

해양에너지 활용지역 선정을 위한 부산시 500m 메시 레벨에서의 건물용도구성에 의한 유형화 연구

†황 광 일

한국해양대학교 기계·정보공학부 교수

A Study on the Classification of 500m×500m Mesh Level by the Combinations of Building Needs in Busan for the Feasibility Evaluation of Ocean Energy Plant Introduction

† Kwang-il Hwang

† Department of Mechanical & Information Engineering, Korea Maritime University, Busan, 606-791, Korea

요 약 : 해양에너지를 지역냉난방설비의 에너지원으로 활용하기 위한 방법론적 관점에서 출발한 본 연구의 목적은 부산시의 지리정보를 이용하여 500m×500m 메시를 개발하고, 메시 특성에 따른 유형별 분포도를 작성하는 것이다. 연구성과를 정리하면 다음과 같다. 부산광역시의 총 16개 단위행정구역 중 연제구, 중구, 해운대구를 제외한 13개 구군(區郡), 108개 동(洞)별 유효 건축정보와 수치지도를 이용하여 500m×500m 메시를 개발하였다. 총 3,289개 메시가 유효한 건물바닥면적을 갖고 있으며, 그 중 용적률 50% 이상인 메시는 325개(9.9%), 100% 이상인 메시는 59개(1.8%), 200% 이상인 메시는 30개(0.9%), 300% 이상인 메시는 25개(0.8%)로 나타났다. 용적률 50% 이상인 325개 메시지를 주성분분석과 클러스터분석에 의해 5개 유형으로 분류하였고 이를 500m×500m 메시 맵 위에 분포도를 작성한 결과, 상업시설 중심의 1유형은 수영구 광안동, 주거시설 중심의 4, 5유형은 남구 용호동 등이 대표 지역으로 나타났으며, 부산의 대표 유형으로써 주거중심의 주상복합 특성을 갖는 3유형은 남구, 동래구, 북구, 사상구 등 부산 전역에 고르게 분포하는 것으로 나타났다.

핵심용어 : 해양에너지, 지역냉난방, 메시, 건물용도, 유형화

Abstract : On the view point of renewable energies as energy sources of district heating and cooling plant, the purpose of this study is to develop, classify and map the 500m×500m mesh, of which is treated as normal size in DHC regulations for evaluation process. Followings are the results. Various building and geographical informations including 13 districts and 108 counties are re-defined to create 500m×500m meshes, and it is find out that 3,289 meshes among 8,463 meshes have meaningful floor areas. Only 59 meshes(1.8%) are evaluated as mesh which has more than 50% of building volume ratio per mesh. 5 clusters classified by principal analysis and cluster analysis with building needs' characteristics are defined. Gwang-an Dong is representative of cluster 1 characterized as commercial area, and the cluster 4, 5 which has mainly residential needs are distributed in Yong-ho dong. Because there are a lot of cluster 3 meshes, which has complex needs area based on residential, cluster 3 could be defined as representative of Busan metropolitan city.

Key words : Ocean energy, District heating and cooling, Mesh, Building needs, Classification

1. 서 론

1.1 연구배경과 목적

우리나라는 세계 10위권의 경제국가임에도 불구하고 국가 에너지의 97% 이상을 수입에 의존하는 에너지 자원빈국(資源貧國)으로 불안정한 에너지수급 문제는 특히 여름철과 겨울철 냉난방기기 사용에 따른 전력피크관리와 전력예비율저하라는 심각한 문제를 발생시키기 때문에 산업계를 비롯한 국가의 전반적인 생산력을 약화시키는 원인으로 작용한다. 그럼에도 불구하고, 각 자치단체는 지속적이고 균형적으로 발전(Sustainable Growth)해 나가야하기 때문에 지역적 특성을 고

려한 안정적 에너지 공급망 구축 및 에너지이용합리화 방안을 수립하고 관련 시설을 정비하고 있다.

