

Original Article

<https://doi.org/10.12985/ksaa.2024.32.4.31>
ISSN 1225-9705(print) ISSN 2466-1791(online)

기후변화 대응을 위한 대구공항 공항시설 취약성 및 위험도 분석에 관한 연구

권달원*, 김기웅**, 안신영***

A Study on Analyzing the Vulnerability and Risk for Airport Facilities in Daegu Airport

Dal-One Kwon*, Ki-Woong Kim**, Shin-young Ahn***

ABSTRACT

Recently, the size and severity of disasters due to rapidly progressing global climate change are increasing, and situation prediction and response are also becoming difficult and complex. In addition, the proportion of public facilities among natural disaster damage related to climate change is increasing, and the importance of management of social infrastructure and public services is also increasing. Responses to climate change in the aviation sector are progressing in various aspects overall, but are showing somewhat different aspects. In other words, it appears that airlines are focusing on reducing aircraft engine emissions, which are the main cause of climate change, while airports are paying more attention to improving airport facilities and services as well as emissions. Considering these circumstances, this study aims to assess the vulnerability of airport facilities and analyze their risk to respond to climate change, focusing on airport facilities where airport operators play a leading role in responding to climate change in the aviation sector.

Key Words : Climate Change(기후변화), Vulnerability Assessment(취약성 평가), Risk Analysis(위험도 분석), Airport Facility(공항시설), Natural Disaster(자연재해)

1. 서 론

최근 기후변화로 인한 기상이변에 대응하기 위해 정부에서는 극한 호우와 가뭄에 대비하기 위한 14개의 기후 대응댐 건설을 환경부에서 발표(중앙뉴스, 2024)하였다. 이와 같이 급격히 진행되고 있는 글로벌 차원의 기후변화로 인한 재난의 크기 및 심각성은 더욱 커지고

있으며, 상황 예측 및 대응 또한 어렵고 복잡한 양상으로 진행되고 있다. 또한, 기후변화와 관련된 자연재해 피해 중 공공시설이 차지하는 비중이 증가하고 있어, 국민생활과 국가경제에 미치는 영향이 매우 큰 사회기반시설 및 공공서비스에 대한 관리의 중요성도 증대되고 있다. 최근 10년간(2010~2019) 자연재해 발생으로 인한 전체 피해액 중 약 68%가 공공시설에서 발생(행정안전부, 2022)한 것으로 보고되고 있다. 기후변화와 관련, 항공분야에서도 ICAO(국제민간항공기구: International Civil Aviation Organization)를 포함한 글로벌 규제기구뿐만 아니라, EU 등 선진국에서도 항공분야 기후변화의 적극적 대응을 통한 공항 인프라 피해 예방을 위해 정책적 대안을 제시하고 있다.

Received: 02. Sep. 2024, Revised: 14. Oct. 2024,

Accepted: 13. Nov. 2024

* 한국항공대학교 박사과정

** 한국항공대학교 항공경영학과

연락처자 E-mail : dalone@airport.co.kr

연락처자 주소 : 대구광역시 동구 공항로 148

항공분야에서의 기후변화 대응은 전체적으로 다양한 측면으로 진행되고 있으나, 각 기관이나 업체의 성격 및 업무 특성상 다소 다른 양상을 보이고 있다. 즉, 항공사의 경우에는 기후변화의 주원인인 항공기 엔진 배출가스 감축에 주력하는 반면, 공항에서는 배출가스는 물론 공항 시설 및 서비스 개선 측면에 더욱 관심을 기울이고 있는 것으로 분석된다. 또한, 정부에서도 공항을 포함한 공공부문의 기후변화 위기 대응을 위한 관련법률의 정비뿐만 아니라, 구체적 시행을 위한 세부지침을 마련하여 강제하고 있다.

이러한 제반 상황을 고려하여, 본 연구에서는 항공분야 기후변화 대응 중 공항운영자가 주도적으로 역할을 수행하는 공항시설을 중심으로 기후변화 대응을 위한 공항시설 취약성 평가 및 위험도를 분석해 보고자 한다. 이를 통해 공항시설 개선을 위한 인프라 투자계획 수립시 우선순위 결정에 참고 가능한 기초자료를 제공하고자 한다.

