

의료 취약성을 고려한 폭염 재해 취약성 분석 및 취약지역의 특성 도출*

Heat Wave Disaster Vulnerability Assessment and Identification of Vulnerable Area Characteristics Considering Medical Vulnerability

최혜림 Choi Hyerim**, 한우석 Han Woosuk***

Abstract

This study analyzed heat wave disaster vulnerability considering medical vulnerabilities and derived the characteristics of vulnerable areas through this. As a method of research, first, present vulnerability with the climate change disaster vulnerability assessment was analyzed. Second, medical resource vulnerabilities and emergency medical access vulnerability assessment were performed to analyze medical vulnerability. Finally, the heat wave vulnerable areas were derived through overlapping analysis, and policy measures considering local characteristics were proposed. According to the analysis, areas with high medical vulnerability and heat wave disaster vulnerability are also highly vulnerable to climate exposure, poor residential areas, and vulnerable populations. As a result, measures such as the maintenance of the residential environment and the expansion of the operation of a hot shelter could be proposed around old houses. On the other hand, areas with relatively low vulnerability were found to have low vulnerability about urban physical environments such as climate exposure and road area etc. However, in comparison, vulnerability to the vulnerable population is highly derived, making it difficult to respond appropriately in the event of a thermal illness. As a result, measures such as expansion of medical institutions and preparation of a system of care activities for vulnerable groups by region could be proposed. The results of this study can be used as basic data for improvement of disaster vulnerability assessment and urban planning considering disaster prevention.

Keywords: Climate Change, Heat Wave, Disaster Vulnerability Assessment, Medical Vulnerability, Vulnerability of Medical Resources, Vulnerability of Emergency Medical Access

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

산업혁명 이후, 온실가스의 인위적 배출량 증가와 지

구온난화의 가속화로 기후변화의 부정적 영향이 문제로 제시되고 있다. 또한 이로 인한 폭염 및 한파 등 이상기온 현상과 기후변화 재해 발생의 강도와 빈도가 증가하고 있다(박경훈, 송봉근, 박재은 2016). 심화하는 기후변화 재해 문제와 함께 도시의 고도화, 밀집

* 이 논문은 행정안전부 자연재난 정책연계형 기술개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2020-MOIS35-001).

** 국토연구원 연구원(제1저자) | Researcher, Korea Research Institute for Human Settlements | Primary Author | chr1142@krihs.re.kr

*** 국토연구원 연구위원(교신저자) | Research Fellow, Korea Research Institute for Human Settlements | Corresponding Author | wshan@krihs.re.kr

화, 빈부격차의 심화 및 인구의 고령화와 같은 도시의 물리·사회적 환경의 변화는 기후변화 재해의 대형화와 복합화를 초래하였다.

국내에서도 최근 기후변화 재해 중 폭염에 의한 피해가 증가하고 있다. 폭염의 경우 상대적으로 홍수나 강풍에 비해 재산 피해보다 인명 피해를 더 많이 초래하게 되며, 인명 피해는 주로 건강영향 및 피해를 포함하게 된다(김태호, 백종인, 강상욱, 반영운 2017).

폭염으로 인한 건강영향 및 피해로는 온열질환이 있으며, 열사병 및 일사병, 열실신, 열경련, 탈수성 열탈진 등이 포함된다(박종철, 채여라 2020). 이 중 가장 대표적인 열사병은 중심체온을 물리적으로 낮추어야 하고, 응급처치가 이루어지지 않으면 장기 손상 및 기능 장애와 같은 합병증을 유발하고 치사율이 높아 신속한 의료적 대처가 매우 중요하다. 또한 같은 강도의 폭염이 발생하더라도 지역 내에서 개인의 사회·경제적 환경에 따라 각기 다른 건강영향을 받게 되며 이로 인해 폭염 취약계층이 존재하게 된다. 폭염 취약계층은 다시 도시의 물리·사회적 환경에 의하여 공간적으로 다양한 분포를 보이게 되며, 특정 공간에 밀집한 모습을 보인다며 그 원인을 파악하고, 위험노출과의 거리를 파악하는 등 다양한 접근 방식이 필요하다(오 후, 배민기, 김보은 2020, 40). 이러한 접근 방식을 통해 지역 내 공간에 따라 상대적 취약성을 분석하여 취약지역을 도출하고 취약특성에 따른 맞춤형 방재 대책이 필요하다.

이에 국내에서는 증가하는 폭염 피해에 대해 대응하고자 행정안전부는 2018년 9월에 「재난 및 안전관리 기본법」을 개정하여 폭염을 자연재난으로 규정하고, '폭염 인명피해 판단 지침'을 마련하여 폭염에 의한 인명피해 저감을 지원하고 있다. 국토교통부는 폭염의 취약성을 분석하여 맞춤형 방재대책을 수립하고

자 2011년 도시계획수립지침을 개정하여 재해취약성 분석을 도입하였으며, 여러 개정을 통해 도시·군 기본계획을 수립 및 변경하거나 도시·군관리계획을 입안하는 경우 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제20조 및 제27조에 따라 재해 취약성 분석을 의무화하여 수행하고 있다.

국내에서는 자체적인 대응변수를 사용하여 폭염의 기후적 요소 및 폭염의 건강 피해와 도시의 사회·물리적 환경과의 영향관계를 분석하거나(고동원, 박승훈 2019; 김용진, 강동화, 안건혁 2011; 조성모, 윤용한, 류을렬, 박봉주 외 2009; 우경숙, 김대은, 채수미 2019; 김도우, 정재학, 이종철, 이지선 2014; 김태호, 백종인, 반영운 2016; 김태호, 백종인, 강상욱, 반영운 2017) 재해 취약성 분석과 같은 지침을 기준으로 폭염 재해 취약성을 평가 또는 분석하는 연구가 다양하게 진행되고 있다(구유성, 김자은, 김지숙, 이성호 2015; 김기욱, 박봉철, 허종배, 강지운 외 2020; 이원정, 강재은, 김유근 2013; 신호성, 이수형 2014; 김지숙, 김호용 2020; 홍재주, 임호중, 함영한, 이병재 2015; 김지숙, 김호용, 이성호 2014). 하지만 기존 폭염 재해 취약성 분석과 관련된 연구의 경우, 영향관계 분석이 주를 이루어 지역 내 상대적 취약성을 파악할 수 없거나, 분석 단위가 시/군으로 도시 내의 취약특성을 파악하기에 넓고 지역맞춤형 방재 대책에 기초자료로 제시하기에는 한계가 있다.

또한 국토교통부에서 도입한 기후변화 재해 취약성 분석에서 현재 도시 민감도를 나타내는 지표 중 도시 기반시설의 경우 주로 도로와 같은 교통 기반시설과 공급설비 시설 등에 초점이 맞추어져 있다. 폭염 재해 분야도 도시 기반시설 지표로 도로 면적 한 가지만 존재하는 실정이다. 하지만 도로 면적 한 가지 지표로 폭염 재해에 대한 도시 기반시설의 취약성을 대표하는 데 한계가 있으며, 이를 보완할 수 있는 기반

시설 중 폭염 인명 피해의 특성을 고려하여 의료 취약성을 반영한 연구는 아직 부족한 실정이다. 따라서, 본 논문은 국내 연구 동향과 한계점을 종합하여 도시 기반시설 중 건강영향에 직접적인 영향을 미치는 보건 의료시설을 중심으로 의료 취약성을 폭염 재해 취약성에 함께 고려하고자 한다.

본 논문의 목적은 의료 취약성을 고려한 폭염 재해 취약성을 분석하고 취약지역의 특성을 분석하는 것이다. 이를 통하여 지역맞춤형 방재대책을 위한 정책의 기반자료로 제시하고자 한다.

2. 연구의 범위

본 논문은 GIS(Geographic Information System)의 커널 밀도 분석과 네트워크 분석을 통해 의료 취약성을 공간적으로 분석하고, 이를 고려한 폭염 재해 취약성을 분석하고자 한다. 재해 취약성 분석을 통해 폭염 재해 취약지역을 도출하고 취약지역의 특성을 분석하고자 한다.

김해시를 공간적 범위로 설정하였으며, 분석의 단위는 현행 재해 취약성 분석 단위인 집계구를 공간 단위로 설정하였다. 김해시는 동북부의 산지와 남부 및 북서부의 평야 지대, 낙동강 등의 다양한 지형이 분포해 있으며, 구도심의 쇠퇴, 고령화 등 폭염에 취약한 인구가 증가하고 있다. 또한 2018년 기준 전국 인구 만 명당 온열질환 발생률을 살펴본 결과, 김해시(28.1명/만 명)는 전국 도시지역 중 두 번째로 발생률이 높은 것으로 나타났다. 따라서 김해시를 대상으로 폭염 재해 취약성 분석에 다양한 물리적 요인과 사회적 취약요인의 영향력을 검토할 수 있으며, 높은 폭염 인명 피해 발생률로 인하여 의료 취약성을 함께 검토하고자 한다.