해양수도 부산의 경우에는 해양에너지를 이용한 에너지 이용합리화 방안을 추진하고 있는데, 이는 부산 연안지역에 해양에너지가 풍부하고, 부산 시내에는 다양한 에너지 소비특성을 갖는 지역이 많이 존재하기 때문에 다른 내륙도시에 비해 해양에너지를 에너지원으로 할 경우의 활용효율이 가장 높을 것으로 예상되기 때문이다. 또한 해양에너지를 효율적으로 활용하고 있는 외국의 사례에서도 알 수 있는 바와 같이 도시 내 단위지역의 에너지 소비특성을 파악하고 이를 고려한 집단 에너지 플랜트의 에너지원으로 해양에너지를 활용한다면 고

† 교신저자 : 종신회원, hwangki@hhu.ac.kr 051)410-4368

효율 운전에 따른 환경적, 경제적, 사회적 영향이 매우 클 것으로 기대된다.

신재생에너지인 해양에너지를 지역냉난방설비의 에너지원으로 활용하기 위한 관점에서 출발한 본 연구는 소규모 지역 단위에서의 에너지 소비특성을 파악하기 위한 기초연구로써, 부산시의 수치지리정보를 이용하여 500m×500m 메시(Mesh, 지구, 地區)를 개발하고 각 행정자치단체의 건축물정보를 각 메시에 매핑(Mapping)하여 메시별 건물용도 구성특성을 파악하고 유형화하여 분포도를 작성하는 것을 목적으로 하고 있다.

본 논문의 연구성과는 향후 소규모 지역단위 에너지소비특성을 파악하고, 에너지 맵 작성을 통해 부산시 에너지정책수립의 의사결정을 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

1.2 기존연구 고찰

도시 차원에서의 에너지공급망을 지리적 관점에서 검토하고 공학적으로 분석한 사례는 매우 부족한 것이 사실이다. 유사한 국내 논문으로는 서울시정개발연구원(1994)이 서울시의 각 부서별 용도에 맞는 GIS 구축을 위한 추진방향과 기술적 고려 사항에 대한 전반적인 지침을 수립한 사례가 있으며, 해외 연구사례로는 Sadohara(1986)가 일본 동경의 500m×500m 메시 데이터 정보를 활용한 지역냉난방 도입지구 선정 방법을 건축적 관점에서 제시하였고, Kawahara(1994)는 일본 동경내에서 지역냉난방 플랜트의 에너지원으로 하천수 등의 저온신재생에너지를 활용할 수 있는 지역을 선정하고 냉운수 배관망 구축을 위한 방안을 제시하였다.

1.3 연구의 범위와 방법

본 연구의 전반적인 프로세스는 Fig. 1과 같이, 수치지도(한국디지털지도, 2009)와 각 세부 지방행정자치단체의 건축관련 통계자료를 입수하고 이들 데이터를 메시별로 가공한 후 통계적 분석방법에 의해 메시지를 유형화하고 메시 맵 작성을 통해 공간적 분포를 파악하였다. 본 연구에서 메시지를 유형화하는

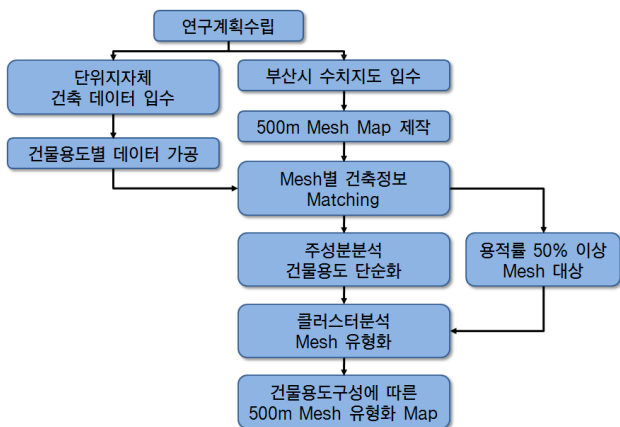


Fig. 1 Flow chart of research process

이유는, 후속연구에서 수행될 해양에너지원 지역냉난방 도입지구 선정 시 필요한 열수요처의 위치, 규모(용량), 공간형태를 도시적 관점에서 파악하기 위함이다.