II. 취약성 평가 및 위험도 분석의 이론적 고찰

2.1 취약성 평가

기후변화 취약성 평가는 기후위기의 영향으로 받는 리스크에 초점을 두고, 기후위기로 인한 손실을 최소화하는 물론 편익 최대화를 목적으로 한다. 즉, 지역별 현재 취약정도와 미래의 변화를 파악하기 위해 기후변화 취약성 평가를 수행한다. 상대적 취약항목과 취약지역 등을 파악하고, 계획수립에 반영한다. 지역 현황 및 특성, 기후위기 현황 및 전망, 기후위기 영향 분석결과와 연계하여 활용하여야 한다. 그리고 적용된 시나리오에 객관적 자료를 적용하고 정량적으로 평가한다.

기후변화 취약성은 다음과 같은 요인으로 평가한다. 기후노출(exposure)은 인간 생활, 사회기반 시설, 생태계, 환경 서비스 및 자원 또는 경사회 경제, 문화적 자산이 기후위기로 부정적인 영향을 받는 환경에 노출되었음을 의미한다. 주요 지표로는 지리적 위치로 인한 위험지역, 주거환경, 생물 다양성 측면에 있어서 이동력 등이 있다. 민감도(sensitivity)는 기후의 자극으로 인해 시스템이 직간접적으로 영향을 받는 정도를 의미한다. 주요 지표로는 육체적/정신적 건강, 연령, 기후현상에 의해 영향을 받는 제품, 서비스, 건강, 연결성, 건강성 등이 있다. 적응능력은 한 시스템이 기후위기에

Table 1. Vulnerability assessment criteria

부문	평가항목
건강 (4)	폭염에 의한 건강 취약성
	한파에 의한 건강 취약성
	폭염에 의한 온열질환 취약성
	한파에 의한 한랭질환 취약성
국토/연안 (4)	폭설에 의한 기반시설 취약성
	폭염에 의한 기반시설 취약성
	홍수에 의한 기반시설 취약성
	태풍에 대한 기반시설 취약성

대응할 수 있도록 조절하거나, 피해를 최소화시키는 기회를 제공하거나 기후위기에 대처하기 위한 체계적 역량을 의미한다. 주요 지표로는 기후위기 자료 확보 및 접근 가능성, 위험 분산 능력, 적응에 투자할 수 있는 자원이 있다. 이러한 기후위기에 대응하여 시스템이 변화 탄력성 등이 있다.

기후변화 취약성 평가는 환경정책평가연구원(KEI)의 국가기후위기적응센터에서 배포한 기후변화 취약성 평가도구(VESTAP: Vulnerability assESsment Tool to build climate change Adaptation Plan)를 활용한다.

본 연구에서는 환경부 제공 VESTAP를 활용한 취약성 평가를 실시하였다. 공간적 단위는 대구공항이 위치하고 있는 기초자치단체의 읍/면/동 단위를 기준으로 하였고, 시간적 단위는 2021년부터 2050년까지 10년 단위로 하였다. 취약성 평가는 RCP(Representative Concentration Pathways: 대표농도경로) 4.5 및 8.5 시나리오로 구분하여 대구공항을 대상으로 실시하였다. 사업장이 위치하고 있는 행정동을 대상으로 2021년에서 2050까지 10년 단위로 3개 구간으로 "취약성 종합지수", "기후노출"민감도, "적응능력"을 각각 산출하였다.

또한, 본 연구에서는 VESTAP 제공 71개의 취약성 평가 항목 중 시설, 시설관리자, 대국민 서비스로 구분하여, 기본 기후영향요소인 폭염·한파·호우·대설·강풍을 포함한 대구공항과 연관성이 있는 8개의 평가항목을 도출하였다.

"건강부문"은 공항 특성상 야외의 넓은 부지에서 장시간 근무하는 시설관리자를 대상을 고려하여 폭염 및 한파에 의한 건강취약성, 폭염에 의한 온열·한랭질환 취약성(야외노동자)을 선정하였다. "국토 연안부문"

은 공항운영과 관련하여 기상상황에 상당한 영향을 미치며, 과거의 피해사례를 고려하였을 때 태풍 및 홍수 등의 피해사례가 대부분이므로 이와 관련하여 폭설·폭염·홍수·태풍에 의한 기반시설 취약성을 고려하였다.

2.2 위험도 분석

기후변화 위험도란 기후변화로 발생한 사건으로 인해 미래에 손실 유발 가능성을 의미한다. 기후변화 위험도 평가는 체크리스트를 활용한 평가방식과 위험지표(risk codes)를 활용한 평가방식, 그리고 공공기관 자체 위험도 평가방식이 있다.