분석 자료는 가장 최신화된 공간 자료를 중심으로

2019년 6월로 설정하였으나 일부 데이터는 구축의 한계로 데이터 기준 가장 최신화된 시간적 범위를 설정하였다. 본 논문에서 의료 취약성의 경우 내용적 범위인 폭염 취약성에 맞게 치과, 한의원 등의 병원은 제외하였으며, 서비스 권역 분석의 경우 응급 의료 서비스를 제공할 수 있는 병원만 연구 범위에 포함하였다.

II. 선행연구 고찰

1. 선행연구 고찰

폭염과 같은 기후변화 재해의 위험성에 대처하고자 국내에서는 다양한 지침이 수립 및 시행되고 있으며 다양한 연구가 진행되고 있다. 현행 지침으로 먼저, 국토교통부에서 도입한 도시 기후변화 재해취약성분석이 있다. 국토교통부는 2011년 도시계획수립지침을 개정하여 재해취약성분석을 도입하였으며, 2015년에는 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」을 일부 개정하여 도시·군기본계획을 수립 및 변경하거나 도시·군관리계획을 입안하는 경우 ‘도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침’에 기초하여 기후변화 재해 취약성 분석을 의무화하여 수행하고 있다.

기후변화 재해 취약성 분석에서 취약성은 현재와 미래의 기후노출과 민감도로부터 각각의 취약성을 분석하고, 분석 결과로부터 매트릭스를 통해 종합 재해 취약성 분석을 등급으로 도출하도록 하고 있다(한우석, 이병재, 조만석, 정연희 외 2019). 여기서 기후노출은 기후변화 재해를 유발하는 기온, 강수량 등과 같은 기후 요소 영향을 나타내며, 도시민감도는 기후변화 재해에 따른 도시의 물리적 취약특성과 도시구성 요소의 부정적 영향을 의미한다(심우배, 이병재, 이찬

희, 김재호 2013, 3). 재해 취약성 분석에서 분석 대상 재해는 폭염, 폭우, 폭설, 가뭄, 강풍, 해수면 상승의 6가지가 있다.

다음으로, 환경부에서 도입한 기후변화 취약성 평가가 있다. 2010년에 발효된「저탄소 녹색성장 기본법」에 의거하여 상위계획인 녹색성장 5개년 계획부터 광역·기초지자체를 대상으로 한 기후변화 적응대책 세부시행계획까지 법적으로 의무화하여 수립 및 이행되고 있으며, 지자체마다 적응대책 수립 과정에서 기후변화 취약성을 평가하고 있다. 환경부의 기후변화 취약성 평가에서 취약성은 IPCC의 취약성 평가에 따라 기후노출, 민감도, 적응능력의 세 가지 기준의 함수로 나타내게 되며, 건강, 재난/재해, 농업, 산림, 물관리, 생태계 부문으로 평가가 이루어진다(Choi and Ban 2020, 1). 기후노출은 시스템에 영향을 미치는 기후자극을 의미하며, 민감도는 기후변화에 얼마나 부정적·긍정적 영향을 받는지를 나타내며, 적응능력은 시스템이 기후변화에 대해 잠재적인 피해를 완화시키고, 결과에 대처하는 적응역량을 나타낸다(오관영, 이명진, 한도는 2016).

환경부에서 도입한 기후변화 취약성 평가의 경우, 적응능력 부분을 통해 지역 내 총생산, GRDP, 인구당 소방서 인력, 인구당 응급의료기관 수 등과 같이 잠재적 정책 지표 및 취약성 저감 지표를 취약성 평가에 포함하였다. 하지만 사회적 지표의 공간 범위의 한계로 시·군·구 기반의 공간 단위로 평가가 이루어지게 된다. 이와 비교하여 도시 기후변화 재해 취약성 분석의 경우, 적응 부분은 부재하지만, 집계구 단위의 세부적인 공간 분석이 가능하며, 이를 기반으로 도시·군 기본계획을 수립하고 변경하거나 도시·군관리계획

을 입안하는 경우 의무적으로 수행하고 결과를 반영하게 되어 있다.

이러한 법적 지침들과 함께 다양한 폭염 취약성 연구가 진행되고 있다. 크게 자체적인 대응변수의 기준을 설정하여 분석한 연구들과 법적으로 수립된 지침의 기준에 기반하여 분석한 연구들이 있다. 자체적인 대응변수의 기준을 설정한 연구들은 대체적으로 폭염을 나타내는 기후 요소와 도시의 물리적·사회적 요소 간의 영향 분석을 통해 취약성을 분석하였으며(고동원, 박승훈 2019; 김용진, 강동화, 안건혁 2011; 조성모, 윤용한, 류을렬, 박봉주 외 2009), 폭염에 의한 건강 피해와 도시의 기후·사회·물리적 요소들과의 영향 분석을 통해 취약성을 분석하였다(우경숙, 김대은, 채수미 2019; 김도우, 정재학, 이종설, 이지선 2014; 김태호, 백종인, 반영운 2016; 김태호, 백종인, 강상욱, 반영운 2017).

법적 지침 기준을 활용한 폭염 취약성 연구로 IPCC의 기후변화 취약성 평가를 기반으로 한 연구와 도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침을 기반으로 한 연구들이 있다. 지침을 기반으로 분석을 수행한 연구들은 크게 대상지를 설정하여 폭염 취약성을 실증분석한 연구들(구유성, 김자은, 김지숙, 이성호 2015; 김기욱, 박봉철, 허종배, 강지윤 외 2020)과 지침 내 지표에 보완 지표를 추가하여 분석을 수행한 연구들(이원정, 강재은, 김유근 2013; 신호성, 이수형 2014; 김지숙, 김호용 2020)과 마지막으로 지표 개선 이외에 공간단위 수정가능성의 문제(MAUP: Modifiable Areal Unit Problem)¹⁾를 검토하고자 격자 단위 분석 등 지침의 보완 및 개선방안을 중심으로 수행한 연구(홍재주, 임호중, 함영한, 이병재 2015; 김지숙, 김호

1) 공간 단위 수정 가능성의 문제(MAUP): 연구자에 의해 공간 단위의 선택이 작위적일 수 있으며, 그로 인한 결과가 선택된 공간단위에 따라 달라질 수 있음을 의미(김강영 2011).

용, 이성호 2014)들이 있다.

폭염의 경우 지역의 사회·인구·환경적 요인들로 인하여 지역마다 또는 지역 내에서 각기 다른 영향을 미치게 된다. 이것은 다시 같은 지역에 폭염이 발생하더라도 특정 인구집단 및 계층이 개인의 건강, 나이, 생활환경 등에 의해 상대적으로 더 취약하게 되는 원인이 된다. 따라서 폭염 취약계층에 대한 건강영향 평가를 수행하고 이에 대한 대책을 지원할 필요가 있다(우경숙, 김대은, 채수미 2019, 12).

폭염의 이러한 재해적 특성을 고려하고자 몇몇 연구는 건강영향과 관련이 깊은 보건적 요소를 함께 고려하여 폭염 취약성 평가를 수행(이원정, 강재은, 김유근 2013)하였다. 하지만 시·군단위로 분석이 이루어져 세부적인 공간 분석이 이루어지지 않았다는 한계점이 존재하며 도시 기반적인 요소 중 건강과 관련된 의료 취약성을 고려하여 폭염 재해 취약성 분석을 수행한 연구는 아직 부족한 실정이다.

2. 본 논문의 차별성

본 논문에서는 김해시를 대상으로 의료 취약성을 분석하고 이를 고려한 폭염 재해 취약성 분석 및 취약지역 특성을 분석하고자 한다.

기존에 폭염에 대한 도시의 물리적 사회적 요소의 영향관계 분석을 수행하거나 지침을 기준으로 폭염 취약성 평가 또는 분석을 수행한 연구들은 있었지만, 지표 사이의 영향관계만 분석하여 지역 간 상대적 취약성을 파악할 수 없거나 지침상의 실증 분석 또는 제도적인 개선 방안 도출에 그치는 한계점이 존재한다. 또한 폭염의 재해 특성상 건강영향에 의한 인명피해를 많이 초래하게 되는데, 도시 기반시설 중 관련이 깊은 의료시설의 취약성을 함께 고려하여 재해 취약성 분석을 수행한 연구는 아직

부족한 상황이다.

본 논문은 김해시를 대상으로 의료 취약성을 고려하여 폭염 재해 취약성 분석을 공간적으로 수행하고자 의료 취약성을 공간적으로 분석하고 이를 고려한 폭염 재해 취약성을 분석하였다. 또한 최종 폭염 취약지역을 도출하여 지역별 특성을 분석하였다. 이에 결과적으로 도시 기후변화 재해 취약성 분석 개선방안에 기초자료로 제시할 수 있으며, 이를 통해 도시·군기본계획 수립 및 관리계획 입안 시 더 나은 방재 대책을 반영할 수 있다. 또한 폭염 방재대책에서 의료적 측면의 중요성을 시사하고자 한다.