부산광역시에는 기장군을 포함하여 총 16개 단위행정구역으로 이루어져 있다. 건축물 관련 정보를 입수하기 위하여 단위행정자치단체별 건축물 관련 통계자료 문헌조사와 동시에 각 단체 담당자와의 전화조사 혹은 방문조사를 수행한 결과, 데이터를 제공받지 못하거나 내용이 부실하여 활용이 불가능한 연제구, 중구, 해운대구를 제외한 13개 단위행정구역(區郡), 108개 동(洞)별 유효 건축정보를 확보하였다. 이에 본 연구에서는 유효 데이터가 확보된 이들 13개 단위행정구역, 108개 동만을 연구대상으로 하였다.

메시 개발 과정에서 이미 개발된 부산광역시의 건축정보를 포함하는 디지털 지리정보를 활용하지 않고 단위행정구역별 건축관련 자료와 수치지도만을 이용한 것은 디지털 지리정보가 완성되지 못한 대부분의 지역에서도 정책수립 필요에 따른 메시 개발 시 응용 가능한 방법을 제시하기 위함이다.

2. 부산시 500m×500m 메시 개발

2.1 부산시 500m×500m 메시 개발 개요 및 결과

본 연구에서는 부산 전역을 대상으로 500m×500m 크기의 메시지를 개발하였다. 메시의 크기는 우리나라보다 소규모 지역 냉난방 보급률이 높은 일본의 사례(일본지역냉난방협회, 1992, 1995)를 참고하여 500m×500m(250,000㎡, 25ha)로 설정하였다. 메시 좌표는 향후 부산의 시(市) 경계 변화를 고려하여 용두산 타워를 기준점으로 설정하였고 전체 메시 맵을 작성한 후, 좌측, 하단을 원점(1,1)로 설정하였다.

Fig. 2는 부산광역시 전체가 포함된 위성사진이며, Fig. 3이 본 연구에서 개발된 500m×500m 크기의 메시 맵으로 부산시 전체를 표현하기 위해서는 가로 95개, 세로 92개의 메시가 필요함을 보여준다.

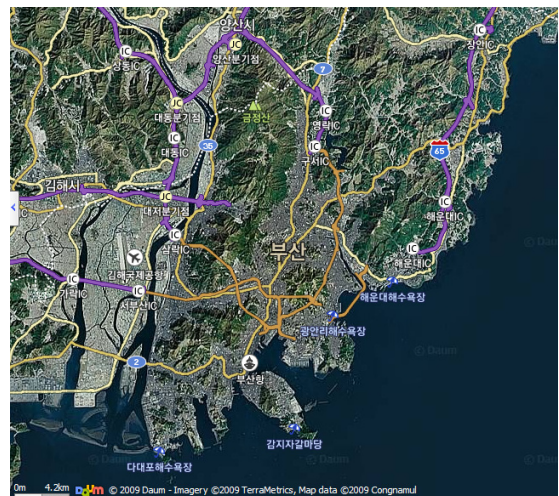


Fig. 2 A satellite photo of Busan area(Daum,2010)

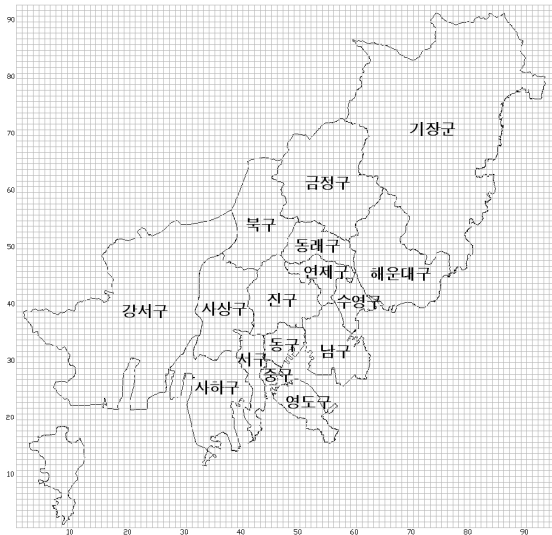


Fig. 3 500m×500m mesh map of Busan

2.2 부산시 건축용도별 데이터베이스 구축

단위행정구역별로 입수한 건축용도 관리방법이 건축법 시행령(2010)에 정의된 건물용도와 서로 달랐기 때문에, 본 연구에서는 건축법 시행령의 분류방법을 참고하여 Table 1, Table 2와 같이 건물 용도를 7개 분류로 단순화 하였다.