체크리스트를 활용한 평가방식은 기후변화위험도를 발생가능성과 영향의 크기로 정의하고, 체크리스트를 활용한 영향의 크기를 산정한 후, 리스크 매트릭스를 작성하는 평가방식이다.

$$\text{기후변화위험도(RISK)} = \text{기후영향요소의 발생가능성} \times \text{영향의 크기}$$

위험지표(risk codes) 평가방식은, IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 국가기후변화리스크, VESTAP 등에서 사용하고 있는 위해도(hazard), 노출도(exposure), 민감도(sensitivity), 적응능력(adaptation capacity)의 개념으로 기후변화 위험도를 정의하여 위험지표별 평가를 실시하는 방식이다.

$$\text{기후변화위험도(RISK)} = \text{위해도} + \text{노출도} + (\text{민감도} - \text{적응능력})$$

기후변화 위험도 분석은 기후위기 영향분석 등을 통해 확인된 기후위기 피해사례와 관측 영향을 바탕으로 분야별 기후변화 위험도 목록을 작성한다. 그리고 1차적으로 도출된 위험도 목록에 대하여 발생가능성(probability)과 위험도가 미치는 파급효과와 규모(magnitude)를 고려하여 우선 관리가 필요한 기후변화 위험도를 도출한다.

2022년 7월 환경부는 공공기관을 대상으로 기후변화 위험도를 평가할 때 참고할 수 있는 「공공기관 기후위기 적응대책 수립 교육자료집」(환경부, 2022)을 공개하였으며, 여기에 공항시설에 대한 위험도 평가지표와 지자체별 극한기후지수를 실어 기후변화 위험도 평가에 참고하였다.

본 연구에서는 대구공항의 기후변화 위험도 평가를 위한 대상을 도출하기 위하여 「공공기관 기후위기 적응 대상기관 시설물 분류 체계(안)」(환경부, 2022)에 포함되어 있는 「공항시설 분류(안)」을 대상으로 위험도 평가를 진행하였다. 각 시설을 대상으로 시설, 시설관리자, 공공서비스 부문의 기후변화 위험도 평가 항목을 도출하였다. 『시설부문』의 경우, 세부부문으로 “기본시설”, “운영시설”, “설비”로 구분하여 위험도 평가 대상을 구분하였다. “기본시설”은 ‘이착륙시설’, ‘여객시설 및 화물처리시설’, ‘항행안전시설’, ‘통신시설’, ‘항공등화시설’을 대상으로 위험도 평가를 진행하였다. 『운영시설』은 “유지관리시설”, “에너지공급설비”를 대상으로 위험도 평가를 진행하였다. 『설비』는 “전기·통신·기계설비”를 대상으로 위험도 평가를 진행하였다.

위험도평가는 시설별로 담당부서 및 담당자가 “체크리스트”를 작성함으로써 영향의 크기 즉, 극한기상현상이 발생했을 경우 발생할 수 있는 결과를 산출하고, 기상청에서 제공한 극한기후지수의 값을 발생가능성의 크기로 산정하여, 두 값(“영향의 크기”와 “발생가능성”)의 곱으로 위험도를 산정하였다. 발생가능성은, KEI 국가기후위기적응센터 교육자료집에 제공된 ‘2030 극한기후지수’를 활용하여 발생가능성 및 표준화 방법에 따라 폭염, 한파, 호우, 대설, 강풍에 대해 발생가능성을 산정하였다. 영향의 크기는 체크리스트 평가결과에 따라서 결정되며, 부서별 해당 체크포인트를 담당자가 자가평가를 통하여 점수를 기입하고, 각 점수는 기후영향요소별 대상별로 합산평균으로 산출하여 영향의 크기로 결정하였다.

III. 기후변화 대응을 위한 대구공항 공항시설 취약성 평가 및 위험도 분석

3.1 연구 방법론 및 연구 설계

3.1.1 연구방법론

본 연구는 「공공기관 기후위기 적응대책 수립지침」(환경부, 2022) 내용을 토대로 수행하였으며, 대구공항의 입지적 취약성을 분석하기 위하여 국가기후위기적응센터에서 제공하는 VESTAP을 활용한 취약성 평가를 추가적으로 수행하였다.