III. 연구방법

1. 폭염 재해 취약성 분석

김해시 내에서의 지역별 상대적인 폭염 재해 취약성을 분석하고자 분석 단위가 세분화된 국토교통부에서 도입한 「도시 기후변화 재해취약성분석 및 활용에 관한 지침」에 따라 집계구 단위로 분석을 수행하였다.

지침에서는 현재와 미래를 모두 고려하여 종합 재해 취약성을 분석하였지만, 본 논문에서는 현재 의료 취약성 분석 결과와의 비교를 위해 현재 재해 취약성 분석 결과만 활용하였다. 현재 재해 취약성 분석은 표준화된 지표값들을 통해 현재 기후노출 등급, 현재 도시민감도 등급을 산정하고 현재 폭염 재해 취약성 분석 등급을 도출하였다. 현재 취약성은 현재 기후노출 등급(I~IV)과 현재 도시민감도 등급(I~IV)에 대한 매트릭스 매칭을 통해 현재 재해 취약성 등급(가장 취약한 I등급부터 가장 덜 취약한 IV등급으로 구분)을 도출한다.

현재 기후노출 데이터는 기상청에서 제공하는

2019년 기준 최근 30년 자료를 기준으로 연평균 일 최고기온 33℃ 이상 일수, 연평균 일 최저기온 25℃ 이상 일수를 구축하였다. 구축 시 김해시를 경계로부터 20km 내 26개 기상관측소 자료를 활용하였으며, 기상관측소의 값을 통해공간보간법(IDW)을 통해 집계구 값으로 구축하였다. 현재 도시민감도 데이터는 건축데이터 민간개방시스템, KLIS 및 해당지자체에서 제공하는 2019년도 6월을 기준으로 주거불량지역 면적, 5세 미만 65세 이상 인구수, 독거노인 수, 저소득층 인구수, 집계구 내 도로 면적, 단독주택 내 지붕(콘크리트, 슬라브, 슬레이트) 면적을 구축하였다.

2. 의료 취약성 분석

일부 연구에서 의료자원의 분포 개념으로 의료기관 수 대비 행정면적으로 취약성을 분석하거나 병원 시설의 유형별로 상대적 가중치를 두어 취약성을 분석하였다(이명호, 유선철, 안종욱, 신동빈 2016). 현재 국내에서 의료 취약지역에 대한 통일된 개념 및 정의는 부재하나 선행연구를 종합해보면, 의료인력, 시설 장비 등의 의료 자원이 열악한 지역이나 지리적으로 고립되어 의료접근성이 떨어지는 지역을 일컫는 개념으로 설명하고 있다(임선미 2020). 따라서 본 논문에서는 선행연구의 의료 취약성 개념 중 공간 분석이 가능한 개념을 중심으로 의료 취약성을 분석하였다. 먼저, 의료인력 및 시설 자원의 취약성을 파악하고자, 의료 자원 취약성을 분석하였으며, 의료 취약인구와 응급 의료 접근성을 고려하여 응급 의료 접근 취약성을 분석하였다. 최종적으로 의료 자원 취약성 분석 결과와 응급 의료 접근 취약성 분석 결과를 등급화하고 이를 통해 최종 의료 취약성 분석 결과를 도출하였다.

1) 의료 자원 취약성 분석

김해시 의료 자원 취약성을 분석하고자 김해시의 병원을 중심으로 병상 수 및 의료인 수에 대한 밀도 분석을 수행하였다. 이때, Arcgis의 커널 밀도 분석을 활용하였다. 커널밀도 분석은 연구지역 내에서 점으로 표시된 시설 및 지점의 공간적 분포 특성을 파악하는데 활용되는 방법 중 하나이다(최진호, 주승민 2013). 커널함수는 분석 반경을 설정하여 반경 안에 포함하는 점의 수를 밀도로 추정하여 커널함수 K 로 표현하며, 이에 대한 계산과정은 다음 <식 1>과 같다.

$$K = \frac{1}{nh^d} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x - x_i}{h} \right) \quad \text{<식 1>}$$

여기서, K : kernel density 함수
 n : number of point
 h : bandwidth
 d : data dimensionality
 x : 미지점
 x_i : i 번째 기지점

본 논문에서는 오병록(2015)의 도보에 의한 소생활권 기준을 따라 분석 반경을 1km로 설정하였다. 또한 병원별 의료인 수와 병상 수를 함께 속성으로 넣어주어 병원의 밀도와 함께 의료인 수와 병상 수의 밀도를 분석하였다.

의료 자원 취약성 분석 데이터는 국토지리정보원 및 해당 지자체에서 제공하는 2020년도 3월을 기준으로 김해시 집계구 경계 데이터, 김해시 병원 위치 및 정보 데이터가 사용되었다. 김해시 병원 위치 및 정보 데이터의 경우, 폭염 건강 피해인 온열질환의 특성에 맞추어 치과, 한의원 등 특수 진료만을 다루는 병원은 연구의 범위에서 제외하였다. 김해시 병원 위치 데이터는 xy지점 정보를 통해 경위도 좌표계로 GIS상에서

포인트 자료로 투영하였다.

2) 응급 의료 접근 취약성 분석

김해시 응급 의료 접근 취약성을 분석하고자 김해시의 응급 의료 서비스가 가능한 병원을 중심으로 구급차 도달 권역을 분석하였다. 이때, Arcgis의 네트워크 분석 중 서비스 권역(Service Area)을 활용하였다. 네트워크 분석은 유클리드 거리 기반의 접근성 분석을 보완하고자 도로나 철도 등 네트워크의 연결성과 함께 경로를 분석하여 접근성을 분석하거나 이용권역을 분석할 때 많이 활용되고 있다. 네트워크 분석의 경우 네트워크 데이터 셋을 기반으로 분석이 진행되는데, 네트워크 데이터 셋은 다시 노드(Node)와 링크(Link)로 구성된다. 노드의 경우 도로간의 교차점이나 끝점을 의미하며, 링크의 경우 한 구간의 도로이다(주승민, 최진호 2012). 네트워크 분석 시 각 링크에 거리와 속력같은 비용이 부가되어야 링크별 소요 시간을 부가할 수 있다. 부여된 거리와 소요시간 속성을 통해 최단거리와 최단시간 거리를 산정하고, 이를 통해 기점을 중심으로 소요 시간 동안의 도달 가능한 서비스 권역을 도출하게 된다.

본 논문의 경우, 응급 서비스 권역에 대한 산정이므로, 주승민, 최진호(2012)의 응급 상황 발생 시 뇌손상이 시작하지만 응급처치로 회복가능성이 높은 5분을 기준으로 권역을 산정하였다. 권역을 산정한 이후, 폭염 취약계층인 5세 미만 65세 이상 취약인구 데이터를 권역과 중첩 분석하여 집계구별 권역 외 취약인구 수를 도출하였다.

응급 의료 접근 취약성 분석 데이터는 KTDB, 국토지리정보원 및 해당 지자체에서 제공하는 김해시 집계구 경계 데이터, 김해시 도로 데이터, 김해시 병원

위치 및 정보 데이터, 100m×100m 격자 기반의 5세 미만 65세 이상 인구 데이터가 사용되었다. 인구 데이터의 경우 2019년도 10월 데이터를 기반으로 하고 있으나, 도로 데이터의 경우, 가장 최신화된 데이터가 2018년도 기준 데이터로 이를 사용하였다. 김해시 응급 서비스가 가능한 종합병원의 위치 데이터는 의료 빅데이터에서 제공하는 응급실 제공 여부와 김해시에서 제공하는 김해시 병원 정보 데이터를 사용하였다. xy지점 정보를 통해 경위도 좌표계로 GIS상에서 포인트 자료로 투영하였다.

3) 최종 의료 취약성 분석

최종 의료 취약성은 도출된 의료 자원 취약성과 응급 의료 접근 취약성 지표값을 각각 표준화하고 이를 등급화하여 최종 의료 취약성을 분석하고자 한다. 의료 취약성의 표준화 및 등급화는 재해 취약성 분석 결과와 비교를 위해 지침에 명시된 표준화 및 등급화 과정을 통해 4개 등급(가장 취약한 I등급부터 가장 덜 취약한 IV등급으로 구분)으로 도출하였다.

3. 의료 취약성을 고려한 폭염 재해 취약성 분석 방법

최종 의료 취약성 분석 결과와 폭염 재해 취약성 분석 결과를 중첩 분석하여 의료 취약성을 고려한 폭염 재해 취약성을 분석하였다. 먼저, 현재 의료 취약성과 재해 취약성이 모두 심각하여 폭염에 가장 취약한 지역을 보기 위해 의료 취약성과 폭염 재해 취약성 모두 I등급인 지역을 도출하였다.