상기 표의 대분류를 기준으로 가공한 부산시 전체(연제구, 중구, 해운대구 제외)의 건물 내 바닥면적은 1억 2천 4백만㎡ 이고 그중 주거용이 8천 3백만㎡(66.8%), 상업용은 약 2천 4백㎡(19%)를 점유하여 전체 바닥면적의 85% 이상이 주거용과 상업 시설로 활용되고 있음을 알 수 있다. Table 2에 건물용도별 전체바닥면적과 비율을 정리하였다.

Table 1 Classification of building needs

대분류	상세분류
주거용	단독주택, 공동주택
상업용	근린생활시설, 제1종근린생활시설, 제2종근린생활시설, 관광휴게시설, 숙박시설, 업무시설, 자동차관련시설, 위락시설, 위험물저장및처리시설, 판매시설, 판매및영업시설
농수산용	동식물관련시설
공업용	공장
공공용	교정및군사시설, 방송통신시설, 공공용시설
문교사회용	의료시설, 교육연구시설, 운동시설, 문화및집회시설, 종교시설, 노유자시설, 수련시설
기타	기타, 발전시설, 묘지관련시설, 분뇨쓰레기처리시설, 운수시설, 장례식장, 창고시설, 교육연구및복지시설

Table 2 Total floor area of each building needs in Busan

분류		전체바닥면적 [㎡]	비율 [%]
대표명칭	약어표기		
주거용	Res	82,903,808	66.8
상업용	Com	23,578,944	19.0
농수산용	Agri	111,428	0.1
공업용	Fac	4,943,002	4.0
공공용	Pub	336,289	0.3
문교사회용	Edu	8,231,943	6.6
기타	Etc	3,921,486	3.2
합계		124,025,890	100

2.3 각 Mesh 내 건축용도별 바닥면적 산정

Fig. 4와 같은 행정구역 구성을 갖는 메시 개념에서, (x_a, y_b)의 좌표를 갖는 메시 내 건축용도별 바닥면적은 식(2-1)을 이용하여 산정하였다.

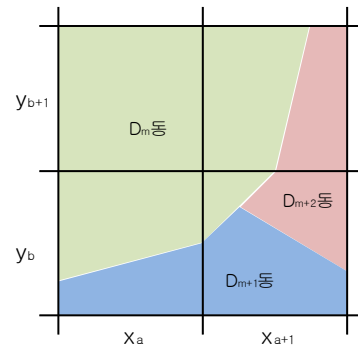


Fig. 4 Concept of meshes and districts

$$FloorArea(x_a, y_b)_N \dots (2-1)$$

$$= \sum_{k=district} \left[\frac{FloorArea(D_k(x_a, y_b))}{FloorArea(D_k, Total)} \times FloorArea(D_k, N_k) \right]$$

단, FloorArea(D_k, Total) : D_k 동 전체의 면적
 FloorArea(D_k(x_a, y_b)) : (x_a, y_b) Mesh 내 D_k 동의 면적
 FloorArea(D_k, N_k) : D_k 동 내 N용도건물의 전체 바닥면적
 k : 동(洞)

또한 (x_a, y_b) 메시 내 전체 건물의 바닥면적은 식(2-1)의 결과를 식(2-2)에 대입함으로써 산정할 수 있다.

$$FloorArea(x_a, y_b) = \sum_{h=1}^N FloorArea(x_a, y_b)_h \dots (2-2)$$

단, h : 건물 용도

상기 식(2-2)를 활용하여 부산시 모든 메시지를 평가한 결과 유효 건물바닥면적을 갖는 메시는 총 3,289개로 파악되었다. 3,289개 메시 중 75.6%인 2,487개 메시의 용적률은 10% 미만이고, 용적률 10% 이상 50% 미만인 메시 수는 477개로 전체의 14.5%이며, 용적률 50% 이상인 모든 메시의 수는 325개로

전체 유효 메시의 9.9%를 차지한다. 또한 용적률 100% 이상인 메시의 누적 개수는 59개(7.4%), 200% 이상인 메시의 누적개수는 30개(3.7%), 300% 이상인 메시의 누적개수는 25개(3.1%)로 각각 평가되었다.