본 연구는 다음과 같이 3단계로 추진하였다. 먼저, 1단계로 기후변화 영향을 분석하였다. 공항시설 및 주변 지역의 지리적, 기후적 특성 분석, 과거 피해 사례

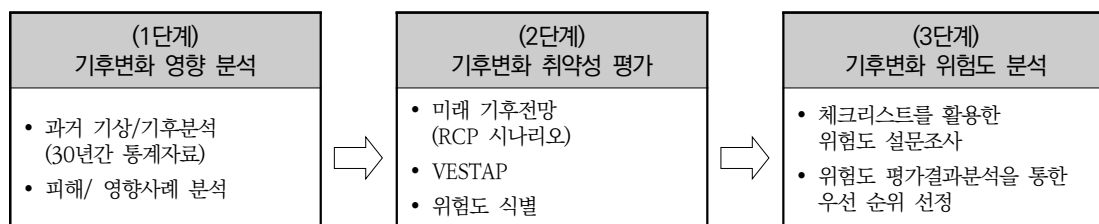


Fig. 1. Measures establishment process

및 기상통계자료, 문헌자료 수집, 시설물 관리 담당자 인터뷰 등을 포함한 현장 조사를 실시하였다. 이를 통해 대구공항의 기후변화 경향 분석 및 전망 등 기후변화 영향분석을 통한 취약성 평가 기초자료를 도출하였다. 다음 2단계로, 공항 시설 VESTAP을 진행하였다. 광역 기초 지자체 기후변화 취약성 평가지원 도구 (VESTAP)를 활용하여 공항 입지 기반의 취약성 평가를 실시하여, 기후변화 민감도, 적응능력 반영한 기초자료 세부기준을 설정하고, 평가를 통한 대구공항 및 주변 지역의 취약점 도출하고, 기후요인별 현재와 미래의 취약성 변화를 분석하였다. 마지막 3단계로 기후변화 위험도 평가를 실시하였다. 공항 시설별 기후 노출기준 설정, 기후 리스크 건별 발생 가능성 및 영향의 크기 산정 등 실정에 맞는 리스크 평가를 시행하였다.

3.1.2 연구 설계 및 시행

기후변화 위험도 평가는 한국공항공사 대구공항에 근무하는 총 6개 분야(건축, 기계, 전기, 운영, 토목, 통전) 부서별 담당자를 대상으로 실시하였다. 위험도 평가의 목적은 위험도 평가를 통해 대구공항이 보유하고 있는 시설과 시설을 운영하고 있는 시설관리자 및 시설에서 제공하는 서비스를 대상으로 취약정도를 파악하기 위해 담당자를 대상으로 체크리스트를 활용한 평가를 실시하였다.

평가자는 분야별 담당시설 경력 3년 이상인 자로 선정하였으며, 기후위기 적응대책에 대한 이해와 위험도 평가 설명자료, 설문지를 평가전 담당자가 검토할 수 있도록 사전 배포하였다. 또한, 현장에서 위험도평가 문항별 기준을 설명 후 체크할 수 있도록 유도하는 방

법으로 진행하였으며, 내부 논의가 필요하다고 생각되는 부분은 자유롭게 직렬별 토의를 거쳐 평가결과를 도출할 수 있도록 하였다.

위험도평가 체크리스트는 시설별로 담당자의 답변을 받아 교차 응답을 할 수 있도록 하여 시설에서 한가지의 결과가 도출되는 것이 아닌 중복되어 다방면의 답변이 나올 수 있도록 하였다. 그리고, 기후위기 적응센터 가이드라인을 참조하여 위험도 평가 설문시 5점 척도로 위험도 평가시행 외에도 각 시설별 피해이력 또는 취약성을 정확히 확인할 수 있도록 위험지표를 함께 조사하였다.

3.2 대구공항 기후변화 영향 분석 및 향후 기후 전망

대구공항의 피해사례 분석을 위해 한국공항공사 내부 피해자료 분석 및 언론매체 검색을 실시하였다. 2002년~2023년 동안 대구공항은 강풍으로 인해 총 2건의 피해가 발생한 것으로 보고되었다. 특히, 여름철 발생하는 태풍에 의해 주로 피해가 발생하는 것으로 나타났다. 대구공항은 호우, 강풍과 관련하여 풍수해 현장조치 매뉴얼, 대설과 관련하여 대설 현장조치 매뉴얼을 통해 비상상황 발생에 대응하고 있다. 주요 피해 사례로는 2002년 태풍 루사에 의한 수목 전도 및 조명 등 파손, 2003년 태풍 매미에 의한 시설물 파손이 있었다.

과거 대구공항의 기후 현황을 정리해 보면 다음 Table 3과 같다.

기온의 경우, 분석기간 동안 연간 평균기온은 14.5℃이며, 연간 최고 기온은 1994년 7월 21일 39.4℃이고, 연간 최저 기온은 2023년 1월 25일 -14.2℃이다. 최근 5년간 연간 평균기온은 14.7℃로, 30년 평균보다 약 0.2℃ 높으나 큰 차이는 없는 것으로 나타났다.