다음으로 의료 취약성이 고려되지 않아 재해 취약성이 낮게 나와 의료 취약성에 대한 고려가 필요한 지역을 보기 위해 의료 취약성은 I등급이지만, 재해 취약성 분석은 IV등급인 지역을 도출하였다. 마지막

으로 도출된 각각의 지역의 특성을 분석하였다. 본 연구의 분석 흐름은 아래의 <Figure 1>과 같다.

IV. 연구결과

1. 폭염 재해 취약성 분석 결과

김해시 폭염에 대한 재해 취약성을 분석하였다. 현재와 미래 재해 취약성 분석 중 현재 김해시 의료 취약성과 비교하기 위해 현재 재해 취약성 분석만 범위에 포함하였다.

폭염 재해에 상대적으로 가장 취약한 I 등급지역

은 0.76km²로 전체 면적 대비 약 0.16%이며, 동상동, 회현동, 부원동, 북부동 일대로, 김해시 시가지에 집중적으로 분포하였다. 취약한 II 등급 지역은 46.91km²로 전체 면적 대비 약 10.16%로 나타났으며, 진영읍, 생림면, 대동면, 동상동, 회현동 등 김해시 동쪽에 넓게 분포하는 것으로 나타났다. 김해시 전체 면적 중 약 10.32%의 면적이 I 등급 또는 II 등급으로 도출되어 폭염 재해의 취약성이 일부 지역에 집중된 것으로 나타났다. 김해시 폭염 재해 취약성 분석 결과는 <Figure 2>와 <Table 1>과 같다.

기후노출에 해당하는 지표들을 살펴본 결과 연평균

Figure 1_Analysis Flow

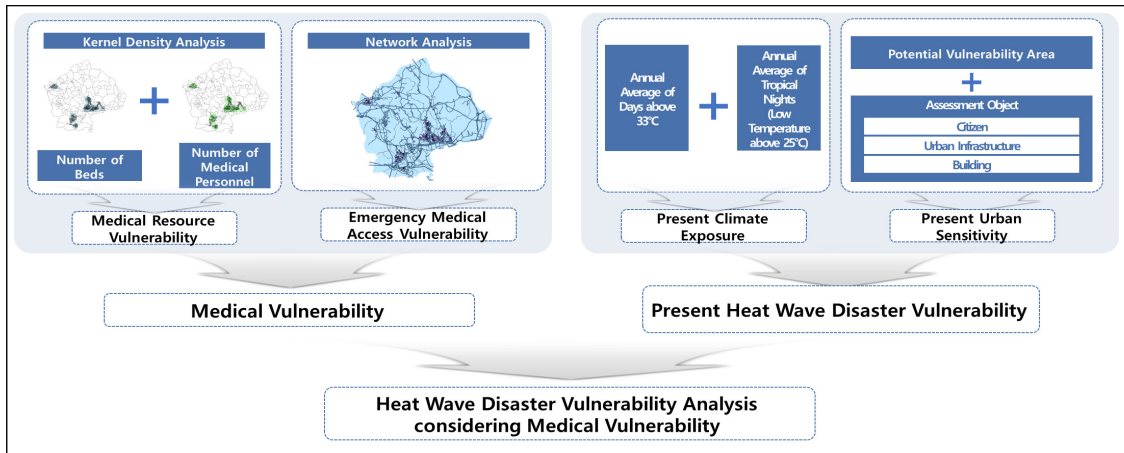


Figure 2_Grade of Present Heat Wave Disaster Vulnerability

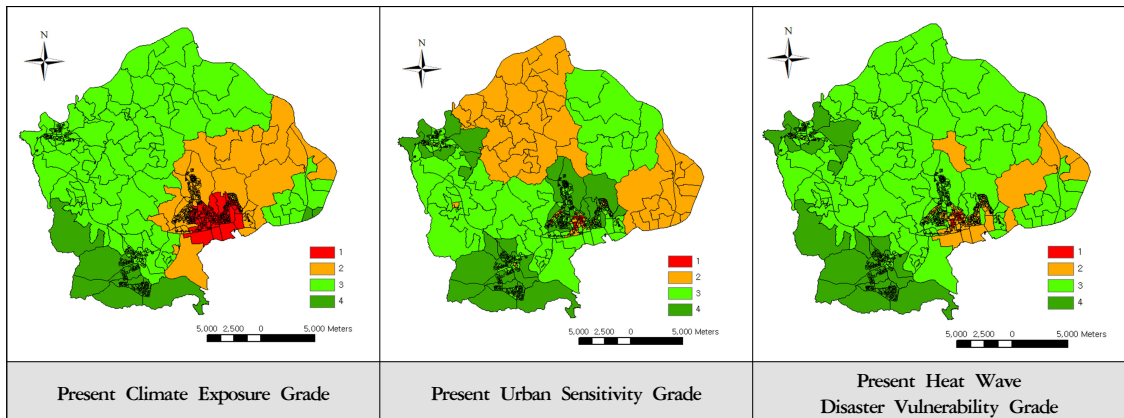


Table 1 _ Result of Present Heat Wave Disaster Vulnerability

Grade	Location	Area
I	Dongsang-dong, Hoehyeon-dong, Buwon-dong, Bukbu-dong	0.76 km ²
II	Jinyeong-eup, Saengnim-myeon, Daedong- myeon, Dongsang-dong Hoehyeon-dong, Buwon-dong, Naeae-dong, Bukbu-dong, Chilsan Seobu-dong, Halcheon-dong, Saman-dong, Bulam-dong	46.90 km ²

일 최고기온 33℃ 이상 일수에 비해 연평균 일 최저기온 25℃ 이상 일수가 많이 나타나는 지역으로 나타났으며, 주로 시가화가 진행된 지역을 중심으로 높게 나타났다. 도시민감도에 해당하는 지표들을 살펴본 결과, 독거노인 수와 저소득층 인구 수의 경우 취약성이 낮게 도출되었지만, 주거불량지역, 취약인구(5세 미만 65세 이상) 수

의 취약성이 높게 도출되어 이에 대한 영향으로 보인다.

2. 의료 취약성 분석 결과

1) 의료 자원 취약성 분석

김해시 의료 자원 취약성을 분석하고자, 커널 밀도분석을 활용하여 김해시 병상 및 의료인 수의 밀도를 분석하였다. 도보에 의한 소생활권 기준을 따라 분석 반경을 1km로 설정하였으며, 4개의 등급 이외에도 1km 이내에 의료 자원 밀도가 0인 지역도 함께 도출하였다. <Figure 3>은 병상 및 의료인 수에 대한 커널 밀도분석 결과와 함께 커널밀도 분석 결과를 집

Figure 3 _ Grades of Kernel Density Analysis for Number of Beds and Number of Medical Personnel

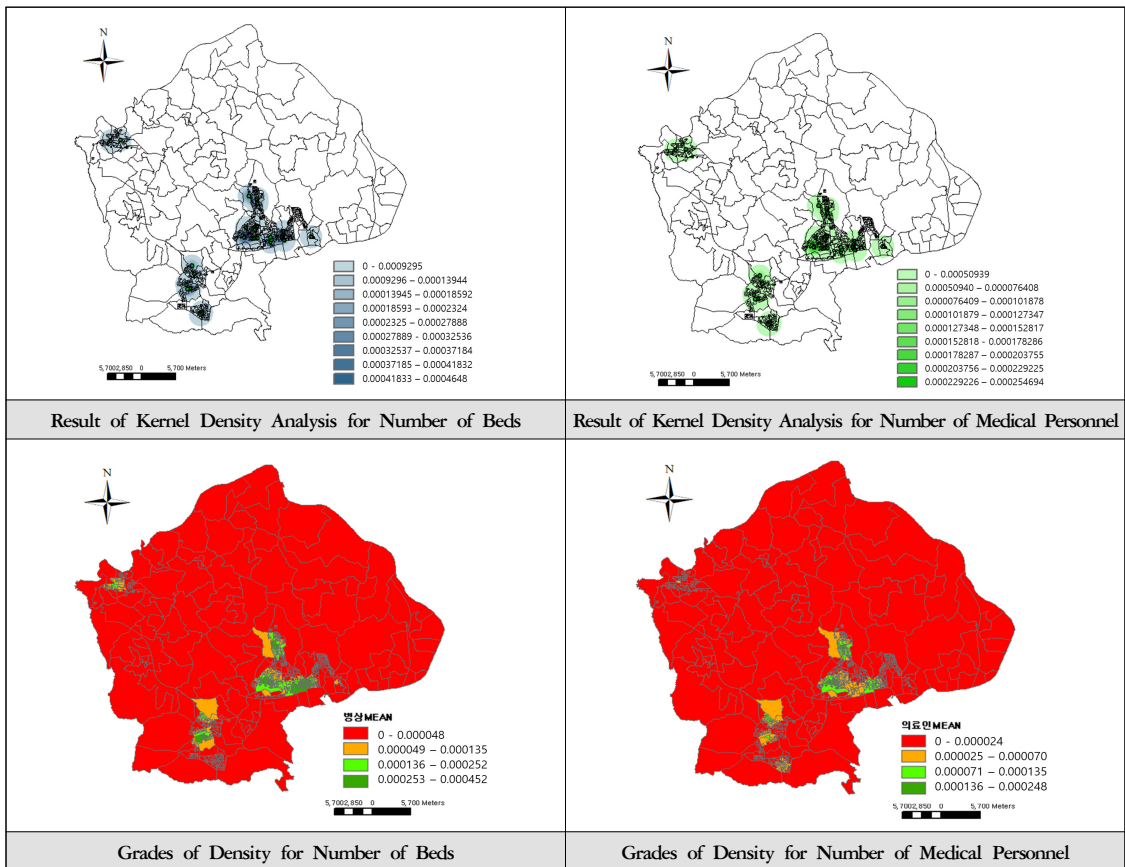


Table 2 _Results of Kernel Density Analysis for Number of Beds and Number of Medical Personnel

