지차원에서 일사량의 관리지침을 제시하는 중요한 기초자료가 될 것이다.

Solar analyst의 알고리즘이 본 연구에서 사용된 1:5,000 정도의 대축척에 활용가능한지에 대한 의문이 제기될 수 있다. Vandal and Hegman<sup>[12]</sup>은 0.6m 간격의 등고선을 이용한 대학 캠퍼스 건축물에 대한 태양광도 시뮬레이션 결과가 실측치와 상당히 근접하다는 연구결과를 제시하는 데, 이 연구가 대축척에 Solar analyst가 활용된 근거자료가 될 수 있을 것이다. 많은 선행연구<sup>[13][14][15]</sup>가 Solar analyst의 알고리즘을 활용하여 쿨루프 대상 건물을 추적하거나 태양광이나 태양열 발전대상 건축물을 추적하고 있어 본 연구와 같이 집수구역별 일사량 분포를 추적하는 관점에서 이 알고리즘이 좁은 대상지역에 대해 적용되는 데 크게 문제되지 않을 것으로 판단된다. 하지만 지구 태양광도 모델에 의한 시뮬레이션 자료를 우리나라와 같이 좁은 지역에 그대로 적용하는 것은 한계가 있다<sup>[16]</sup>. 우리나라는 지형이 동고서저로 복잡한데다 남북으로 길고 삼면이 바다로 둘러싸여 있어서 지역에 따라

태양광도가 확연히 다르게 나타난다. 또한 편서풍과 계절풍의 영향을 받는 지역에서 풍상 및 풍하측 사면에 따라 구름의 운량이 달라질 수 있고, 분지내의 역전층으로 인한 안개 등 일사량이 다른 경향성을 보일 수 있다. 우리나라의 지형이나 기후 특성을 고려한 Solar analyst 알고리즘을 개발하기 위해 후속 연구가 진행되어야 할 것으로 판단된다. 집수구역별 일사량의 최대값, 최소값 자료를 구축하고 현지조사와 상관성 분석 절차를 거치면 기존 태양에너지 시뮬레이션 모델을 현지 실정에 보다 부합하는 실용적인 방향으로 customizing하는 과정에서 중요한 기초자료로 활용될 수 있으리라고 사료된다.

## 5. 결론 및 시사점

본 연구는 기존의 연구가 집수구역별 일사량 기반의 실버타운 입지를 추적하려는 아이디어 자체도 제시하지 못한 점을 고려하여 집수구역 단위로 일사량을 조사하여 실버타운 입지의 필요성을 제안하는 최초의 연구이다. 본 연구는 집수구역에 의거하여 일사량을 비교 평가하는 보편적인 틀과 모형을 제시하였다. 일사량에 대한 기초자료를 확보하기 위해 집수구역별로 일사량 분포도를 측정하는 방안의 표준화를 시도하였다. 집수구역별로 일사량을 등급화하고 최적, 최악 집수구역 등 다양한 관점에서 분류하고 GIS 공간분석을 기반으로 일사량의 평가과정을 객관화하여 보다 신뢰성 높은 일사량 정보를 확보하기 위한 방안을 제시하였다. 결국 이 연구는 실버타운 입지차원에서 일사량 평가 단위지역에 대한 연구가 거의 이루어지지 않은 상황에서 집수구역이라는 평가단위 지역을 정하고 이를 토대로 평가하여 보았다는 점에서 의의가 있다고 할 것이다. 본

연구의 결과는 향후 실버타운 입지 선정단계에서 집수구역별 일사량 변수에 우선순위를 부여하고 실버타운에 유리한 입지를 추적하기 위한 올바른 방향을 제시하는데 유용한 자료로 활용될 수 있을 것이라 사료된다.

## 사 사

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다 (No. 20144010200670).

## Reference

1. Choi, Y. O., Study of standards for valuation of silver-town in Korea, Journal of Korean Association for Local Government Studies, Vol. 17, No. 3, 135~156, 2005
2. Han, H. K., Oh, D. S., A study on the planning guidelines of silver towns according to their locations, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol. 18, No. 1, 95~10, 1998
3. Son, J. W., Han, G. J. and Lee, T. K., A Study on the improvement directions and conditions of spacial composition according to location style of silver towns, Journal of Korea Institute of Healthcare Architecture, Vol. 7, No. 1, 7~14, 2001
4. Shin, H. I., Jeon, H. S., Yang, O. J. and Cho G. S., A study on the land suitability analysis of silver town using neural network, Journal of Korean Society for Geospatial Information System, Vol. 8, No. 2, 117~127, 2000
5. Kim, I. K. and Kim, O. S., Effect of vitamin D supplementation on the physiological indices, muscle mass, and physical functions of aged women, The Journal of Korean Academic Society of Adult Nursing, Vol. 25, No. 2, 539~548, 2013
6. Park, M. K., Ground planning of atopic healing eco-town in Palgong mountain, Daegu-Gyeongbuk Development Institute, 2010
7. Um, J. S., Evaluating explanatory power of solar intensity as determining factor of housing density in intermontane basin, Journal of Korean Association of Regional Geography Vol. 15, No. 6, 689~706, 2009
8. Tabik1, S., Villegas, A., Zapata E. L. and Romero L. F., A fast GIS-tool to compute the maximum solar energy on very large terrains, Procedia Computer Science, 9, 364~372, 2012
9. Freitas S., Catita, C. Redweik, P. and Brito C., Modelling solar potential in the urban environment: State-of-the-art review, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 41, 915~931, 2010
10. ESRI. ArcGIS Desktop: Release 10. Redlands, CA: Environmental Systems Research Institute. 2011
11. Cromley, R. G., Classed versus unclassified Choropleth maps: a question of how many classes, Cartographica, 32, 15~28, 1995
12. Vandal N. and Hegman W. Micro-climate solar modeling over complex terrain: a validation study of ESRI solar analyst, technical Papers, ESRI User Conference Proceedings. 2007
13. Wiginton LK., Nguyen HT. and Pearce J. M. Quantifying rooftop solar photovoltaic potential for regional renewable energy policy, Computer Environment and Urban System, Vol. 34, No. 4, 345~57. 2010
14. Brito MC., Gomes N., Santos, T. and Tenedório J. Photovoltaic potential in Lisbon suburb using LiDAR data, Solar Energy, Vol. 86, No. 1, 283~288. 2012
15. Choi, Y., Rayl, J., Tammineedi, J. C., and Brownson, R.S., PV Analyst: Coupling

- ArcGIS with TRNSYS to assess distributed photovoltaic potential in urban areas, Vol. 85, No. 11, pp. 2924~2939. 2011
16. Huang, S., Rich, R.L., Crabtree, C.S., and Fu, P., Modeling monthly near-surface air temperature from solar radiation and lapse rate: application over complex terrain in Yellowstone National Park, USA. *Physical Geography* 29, 158~178, 2008