폭염일수는 일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 수를 의미합니다. 전일의 폭염일 여부는 다음날 오전 6시 35

Table 2. Status of evaluators

구분	건축	기계	전기	운영	토목	통전
대구공항	2명	2명	3명	3명	1명	2명

Table 3. Past climate records of Daegu area (1994~2023)

기후요소	1994~2023	평균	최고	최저	최고-최저
기온 (℃)	15.1	14.5	39.4	-14.2	53.6
폭염일수 (일)	27	28.9	60	5	55
한파일수 (일)	1	0.3	4	0	4
강수량 (mm)	1,321	1,062	1,749	567.5	1,182
강수일수 (일)	97	95.4	114	72	42
눈일수 (일)	9	9.85	20	0	20
폭풍일수 (일)	0	0.1	2	0	2
뇌전일수 (일)	11	14.5	27	0	27
안개일수 (일)	8	5	13	0	13

자료출처: 기상청 날씨누리.

분부터 확인이 가능하며, 폭염일수의 경우, 1994년~2023년까지 연간 평균 28.9일이며, 연간 최장 폭염일수는 1994년 60일이고, 연간 최단 폭염일수는 2003년 5일이다. 최근 5년간 폭염 일수는 31일로, 30년 평균보다 약 2.1일 높으므로, 최근 들어 폭염일수가 점차 증가하는 것으로 나타났다.

한파일 수의 경우, 분석기간 평균 한파일수는 0.3일이었다. 최근 5년간 연간 한파일수는 0.3일로, 30년 평균과 비슷한 것으로 나타났다.

강수일수는 일강수량이 0.1mm 이상인 날의 수이다. 강수현상에는 비, 이슬비, 얼음싸라기, 눈, 싸락눈, 진눈깨비, 싸락우박, 우박, 눈보라 등이 포함된다.

2023년 강수량의 경우 1,321mm로 나타났다. 30년 기간 동안 연간 평균 강수량은 1,062.4mm이며, 최근 5년간 연간 평균 강수량은 1,010.6mm로 30년 평균보다 약 51.8mm 적으므로, 최근 들어 강수량이 점차 감소하고 있는 것으로 나타났다.

지난 30년간 일 최다 강수량은 1998년 9월 30일로 225mm였으며, 1시간당 최다 강수량은 2016년 7월 24일 68.5mm로 나타났다. 30년 기간 동안 강수일수 평균은 95.4일이며, 최근 5년간 평균일수는 90.6일로 30년 평균보다 약 5일 줄어들고 있는 것으로 나타났다.

눈 일수는 지난 30년간 평균은 9.8일이었으며, 최고 많은 일 수는 20일이었다. 폭풍일수는 최고와 최저의 차이가 2일로 나타났다.

뇌전일 수는 지난 2023년 11일 발생하였고, 지난

30년간 평균은 14.5일이었으며, 최고 횟수는 27회였다.

안개는 극히 작은 물방울들이 대기 중에 떠 있어서 수평시정이 1km 미만인 현상을 말하며, 안개일수는 관측자가 직접 관측한 현상일(낮은 안개 포함)을 기준으로 제공된다. 2023년의 안개일수는 8일이며, 30년 평균은 5일이고, 2016년도에 13일로 가장 많이 발생되었다.

다음으로, 대구공항의 미래 기후 전망을 위해 기상청 기후정보 포털에서 제공하는 미래 기후 전망을 활용하여 경향성 분석을 시행하였다.

경향성 분석시 활용한 분석자료의 추세율은 최소제곱법을 이용한 선형회귀 및 최소제곱법을 활용하였다. 21세기 전기간(전/중/후반부) 분석을 통해 70년 이상 장기적인 흐름을 파악하여 미래기후에 대한 전망 추이를 나타낸다.

분석 결과를 종합해 보면, 대구국제공항이 위치한 대구광역시 최고기온은 RCP 4.5 시나리오와 RCP 8.5 시나리오 모두 2100년까지 상승하는 경향성을 보인다. 폭염일수는 RCP 4.5 시나리오와 RCP 8.5 시나리오 모두 2100년까지 증가하는 경향성을 보인다. 강수강도 및 1일최다 강수량은 RCP 4.5 시나리오에서 2070년대까지 증가 후 2100년까지 감소하는 경향성을 보이며, RCP 8.5 시나리오에서는 2070년대까지 감소 후 2100년까지 증가하는 추세를 보인다. 결빙일수는 RCP 4.5 시나리오와 RCP 8.5 시나리오 모두 2100년까지 감소하는 경향성을 보인다.