Grade	Bed Density		Medical Personnel Density	
	Location	Area	Location	Area
Zero Density Area	Naeae-dong, Daedong-myeon, Dongsang-dong, Bukbu-dong, Saman-dong, Sangdong-myeon, Saengnim-myeon, Jangyu 1-dong, Jangyu 2-dong, Jangyu 3-dong, Juchon-myeon, Jinrye-myeon, Jinyeong-eup, Chilsan Seobu-dong, Hallim-myeon, Halcheon-dong	382.33km ²	Naeae-dong, Daedong-myeon, Dongsang-dong, Bukbu-dong, Bulam-dong, Saman-dong, Sangdong-myeon, Saengnim-myeon, Jangyu 1-dong, Jangyu 2-dong, Jangyu 3-dong, Juchon-myeon, Jinrye-myeon, Jinyeong-eup, Chilsan Seobu-dong, Hallim-myeon, Halcheon-dong	398.51km ²
I	Naeae-dong, Daedong-myeon, Dongsang-dong, Buwon-dong, Bukbu-dong, Bulam-dong, Saman-dong, Sangdong-myeon, Saengnim-myeon, Jangyu 1-dong, Jangyu 2-dong, Jangyu 3-dong, Juchon-myeon, Jinrye-myeon, Jinyeong-eup, Chilsan Seobu-dong, Hallim-myeon, Halcheon-dong, Hoehyeon-dong	61.85km ²	Naeae-dong, Daedong-myeon, Dongsang-dong, Buwon-dong, Bukbu-dong, Bulam-dong, Saman-dong, Sangdong-myeon, Saengnim-myeon, Jangyu 1-dong, Jangyu 2-dong, Jangyu 3-dong, Juchon-myeon, Jinrye-myeon, Jinyeong-eup, Chilsan Seobu-dong, Hallim-myeon, Hwalkcheon-dong, Hoehyeon-dong	48.29km ²
II	Naeae-dong, Dongsang-dong, Bukbu-dong, Bulam-dong, Saman-dong, Saengnim-myeon, Jangyu 1-dong, Jangyu 2-dong, Jinyeong-eup, Chilsan Seobu-dong, Halcheon-dong, Hoehyeon-dong	9.87km ²	Naeae-dong, Dongsang-dong, Buwon-dong, Bukbu-dong, Jangyu 1-dong, Jangyu 2-dong, Jangyu 3-dong, Juchon-myeon, Chilsan Seobu-dong, Halcheon-dong, Hoehyeon-dong	10.59km ²

계구별 평균으로 다시 도출하였으며, 재해 취약성분석과 같이 4개 등급으로 등급화한 결과이다.

먼저 병상 밀도를 살펴본 결과, 병상 수요가 상대적으로 제한된 I 등급 지역 중 밀도가 0으로 도출된 지역은 382.33km²로 전체 면적 대비 약 82.78%이며, 내외동, 대동면, 동상동 등 김해시 전역에 넓게 분포하는 것으로 나타났다. 취약한 II 등급 지역은 61.85km²로 전체 면적 대비 약 13.39%로 나타났으며, I 등급과 마찬가지로 김해시 전역에 넓게 분포하는 것으로 나타났다.

다음으로 의료인 밀도를 살펴본 결과, 의료인 수요가 상대적으로 제한된 I 등급 지역 중 밀도가 0으로 도출된 지역은 398.51km²로 전체 면적 대비 약 86.29%이며, 마찬가지로 내외동, 대동면, 동상동 등 김해시 전역에 넓게 분포하는 것으로 나타났다. 취약한 II 등급 지역은 48.29km²로 전체 면적 대비 약 10.48%로 나타났으며, I 등급과 마찬가지로 김해시 전역에 넓게 분포하는 것으로 나타났다. 김해시 중

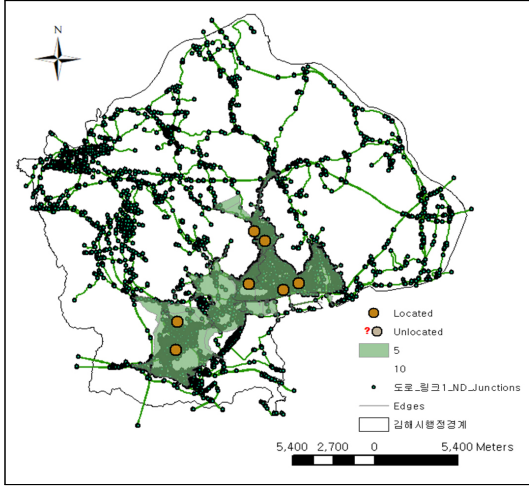
대부분의 지역이 의료 자원 취약성이 I 등급 또는 II 등급으로 도출되었으며, 이는 대부분의 김해시의 병원이 시가화 지역에 밀집된 결과로 나타났다. 김해시 병상 및 의료인 밀도를 읍면동별로 살펴본 결과는 <Table 2>와 같다.

2) 응급 의료 접근 취약성 분석

김해시 응급 의료 접근 취약성을 분석하고자 네트워크 분석 중 서비스 권역을 도출한 결과, 약 51.23km²의 면적이 서비스 권역으로 도출되었으며, 전체 면적 대비 약 11% 정도의 면적이 의료 서비스 5분 권역으로 도출되었다. <Figure 4>는 김해시 응급 의료 서비스 권역 분석 결과이다.

의료 서비스 권역을 기반으로 의료 서비스 권역 외 취약인구를 집계구별로 도출하였으며, 이를 다시 재해 취약성분석과 같이 4개 등급으로 분류하였다. 등급화 결과는 <Figure 5>와 <Table 3>과 같다.

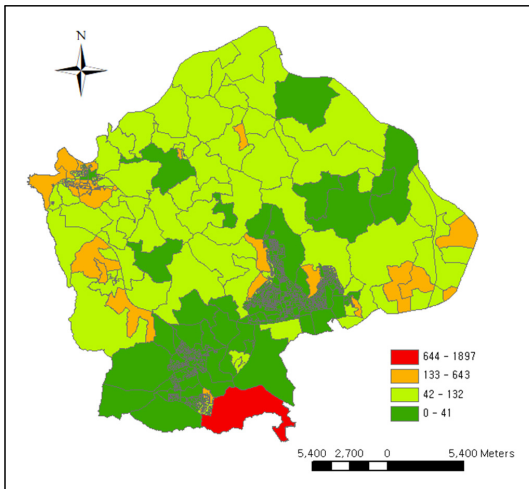
Figure 4_ Result of Emergency Medical Service Area Analysis



응급 의료 접근 취약성 등급을 읍면동별로 살펴본 결과, 장유 3동에 위치한 집계구가 가장 취약인구가 많은 I 등급으로 도출되었으며, 내외동, 대동면, 북부동, 생림면, 진영읍 등에 II 등급인 집계구가 분포하고 있는 것으로 나타났다.

I 등급에 해당하는 장유 3동의 경우, 응급 병원의 유클리드 거리가 멀지 않았으나, 5분 권역에 포함되지 않으며, 취약인구가 상대적으로 많아 I 등급으로 도출된 것으로 보인다. II 등급에 해당하는 지역들은 병원과의 거리가 멀고, III 등급과 IV 등급에 해당하는 지역에 비해 취약인구 수가 많아 I 등급으로 도출된 것으로 보인다.

Figure 5_ Grade of Emergency Medical Access Vulnerability



3) 최종 의료 취약성 분석 결과

의료 자원 취약성과 응급 의료 접근 취약성을 분석하여 최종 의료 취약성을 도출하였으며, 이에 대한 등급화 결과는 다음 <Figure 6>와 <Table 4>와 같다.