Table 3 Meshes' number of each floor area ratio

용적률 [%]	Mesh 수 [개]	비율 [%]	누적비율[%]
0~10	2,487	75.6	75.6
10~50	477	14.5	90.1
50~100	266	8.1	98.2
100~150	24	0.7	98.9
150~200	5	0.2	99.1
200~250	3	0.1	99.2
250~300	2	0.1	99.3
300~350	1		
350~400	7	0.2	99.5
400~450	17	0.5	100.0
합계	3,289	100	-

3. 건물용도 구성에 따른 Mesh 유형화

3.1 Mesh 유형화를 위한 주성분분석

2.2절에서 통계기법 상의 31개 건물 상세분류를 7개 대분류로 단순화하였으나, 각 단위 행정지구의 7개 대분류 값과 특성변수를 모두 직접 반영한 유형화는 매우 어렵다. 이에 본 연구에서는 통계적 처리방법에 의한 선형변환을 통해 복잡한 다변량 자료를 '주성분(Principal component)'이라고 불리는 독립적인 새로운 변수로 단순화시키는 주성분분석(Principal Analysis)을 우선 수행하였다.

본 연구에서는 주성분분석 결과의 오차 발생 가능성을 검토하기 위해, 용적률 10% 이상인 802개 메시와, 용적률 50% 이상인 325개 메시지를 대상으로 각각 주성분분석을 수행하였으나, 두 주성분분석 결과의 차이는 0.2% 미만이었기 때문에 무시할 수 있었다. 이에 따라 본 논문에서는 용적률 50% 이상의 325개 메시에 대한 수행 과정별 주성분분석 결과만을 Table 4, 5, 6에 정리하였다. 건물용도별 면적에 대한 공분산행렬(Covariance Matrix)은 Table 4에, 각 공분산행렬에 대한 고유값(Eigenvalue)은 Table 5에 정리하였다. Table 5에서 제1주성분(Prin1)과 제2주성분(Prin2)만으로도 전체 변수특성의 99.5% (누적점수비율, Acc. Ratio)를 설명할 수 있음을 알 수 있다.

또한 본 연구에서는 Table 6에 정리된 공분산행렬에 대한 고유벡터(Eigenvector) 값을 이용하여 용적률 50% 이상인 325개 Mesh 각각의 제1주성분과 제2주성분 점수를 산정하였다.

Table 4 Covariance matrix by building area of each need

[$\times 10^6$]	Res	Com	Agri	Fac	Pub	Edu	Etc
Res	63,554	-3933	-9	-717	136	-346	-132
Com	-3933	3304	-2	-126	-3	-44	17
Agri	-9	-2	0.4	-0.6	-0.1	0.4	0.3
Fac	-717	-126	-0.6	228	0.6	-27	33
Pub	136	-3	-0.1	0.6	0.7	-1	1
Edu	-346	-44	0.4	-27	-1	53	-2
Etc	-132	17	0.3	33	1	-2	46

Table 5 Eigenvalue by Covariance Matrix

	Prin1	Prin2	Prin3	Prin4	Prin5	Prin6	Prin7
Eigen values [$\times 10^6$]	63,819	3,060	222	45	37	0.4	0.3
Ratio	94.9	4.6	0.3	0.1	0.1	0.0	0.0
Acc. Ratio	94.9	99.5	99.8	99.9	100.0	100.0	100.0

Table 6 Eigenvector by Covariance matrix

	Res	Com	Agri	Fac	Pub	Edu	Etc
Prin1	0.9978	-0.0648	-0.0001	-0.0111	0.0021	-0.0054	-0.0021
Prin2	0.0639	0.9959	-0.0007	-0.0603	0.0018	-0.0214	0.0022
Prin3	0.0134	0.0528	-0.0038	0.9628	0.0118	-0.1969	0.1764
Prin4	0.0075	0.0195	0.0092	0.0619	0.0207	0.8194	0.5690
Prin5	0.0059	0.0285	-0.0072	0.2556	-0.0173	0.5379	-0.8026
Prin6	0.0019	0.0022	0.7124	0.0092	-0.7016	0.0006	0.0121
Prin7	-0.0016	-0.0009	0.7016	-0.0024	0.7120	-0.0069	-0.0270