Table 4. Climate outlook for Daegu area

(단위: ℃)

지역	시나리오	2021~2040	2041~2070	2071~2100	경향성
최고기온	RCP 4.5	20.7	21.5	22.1	상승 추세
	RCP 8.5	20.8	22.2	24.2	상승 추세
폭염일수	RCP 4.5	26.9	32.0	42.0	증가 추세
	RCP 8.5	29.3	50.8	78.3	증가 추세
강수강도	RCP 4.5	17.9	18.8	18.1	증가후 감소
	RCP 8.5	17.2	16.2	17.4	감소후 증가
1일 최다 강수량	RCP 4.5	94.8	95.2	89.0	증가후 감소
	RCP 8.5	103.5	86.5	97.4	감소후 증가
결빙일수	RCP 4.5	1.5	0.6	0.3	감소 추세
	RCP 8.5	1.9	0.5	0.1	감소 추세

3.3 대구공항 공항시설 취약성 평가

3.3.1 취약성 평가 도출 내역

본 연구에서는 대구공항이 위치한 대구광역시 동구 지저동의 VESTAP 산출 데이터를 적용하여 분석하였다. <폭염>에 대한 기반시설 취약성 평가 도출 내역을 정리해 보면 다음 Table 5와 같다. 폭염에 대한 기반시설 취약성 종합지수를 산정하기 위해서는 VESTAP에서 산정하는 계산식을 따라야 하며, 계산식 및 대응변수의 가중치는 다음과 같다.

$$\frac{(\text{기후노출지수} \times 0.43) + (\text{민감도지수} \times 0.21) - (\text{적응능력지수} \times 0.36)}{1}$$

“기후 노출”의 경우, RCP 8.5 2021~2030에 따른 대구광역시 동구 지저동의 기후노출은 ‘일 최고기온이 33℃ 이상인 날’의 횟수(회)가 19.70회, ‘일 최저기온이 25℃ 이상인 날’의 횟수(회)는 12.40회로 나타났다. “민감도”는 ‘도로면적’ 10,111,866.5m²로 조사되었다. 그리고 “적응능력”의 경우, ‘1인당 녹지면적’ 356.26m², ‘1만 명당 공무원 수’ 11.39명, ‘1인당 지역 내 총생산(GRDP)’ 23억 7400만 원으로 나타났다(Table 6).

2021~2030년 RCP 8.5 시나리오 기준 폭염에 대한 기반시설 취약성 평가 종합지수가 상대적으로 높은 지역은 방촌동, 효목1동, 안심1동(3개) 순으로 도출되었으며, 상대적으로 취약성이 낮은 지역은 공산동, 도평동, 안심2동(3개) 순으로 나타났다. 대구공항이 위치한 대구광역시 동구 지저동의 경우 RCP 8.5 시나리오에 대해 폭염에 의한 기반시설 취약성은 보통수준인 것으로 나타났다.

Table 5. Response variables and weights in vulnerability assessment (heat wave)

대응변수	가중치	변수목록	세부 가중치
기후노출	0.43	일 최고기온이 33℃ 이상인 날의 횟수	0.65
		일 최저기온이 25℃ 이상인 날의 횟수	0.35
민감도	0.21	도로면적	1
적응능력	0.36	1인당 녹지면적	0.56
		1만명당 공무원 수	0.14
		1인당 지역 내 총생산(GRDP)	0.3

Table 6. Vulnerability assessment output details (heat wave)

시나리오	시기(년)	취약성 종합 지수	기후 노출	민감도	적응 능력	추세
RCP 4.5	'21 ~'30	0.38	0.4	0	0.02	증가후 감소
	'31 ~'40	0.39	0.41	0	0.02	
	'41 ~'50	0.38	0.4	0	0.02	
RCP 8.5	'21 ~'30	0.38	0.4	0	0.02	정체
	'31 ~'40	0.38	0.4	0	0.02	
	'41 ~'50	0.38	0.4	0	0.02	

3.3.2 대구공항 기후변화 취약성 평가 결과

기후변화 취약성 평가란 기후변화에 의해 지속적인 피해로 영향을 받기 쉬운 정도를 말한다. 그리고 기후변화 악영향으로 시스템에 대처할 수 없는 기후노출 민감도, 적응능력 등을 통합한 개념이다.

기후변화 취약성 평가는 현재 추세로 온실가스가 배출되는 것을 가정하는 RCP 8.5 시나리오 및 온실가스 저감정책이 상당히 실현되는 것을 가정으로 하는 RCP 4.5 시나리오를 기준으로 평가하였다.