의료 취약성이 가장 취약한 I 등급지역은 429.75

Table 3_ Result of Out-of-region Vulnerable Population

Grade	Location	Area (km ²)	Vulnerable population
I	Jangyu 3 dong	11.19	644~1897
II	Naeae-dong, Daedong-myeon, Bukbu-dong, Bulam-dong, Samandong, Saengnim-myeon, Jangyu 3-dong, Jinrye-myeon, Jinyeong-eup, Hallim-myeon, Halcheon-dong	34.89	133~643

Figure 6_ Grade of Final Medical Vulnerability

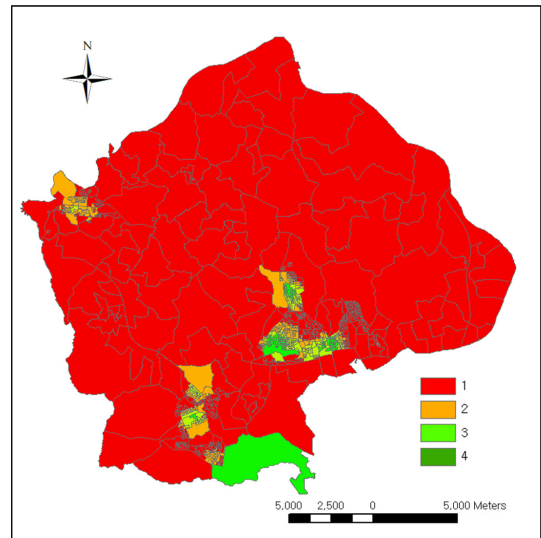


Table 4_ Result of Final Medical Vulnerability

Grade	Location	Area
I	Naeae-dong, Daedong-myeon, Dongsang-dong, Bulam-dong, Bukbu-dong, Bulam-dong, Saman-dong, Sangdong-myeon, Saengnim-myeon, Jangyu 1-dong, Jangyu 2-dong, Jangyu 3-dong, Juchon-myeon, Jinrye-myeon, Jinyeong-eup, Chilsan Seobu-dong, Hallim-myeon, Halcheon-dong, Hoehyeon-dong	429.75 km ²
II	Naeae-dong, Dongsang-dong, Bukbu-dong, Bulam-dong, Jangyu 1-dong, Jangyu 2-dong, Jangyu 3-dong, Juchon-myeon, Jinyeong-eup, Chilsan Seobu-dong, Halcheon-dong, Hoehyeon-dong	13.00 km ²

km²로 전체 면적 대비 약 93.08%이며, 내외동, 대동면, 동상동 등 김해시 전역에 넓게 분포하는 것으로 나타났다. 취약한 II 등급 지역은 13.00km²로 전체 면적 대비 약 2.82%로 나타났으며, 내외동, 동상동, 북부동 등 III등급과 IV등급 주변 지역에 주로 분포하는 것으로 나타났다.

김해시 중 대부분의 지역이 의료 취약성이 I 등급 또는 II 등급으로 도출되었으며, 이는 대부분의 김해시의 병원이 시가지 지역에 밀집되었으며, 대부분의 병상 및 의료인이 규모가 큰 종합병원에 밀집되어 나타난 것으로 보인다.

3. 의료 취약성을 고려한 폭염 재해취약성 분석 결과

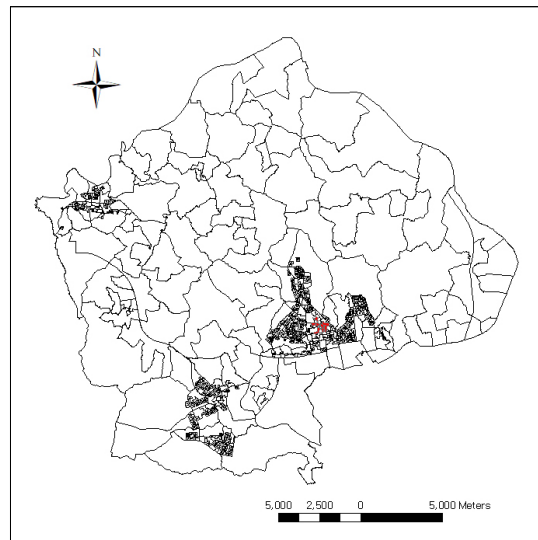
김해시 의료 취약성과 폭염 재해 취약성 분석 결과의 중첩 분석을 통해 최종 의료 취약성을 고려한 폭염 재해 취약성 분석을 도출하였다. 먼저, 김해시에서 폭염에 가장 취약한 지역을 확인하고자 폭염 재해 취약성 분석과 의료 취약지역 모두 I 등급으로 나타난 지역을 도출하였다(<Figure 7> 참조).

의료 취약성과 폭염 재해 취약성 분석 결과 모두 I 등급으로 도출된 지역은 동상동, 회현동, 북부동 일대로 도출되었다. 김해시 전체 면적 대비 0.08%로 작

은 비율이지만, 전체 인구 대비 0.77%로 면적 대비 인구 비율이 높은 지역으로 나타났으며, 전체 대비 취약인구 비율은 1.3%로 타 지역에 비해 취약인구 비율도 높은 것으로 나타났다. 이는 폭염이 발생할 경우, 폭염 재해에 취약성이 높으며, 의료 서비스에도 취약한 것으로 나타나 그 취약성이 더 가중될 것으로 예상된다. 특히 이 지역의 경우 기후노출에 대한 취약성이 높고, 주거불량지역이 많고 취약인구가 많이 거주하는 것으로 나타났다. 특히 주거 불량지역에 대한 취약성이 가장 두드러졌다. 이러한 지역의 특성을 고려한 폭염 대응 방안으로 노후 주택의 경우 단열 채색 지붕 및 옥상녹화 사업 등이 있으며, 이러한 사업을 통해 별도의 에너지 사용 없이 자연적으로 도심 고온을 완화할 수 있다(배민기 2013). 또한 노후 주거 밀집 지역을 중심으로 무더위 쉼터 지정 및 운영을 확대하여 냉방시설 24시간 가동하거나, 저소득층을 중심으로 혹서기 냉방비 지원 방안들을 도입할 수 있다.

다음으로, 의료 취약성이 고려되지 못해 폭염 재해 취약성 분석에서 상대적으로 취약성이 낮게 나오는

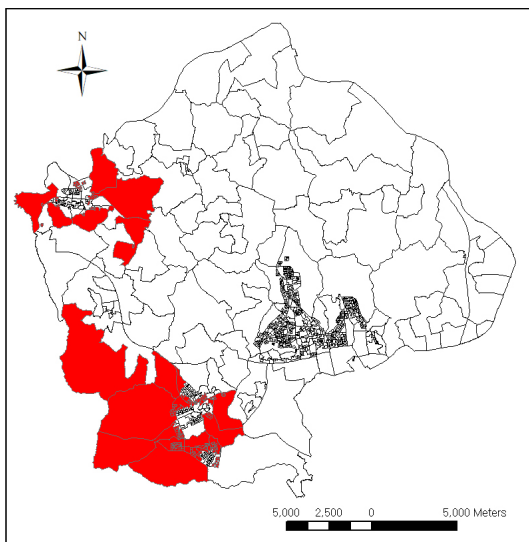
Figure 7_ Area indicated as Grade 1 for Disaster and Medical Vulnerability



지역을 확인하고자, 폭염 재해 취약성 분석은 IV등급, 의료 취약지역은 I등급으로 나타난 지역을 도출하였다(<Figure 8> 참조).

의료 취약성은 I등급으로, 폭염 재해 취약성 분석 결과는 IV등급으로 도출된 지역으로 장유1동, 장유2동, 장유3동, 진영읍, 진례면으로 도출되었다. 김해시 전체 면적 대비 14.89%로 넓게 나타났으며, 전체 인구 대비 19.51%로 김해시 인구 중 약 5분의 1이 이 지역에 거주하는 것으로 나타났다. 또한 취약인구의 경우 전체 인구 대비 17.43%로 취약인구 거주 비율도 높은 것으로 나타났다. 이는 폭염이 발생할 경우, 폭염 재해에 취약성은 낮게 도출되었지만, 의료 취약성이 높아 인명 피해 발생 시 적절한 대처가 어려울 수도 있어 취약성이 높아지게 될 것으로 예상된다. 특히, 이 지역의 경우 연평균 33℃ 이상 일수와 열대야 일수가 높지 않으며, 상대적으로 도로 면적과 주거불량지역이 낮아 재해 취약성 분석이 IV등급으로 도출된 것으로 나타났다.

Figure 8 _ Area indicated as Grade IV for Disaster Vulnerability Analysis, and Grade I for Medical Vulnerability



하지만 도시의 물리적인 환경에 비해 취약인구와 독거노인, 저소득층 인구수는 상대적으로 취약성이 높은 것으로 나타났다. 이러한 지역의 특성을 고려한 폭염 대응 방안으로 지역 내 폭염 재해 취약성 및 폭염 환자에 따른 관련 의료기관 지정 및 임시 보건소 확충을 통한 의료기관 확대, 온열환자 이송 대책 강화 등이 있다. 또한 의료기관 확대 방안과 더불어 예산의 한계로 의료기관이 부재하여 접근성이 떨어지는 지역의 경우, 취약계층을 중심으로 가정방문, 안부 전화 등 지역별로 직접적인 취약계층 돌보미 활동을 지원 하는 체계를 도입할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 김해시를 대상으로 의료 취약성과 이를 고려한 폭염 재해 취약성 분석을 통해 폭염 취약지역 특성을 도출하고자 하였다. 이를 위해 김해시를 대상으로 GIS의 공간 분석 기법을 활용하여 의료 취약성과 폭염 재해 취약성을 집계구 단위로 분석하고 이를 중첩하여 최종 폭염 재해 취약성을 분석하였다. 또한 이를 통해 폭염 재해 취약지역을 도출하고 취약지역의 특성을 함께 분석하였다.