3.2 클러스터분석에 의한 Mesh 유형화 결과

산출된 각 메시의 제1주성분, 제2주성분 점수를 표준화된 유클리드 거리를 이용한 Ward 최소변수법에 의한 클러스터분석(Cluster Analysis) 도구에 대입하여 분석한 결과 Fig. 5와 같이 5개 유형(클러스터, cluster)으로 분류할 수 있었다.

Fig. 5에 유형화 된 것과 같이 1, 2, 3유형(Cluster 1, 2, 3)은 제1주성분 점수는 비슷하지만 제2주성분 점수에 차이가 발생하고 있고, 3, 4, 5유형(Cluster 3, 4, 5)는 제2주성분 점수는 비슷하지만 제1주성분 점수에 차이가 있음을 알 수 있다.

5개 유형의 각 건물용도구성을 분석한 결과 Fig. 6에 나타난 것과 같이 1유형(Cluster 1)은 상업시설 중심, 2유형(Cluster 2)은 상업시설주도형 주상복합, 3유형(Cluster 3)은 주거시설주도형 주상복합, 4, 5유형(Cluster 4, 5)은 주거시설 중심의 특징을 나타내었다.

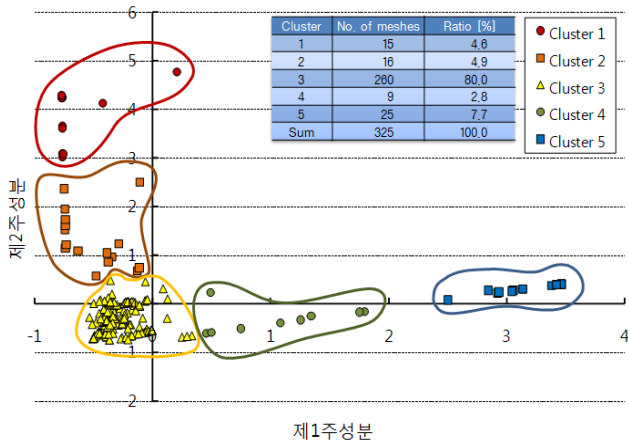