“폭염에 대한 기반시설”, “폭설에 대한 기반시설”, “홍수에 대한 기반시설”, “폭염에 의한 온열질환”, “한파에 의한 한랭질환”, “폭염에 의한 건강”, “한파에 의한 건강” 취약성은 보통으로 나타났으며, “태풍에 대한 기반시설” 취약성은 높은 수준인 것으로 나타났다. 또한, RCP 8.5 시나리오 기준 대구국제공항이 위치하고 있는 대구광역시 동구 지저동의 2050년까지 취약성 추세는, “한파에 의한 한랭질환”은 증가하는 것으로 나타났다으며, “폭염에 대한 기반시설”, “폭염에 의한 건강”은 정체하고, “폭설에 대한 기반시설”, “홍수에 대한 기반시설”, “태풍에 대한 기반시설”, “폭염에 의한 온열질환”, “한파에 의한 건강”은 감소하는 것으로 나타났다 (Table 7).

3.4 대구공항 공항시설 위험도 분석

3.4.1 시설별 분석 결과

시설별 위험도 평가와 관련, <이착륙시설>에 대한 평가 내용을 정리해 보면 Table 8과 같다.

Table 7. Comprehensive results of vulnerability assessment for climate change

구분	취약성 항목	행정 구역	취약성 종합지수 (RCP 4.5)			취약성 종합지수 (RCP 8.5)			결과 (RCP 8.5)	
			21~30	31~40	41~50	21~30	31~40	41~50	취약정도	최종추세
시설	폭염에 대한 기반시설	대구시 동구 지저동	0.38	0.39	0.38	0.38	0.38	0.38	보통	정체
	폭설에 대한 기반시설		0.16	0.16	0	0.13	0.16	0.12	보통	감소
	홍수에 대한 기반시설		0.19	0.29	0.23	0.33	0.22	0.09	보통	감소
	태풍에 대한 기반시설		0.10	0.17	0.14	0.17	0.14	0.05	높음	감소
시설 관리자	폭염에 의한 온열질환		0.40	0.44	0.49	0.38	0.36	0.35	보통	감소
	한파에 의한 한랭질환		0.03	0.02	0.03	0.03	0.02	0.03	보통	증가
대국민 서비스	폭염에 의한 건강		0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	보통	정체
	한파에 의한 건강		0.12	0.16	0.13	0.16	0.11	0.10	보통	감소
시설	폭염에 대한 기반시설	전국 공항 평균	0.26	0.28	0.27	0.27	0.26	0.27	-	-
	폭설에 대한 기반시설		0.17	0.18	0.19	0.17	0.17	0.17		
	홍수에 대한 기반시설		0.20	0.22	0.20	0.19	0.18	0.14		
	태풍에 대한 기반시설		0.13	0.12	0.11	0.12	0.11	0.11		
시설 관리자	폭염에 의한 온열질환		0.38	0.36	3.74	0.35	0.36	0.33		
	한파에 의한 한랭질환		0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08		
대국민 서비스	폭염에 의한 건강		0.33	0.33	0.33	0.33	0.32	0.33		
	한파에 의한 건강		0.17	0.17	0.19	0.18	0.16	0.18		

Table 8. Climate exposure levels and likelihood of occurrence (landing and takeoff facilities)

기후 노출	RCP 8.5		
	영향의 크기	표준화 (발생가능성)	기후변화 위험도
폭염	2.35	5.00	11.75
한파	2.25	1.09	2.45
호우	2.43	1.06	2.58
대설	2.46	1.23	3.03
강풍	2.25	1.00	2.25

기타 시설의 경우, 평가 세부내역 작성은 생략하고, Table 9에서 종합적으로 평가결과를 정리하였다. 2030 극한기후지수를 활용하여 산정한 대구공항 이착륙시설에 대한 발생가능성은 RCP 8.5의 “폭염”에서 가장 높게 나타났다. 분석결과, 이착륙시설에서 한파, 호우, 대설, 강풍은 기후변화 위험도가 4점 미만으로 나타났으며, 폭염의 경우 8점~12점 사이로 상대적으로 높으나, 전체 평균점수인 12.5점보다는 낮게 나타났다.

또한, 대구공항 이착륙시설의 대상별 검토 결과, 전체 기후영향요소에서 3~5점으로 높게 나타났다. 위험도의 경우, RCP 8.5 시나리오에서 예측한 폭염의 발생가능성은 5점으로 “폭염”의 ‘시설’에서 13.75점, ‘시설관리자’에서 13.00점으로 전체 평균점수인 12.5점보다 높은 수치를 기록했다.