분석 결과 김해시 내 의료 취약성과 폭염 재해 취약성 모두 I등급으로 도출된 지역은 동상동, 회현동, 북부동 일대로, 주거불량지역이 많고 취약인구 거주 비율이 높다는 특성이 있었다. 또한 의료 취약성은 I등급으로 도출되었지만, 폭염 재해 취약성은 IV등급으로 도출된 지역은 장유1동, 장유2동, 장유3동, 진영읍, 진례면으로, 의료 취약성은 높게 도출되었지만, 물리적 환경(도로 면적 등)이 상대적으로 취약하지 않아 폭염 재해 취약성이 IV등급으로 도출되었다. 하지만 취약인구의 취약성은 높아 의료 취약지역에 취약 인구가 많이 거주하는 결과가 도출되어 폭염 재해 취

약성 등급 조정이 필요한 것으로 나타났다. 따라서 김해시의 경우 의료 취약성이 높은 지역이 많고 의료 취약지역에 상대적으로 취약인구가 많이 거주하지만 물리적 환경의 취약성 완화로 취약하지 않게 도출되어 이에 대한 대책과 개선이 필요하다고 판단하였으며, 지역별로 취약특성에 따른 방재대책 마련이 필요하다고 판단하였다.

본 논문의 한계로 자료 구축의 한계와 분석 방법의 한계점이 있다. 먼저 자료 구축의 한계점으로 연구에서 사용된 KTDB 데이터는 실제 도로를 전부 반영하지 못하였다는 한계점이 존재한다. 또한 가장 최신화 데이터가 2018년도를 기준으로 구축되어 시간적 범위가 일치하지 못하다는 한계점이 존재하였다. 이로 인하여 자료가 실제 도로를 전부 반영하지 못하였으며, 추후 연구에서 실제 수치지도를 기반으로 도로를 추출하여 자료를 구축한다면 실제 도로를 좀 더 정밀하게 나타내며, 한계점을 보완할 수 있다. 다음 분석 방법의 한계점으로 현행 지침을 기반으로 한 상대적 취약성분석을 수행했다는 한계점이 존재한다. 본 논문에서 수행한 분석 방법은 가중치가 존재하지 않아 지표에서 도출된 값이 모두 동일한 가중치로 들어가게 된다. 추후 연구에서 지표별 가중치를 도출하여 취약성 분석을 수행한다면, 지표 간에 취약성에 미치는 영향을 좀 더 정밀하게 반영하여 취약성을 좀 더 정확하게 분석하여 한계점을 보완할 수 있다.

하지만 본 논문은 현행 재해 취약성 분석 수행 시 폭염 재해의 경우 의료 취약성에 대한 고려가 필요함을 시사하였으며, 이를 통하여 지표 개선을 위한 기초 연구로서 그 의의가 있다. 폭염의 경우 인명피해가 많이 발생하게 되며, 이를 고려해야 함을 의료 취약성과 재해 취약성 분석을 통해 시사하였다. 이러한 시사점을 통해 지역 특성을 고려한 재해 취약성 분석 개선방안 도출 및 재해 예방형 도시계획 도입의 기초자료로

제시하고자 한다.

참고문헌 •••••

- 고동원, 박승훈. 2019. 근린환경특성과 도시열섬현상과의 상호관계에 관한 연구. *도시설계* 20권, 3호: 55-67.
Ko Dong-won and Park Seung-hoon. 2019. How the neighborhood environment characteristics affect the urban heat island effect in Seoul, Korea. *Urban Design* 20, no.3: 55-67.
- 구유성, 김자은, 김지숙, 이성호. 2015. 폭염 취약성평가를 통한 도시의 적응능력 향상: 부산광역시를 중심으로. *한국지역개발학회지* 27권, 5호: 331-347.
Koo You-seong, Kim Ja-eun, Kim Ji-sook and Lee Sung-ho. 2015. Study on the improvement of adaptation ability by vulnerability analysis of heat wave: The case of Busan Metropolitan City. *Journal of The Korean Regional Development Association* 27, no.5: 331-347.
- 김감영. 2011. 공간 상호작용 모델에 대한 공간단위 수정가능성 문제(MAUP)의 영향. *대한지리학회지* 46권, 2호: 197-211.
Kim Kam-young. 2011. Effects of the modifiable areal unit problem(MAUP) on a spatial interaction model. *Journal of the Korean Geographical Society* 46, no.2: 197-211.
- 김기욱, 박봉철, 허종배, 강지윤, 이인재. 2020. IPCC 기후변화 취약성 평가 체계를 적용한 부산지역 폭염 취약성 평가. *국토연구* 104권: 23-38.
Kim Kee-wook, Park Bong-Chur, Heo Jong-bae, Kang Ji-Yoon and Lee In-jae. 2020. Assessment of heat wave vulnerability in Busan using the IPCC climate change vulnerability assessment framework. *The Korea Spatial Planning Review* 104: 23-38.
- 김도우, 정재학, 이종설, 이지선. 2014. 우리나라 폭염 인명피해 발생특징. *대기* 24권, 2호: 225-234.
Kim Do-woo, Chung, Jea-hak, Lee Jong-seol and Lee Ji-sun. 2014. Characteristics of heat wave mortality in Korea. *Atmosphere* 24, no.2: 225-234.
- 김용진, 강동화, 안건혁. 2011. 기후변화에 따른 도시열섬현상 특성 변화와 도시설계적 대안 모색에 관한 기초연구. *도시설계* 12권, 3호: 5-14.

- Kim Yong-jin, Kang Dong-hwa and Ahn Kun-hyuck. 2011. Characteristics of urban heat-island phenomena caused by climate changes in Seoul, and alternative urban design approaches for their improvements. *Urban Design* 12, no.3: 5-14.
7. 김지숙, 김호용. 2020. Landsat 8 영상과 취약성 분석을 활용한 폭염재해 취약지역의 특성분석. *한국지리정보학회지* 23 권, 1호: 1-14.
Kim Ji-sook and Kim Ho-yong. 2020. Analysis on the characteristics of heat wave vulnerable areas using Landsat 8 Data and vulnerability assessment analysis. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 23, no.1: 1-14.
8. 김지숙, 김호용, 이성호. 2014. 도시 기후변화 재해취약성분석 방법의 개선방안 검토: 해수면상승 재해를 중심으로. *한국지리정보학회지* 17권, 1호: 50-60.
Kim Ji-sook, Kim Ho-yong and Lee Sung-ho. 2014. A review on improvements of climate change vulnerability analysis methods: Focusing on sea level rise disasters. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 17, no.1: 50-60.
9. 김태호, 백종인, 반영운. 2016. 폭염으로 인한 건강 피해와 사회·경제적 요인 간 관계분석. *Crisisonomy* 12권, 5호: 67-78.
Kim Tae-ho, Baek Jong-in and Ban Yong-un. 2016. Analyzing the relationship between health damage caused by heat wave and socioeconomic factors. *Crisisonomy* 12, no.5: 67-78.
10. 김태호, 백종인, 강상욱, 반영운. 2017. 공간회귀모델을 이용한 건강피해와 사회·경제적 요인 간 영향관계에 대한 폭염 및 한파의 조절효과 분석. *한국환경정책학회 춘계학술대회 논문집*, 37-38.
Kim Tae-ho, Baek Jong-in, Kang Sang-wook and Ban Yong-un. 2017. Analyzing the moderation effect of heat wave and cold wave on the impact relationship between health damage and socio-economic factors using spatial regression model. *Korea Environmental Policy And Administration Society Conference*, 37-38.
11. 박경훈, 송봉근, 박재은. 2016. 토지피복유형과 지형특성이 폭염일수에 미치는 영향 분석. *한국지리정보학회지* 19권, 4호: 76-91. <http://doi.org/10.11108/kagis.2016.19.4.076>
Park Kyung-hun, Song Bong-geun and Park Jae-eun. 2016. Analysis on the effects of land cover types and topographic features on heat wave days. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 19, no.4: 76-91. <http://doi.org/10.11108/kagis.2016.19.4.076>
12. 박종철, 채여라. 2020. 2018년 폭염으로 인한 온열질환자와 초과사망자 분석. *대한지리학회지* 55권, 4호: 391-408.
Park Jong-chul and Chae Yeo-ra. 2020. Analysis of heat-related illness and excess mortality by heat waves in South Korea in 2018. *Journal of the Korean Geographical Society* 55, no.4: 391-408.
13. 배민기. 2013. 소리없는 살인자 폭염, 충청북도 폭염대책 강화가 필요하다. *충북 FOCUS* 77호, 1-29. 청주: 충북연구원.
Bae Min-kee. 2013. The silent killer heatwave, Chungcheongbuk-do needs to strengthen heatwave measures. *CHUNGBUK FOCUS* no.77, 1-29. Cheongju: Chunbuk Research Institute.
14. 신호성, 이수형. 2014. 기후변화 건강 취약성 평가지표 개발. *환경정책연구* 13권, 1호: 69-93.
Shin Ho-sung and Lee Sue-hyng. 2014. Development of a climate change vulnerability index on the health care sector. *Korea Environment Institute* 13, no.1: 69-93.
15. 심우배, 이병재, 이찬희, 김재호. 2013. 재해예방형 도시계획 수립 지원을 위한 도시의 기후변화 재해 취약성 분석방법 연구. *한국방재학회논문집* 13권, 6호: 239-247.
Sim U-bae, Lee Byoung-jae, Lee Chan-hee and Kim Jae-ho. 2013. A study on the methods to analyze climate change driven urban disaster vulnerability for disaster preventive urban planning. *Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation* 13, no.6: 239-247.
16. 오관영, 이명진, 한도은. 2016. 기초 및 광역지자체 기후변화 취약성 평가를 위한 웹기반 지원 도구(VESTAP) 개발. *한국지리정보학회지* 19권, 1호: 1-11.
Oh Kwan-young, Lee Moun-gjin and Han Do-eun. 2016. Development of web-based supporting tool (VESTAP) for climate change vulnerability assesment in lower and municipal-level local governments. *Journal of the Korean Association of Geographic Information Studies* 19, no.1: 1-11.
17. 오병록. 2015. 실제 통행에 기반한 생활권 범위 설정과 적용: 인천의 가구통행실태조사 자료를 이용하여. *인천학연구* 23 권: 219-248.
Oh Pyong-rok. 2015. Establishment the scope of neighborhood unit based on actual travel distance by using