Fig. 5 Result of cluster analysis by Ward method

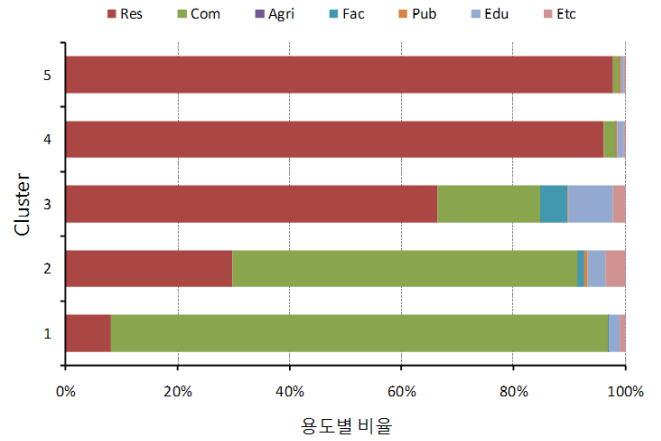


Fig. 6 Building needs' characteristics of each clusters

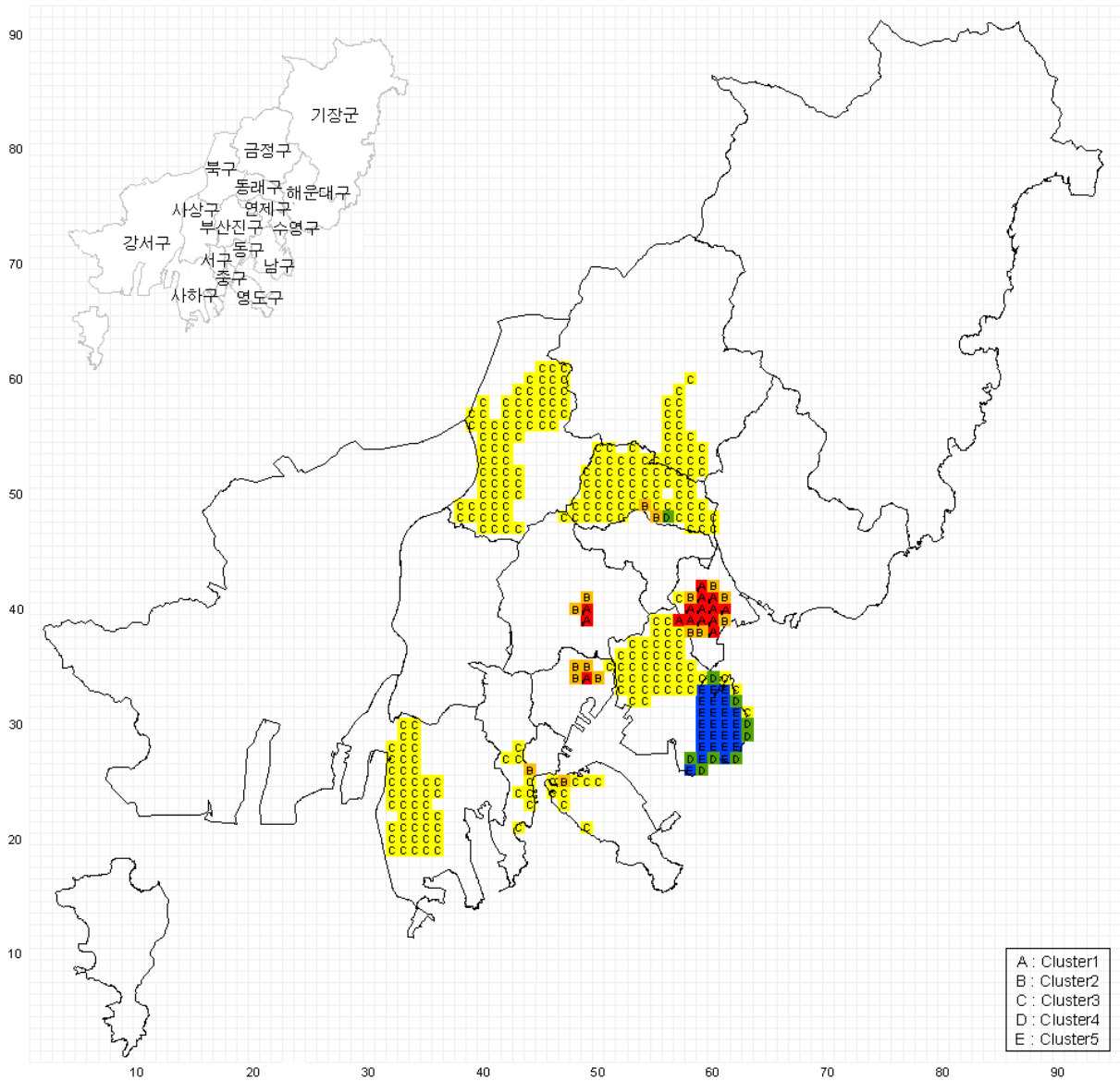


Fig. 7 500m×500m size meshes distribution of each clusters

이와 같은 사실로부터 용적률 50% 이상인 325개 메시 중 260개 메시가 속한 3유형이 부산시 500m×500m 메시 규모에서의 건물용도구성 특성을 설명하는 대표적인 유형이며, 3유형의 건물용도구성은 주거시설 66.4%, 상업시설 18.4% 등으로 구성된 주거시설주도형 주상복합지구의 특성을 갖고 있음을 알 수 있다.

3.3 Mesh 유형별 분포

2장에서 개발한 500m×500m Mesh 맵을 활용하여, 용적률 50% 이상인 325개 메시와 각 메시의 유형을 동시에 매핑한 결과 공간적, 지리적으로 Fig. 7과 같이 분포함을 알 수 있었다.