- the data of household travel daily survey in Incheon. *The Journal of Incheon Studies* 23: 219-248.
18. 오후, 배민기, 김보은. 2020. 공간계획 수립 시 취약계층 탐색방식의 개선방안: 공간적 중첩과 집중을 중심으로. *국토연구* 104권: 39-55.
Oh Hoo, Bae Min-ki and Kim Bo-eun. 2020. A study on the improvement of exploration methods for the vulnerable groups in spatial planning: Focusing on spatial overlay and concentration. *The Korea Spatial Planning Review* 104: 39-55.
19. 우경숙, 김대은, 채수미. 2019. 고온이 사망에 미치는 영향에 대한 메타분석. *보건사회연구* 39권, 2호: 10-36.
U Gyeong-suk, Kim Dae-eun and Chae Su-mi. 2019. High temperature-related mortality in Korea: A meta-analysis of the empirical evidence. *Health and Social Welfare Review* 39, no.2: 10-36.
20. 이명호, 유선철, 안종욱, 신동빈. 2016. GIS 공간분석을 활용한 사회 취약지역의 분석에 관한 연구: 서울특별시를 중심으로. *대한공간정보학회지* 24권, 4호: 47-58.
Lee Myeong-ho, Yu Seon-cheol, Ahn Jong-wook and Shin Dong-bin. 2016. A study on analysis of the social vulnerable areas using GIS spatial analysis: Focusing on local governments in Seoul Metropolis. *Journal of the Korean Society for Geospatial Information Science* 24, no.4: 47-58.
21. 이원정, 강재은, 김유근. 2013. 환경보건적 요소가 도시 내 폭염 취약성 평가 결과에 미치는 영향 분석. *한국환경보건학회지* 39권, 6호: 492-504.
Lee Won-jung, Kan Jae-eun and Kim Yoo-keun. 2013. The impact of environmental health factors on extreme-heat vulnerability assessment in a metropolitan city. *Journal of Environmental Health Sciences* 39, no.6: 492-504.
22. 임선미. 2020. 의료 취약지역 개념 및 지원정책 분석. 서울: 의료정책연구소.
Lim Sun-mi. 2020. *Analysis of the Concept of Medically Vulnerable Areas and Support Policies*. Seoul: Research Institute for Healthcare Policy Korean Medical Association.
23. 조성모, 윤용한, 류을렬, 박봉주, 김원태. 2009. 도시 내 용도 지역의 토지피복형태가 열섬현상에 미치는 영향. *한국환경과학회지* 18권, 2호: 169-176.
Cho Sung-moh, Yoon Yong-han, Ryu Eul-ryul, Park Bong-ju and Kim Won-tae. 2009. The influence of land cover and zoning on the urban heat island in Cheongju. *Journal of the Environmental Sciences* 18, no.2: 169-176.
24. 주승민, 최진호. 2012. GIS를 활용한 청주시 응급의료서비스 취약지 분석. *지역정책연구(충북연)* 23권, 1호: 99-110.
Chu Seoung-min and Choi Jin-ho. 2012. The analysis of vulnerable area for emergency medical service in Cheongju using GIS. *Regional Policy Review (RPR)* 23, no.1: 99-110.
25. 최진호, 주승민. 2013. GIS 공간분석을 활용한 대구광역시 산부인과 입지 분포 특성 분석. *대구경북연구* 12권, 2호: 149-156.
Choi Jin-ho and Chu Seoung-min. 2013. An analysis on the characteristics of obstetrics and gynecology distribution in Daegu Metropolitan City using GIS spatial analysis. *Journal of Daegu Gyeongbuk Development Institute* 12, no.2: 149-156.
26. 한우석, 이병재, 조만석, 정영희, 김태훈, 라정일. 2019. 대형 재해에 대비한 도시복합재난 관리방안 연구: 재난관리지도 구축 및 활용을 중심으로. 세종: 국토연구원.
Han Woo-suk, Lee Byoung-jae, Jo Man-seok, Jeong Yeon-hee, Kim Tae-hoon and Na Jong-il. 2019. *A Research on Natech Disaster Management Coped with Calamity: Focusing on disaster management mapping and application*. Sejong: Korea Research Institute for Human Settlements.
27. 홍재주, 임호중, 함영한, 이병재. 2015. 격자단위 분석기법을 적용한 도시 기후변화 재해취약성분석. *한국공간정보학회지* 23권, 6호: 67-75.
Hong Jea-joo, Lim Ho-jong, Ham Young-han Ham and Lee Byoung-jae. 2015. Grid unit based analysis of climate change driven disaster vulnerability in urban area. *Journal of Korea Spatial Information Society* 23, no.6: 67-75.
28. Choi Hye-rim and Ban Yong-un. 2020. Comparative analysis of public officials' perceptions and vulnerability assessment with citizens' perceptions of climate change: Focused on Danyang-gun. *Journal of Safety and Crisis Management* 10, no.1: 45-53.

- 논문 접수일: 2021. 7. 20.
- 심사 시작일: 2021. 8. 12.
- 심사 완료일: 2021. 9. 15.

요약

주제어: 기후변화, 폭염, 재해 취약성 분석, 의료 취약성, 의료 자원 취약성, 응급 의료 접근 취약성

본 논문은 의료 취약성을 고려한 폭염 재해 취약성을 분석하고, 이를 통해 취약지역의 특성을 도출하였다. 연구의 방법으로는 첫째, 도시 기후변화 재해 취약성 분석 중 현재 취약성을 분석하였다. 둘째, 의료 취약성을 분석하기 위하여 의료 자원 취약성과 응급 의료 접근 취약성 분석을 수행하였다. 마지막으로, 중첩분석을 통해 폭염 취약지역을 도출하고, 지역별 특성을 반영하여 폭염 대응 방안을 제시하였다. 분석 결과, 의료 취약성과 폭염 재해 취약성이 모두 높은 지역은 의료 취약성과 함께 기후노출, 주거불량지역, 취약인구에 대한 취약성이 높은 것이 원인으로 나타났다. 이에 따라 노후 주택을 중심으로 주거환경정비 및 무

더위 쉼터 운영 확대 등과 같은 방안들이 제시될 수 있을 것이다. 다음으로 상대적으로 취약성이 낮게 도출된 지역은 기후노출과 도로면적과 같은 도시 물리적 환경의 취약성이 낮아 폭염 재해 취약성이 낮게 도출된 것으로 나타났다. 하지만, 이에 비해 취약인구에 대한 취약성은 높게 도출되어 온열질환자 발생 시 적절한 대응이 어려울 것으로 보인다. 이에 따라 의료기관 확대 방안 및 지역별 취약계층 돌보미 활동 체계 마련 등과 같은 방안들이 제시될 수 있을 것이다. 본 논문의 결과는 재해의 특성을 반영한 취약성 분석 개선방안 마련 및 재해 예방형 도시계획 도입을 위한 기본자료로 활용될 수 있을 것이다.