상업시설 중심의 1유형은 수영구 광안동에 집중 분포하고, 남구 용호동 지역이 주거시설 중심의 4, 5유형의 대표 지역으로 나타났으며, 부산의 대표 유형으로 주거중심의 주상복합 특성을 갖는 3유형은 문현동(남구), 동래구 사직동, 수안동, 안락동(이상 동래구), 화명동, 덕천동, 구포동(이상 북구), 감천동(사상구) 등 부산 전역에 고르게 분포한다.

4. 결 론

해양에너지를 지역냉난방설비의 에너지원으로 활용하기 위한 관점에서 시작한 본 연구는, 도시규모의 에너지 소비특성을 파악하기 위한 기초연구로써, 부산시의 지리정보를 이용하여 500m×500m 메시를 제작하고 각 행정자치단체의 건축물정보를 이용하여 메시별 건물용도 구성특성을 파악하고, 이를 유형화한 후 분포도를 작성하는 것을 목적으로 하고 있다. 본 연구의 성과를 정리하면 다음과 같다.

1) 부산광역시의 총 16개 단위행정구역 중 연제구, 중구, 해운대구를 제외한 13개 구군(區郡), 108개 동(洞)별 유효 건축정보와 수치지도를 이용하여 부산광역시 전역에 대한 500m×500m 메시를 개발하였다.

2) 본 연구에서 제시한 각 메시의 용도별 건물면적 산정방법을 적용한 결과, 부산시내에서 유효한 건물바닥면적을 갖는 메시는 총 3,289개로 파악되었다. 용적률 10% 이상인 메시 수는 모두 802개(전체 유효 메시의 24.4%), 용적률 50% 이상인 메시는 325(9.9%), 100% 이상인 메시는 59개(1.8%), 200% 이상인 메시는 30개(0.9%), 300% 이상인 메시는 25개(0.8%)로 나타났다.

3) 주성분분석과 클러스터분석에 의해 용적률 50% 이상인 325개 메시의 건물특성을 유형화한 결과 상업시설중심 지역(1유형), 상업시설중심 주상복합지역(2유형), 주거시설중심 주상복합지역(3유형), 주거시설 중심지역(4, 5유형) 등 5개 유형으로 분류할 수 있었다.

4) 용적률 50% 이상인 325개 500m×500m Mesh의 유형별 분포를 파악한 결과, 상업시설 중심의 1유형은 수영구 광안동에 집중 분포하고, 남구 용호동 지역이 주거시설 중심의 4, 5유형의 대표 지역으로 나타났으며, 부산의 대표 유형으로 주

거중심의 주상복합 특성을 갖는 3유형은 문현동(남구), 동래구 사직동, 수안동, 안락동(이상 동래구), 화명동, 덕천동, 구포동(이상 북구), 감천동(사상구) 등 부산 전역에 고르게 분포한다.

참고문헌

- [1] 서울시정개발연구원(1994), “서울시 지리정보시스템 구축에 관한 연구(II)”
- [2] 佐土原 聰(1986), “東京都區部における地域冷暖房地区の選定に關する研究”, 早稻田大學 博士學位論文
- [3] 河原透(1994), “地域冷暖房における低溫未利用エネルギーの活用に關する研究”, 早稻田大學博士論文
- [4] 한국디지털지도(2009), “개인용 지리정보시스템 Land Map 2 - 부산광역시 -”
- [5] 日本地域冷暖房協會(1992), “地域冷暖房技術手引書 改訂版”
- [6] 日本地域冷暖房協會(1995), “日本全國地域冷暖房導入可能性調査研究 平成6年度報告書”
- [7] 다음지도(2010), <http://local.daum.net/map>
- [8] 건축법 시행령(2010.12.13), 법제처
- [9] 강현철, 한상태, 김기영, 전명식(2005), “예제로 배우는 SAS 다변량 자료분석 입문”, 자유아카데미

원고접수일 : 2011년 1월 13일
 심사완료일 : 2011년 2월 14일
 원고채택일 : 2011년 2월 16일