한편, 대구공항 이착륙시설의 기후노출별 위험도를 매트릭스로 나타내면 다음 Fig. 2와 같다.

위험도 값을 5단계(매우 낮음, 낮음, 보통, 높음, 매우 높음)으로 구분했을 때, 폭염(8.5)의 경우 위험도가 ‘높음’ 수준인 것으로 판단되며, 그 외 기후노출은 ‘낮음’ 또는 ‘매우 낮음’의 수준으로 분류되었다. 따라서, 5개의 기후노출 중 폭염을 가장 우선적으로 대비해야 할 필요성이 크며, 나머지 기후노출의 경우 상대적으로 대응 우선순위는 낮다고 볼 수 있다.

3.4.2 대구공항 공항시설 위험도 분석 결과

본 연구에서 수행한 위험도 분석 결과를 종합 정리해 보면 다음 Table 10과 같다.

Table 9. Risk level by climate exposure factor (landing and takeoff facilities)

기후노출	대상	영향의 크기	RCP 4.5		RCP 8.5	
			발생가능성	위험도	발생가능성	위험도
폭염	시설	2.75	3.56	9.78	5.00	13.74
	시설관리자	2.60		9.26		13.00
	대국민서비스	1.70		6.05		8.50
한파	시설	2.01	1.09	2.18	1.09	2.18
	시설관리자	2.60		2.82		2.82
	대국민서비스	2.14		2.32		2.32
호우	시설	2.35	1.06	2.49	1.06	2.49
	시설관리자	2.60		2.75		2.75
	대국민서비스	2.33		2.47		2.47
대설	시설	2.44	1.06	2.58	1.23	3.00
	시설관리자	2.60		2.75		3.20
	대국민서비스	2.33		2.47		2.87
강풍	시설	2.01	1.00	2.01	1.00	2.01
	시설관리자	2.60		2.60		2.60
	대국민서비스	2.14		2.14		2.14

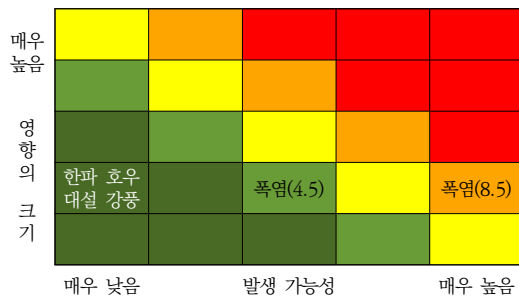


Fig. 2. Risk matrix by climate exposure (landing and takeoff facilities)

먼저 “기반시설” 중 ‘이착륙시설’의 경우, 위험도는 RCP 8.5 시나리오에서 예측한 <폭염>의 발생가능성은 5점, <폭염>의 ‘시설’에서 14.15점, ‘시설관리자’에서 14점으로 전체 평균점수인 8.27점보다 높은 수치를 기록하였다. ‘여객시설 및 화물처리시설’의 경우, 위험도는 RCP 8.5 시나리오에서 예측한 <폭염>의 발생가능성은 5점으로, <폭염>의 ‘시설’에서 6점, ‘시설관리자’에서 6.56점, ‘대국민서비스’에서 6.61으로 나타났다.

그리고, ‘항행안전시설’의 위험도는 RCP 8.5 시나리오에서 예측한 <폭염>의 발생가능성은 5점으로, <폭염>의 ‘시설’에서 8.65점, ‘시설관리자’에서 8.83점, ‘대국민서비스’에서 7.57점으로 나타났다. ‘통신시설’의 경우, 위험도는 RCP 8.5 시나리오에서 예측한 <폭염>의 발생가능성은 5점으로, <폭염>의 ‘시설’에서 7.02점,

‘시설관리자’에서 7.50점, ‘대국민서비스’에서 7.67점으로 나타났다. ‘항공등화시설’의 위험도는 RCP 8.5 시나리오에서 예측한 <폭염>의 발생가능성은 5점으로, <폭염>의 ‘시설’에서 5.80점, ‘시설관리자’에서 8.67점, ‘대국민서비스’에서 5.62점으로 나타났다. 다음으로 “운영시설”의 경우, ‘유지관리시설’의 위험도는 RCP 8.5 시나리오에서 예측한 <폭염>의 발생가능성은 5점으로, <폭염>의 ‘시설’에서 9.61점, ‘시설관리자’에서 10.58점, ‘대국민서비스’에서 7.06점으로 상대적으로 높으나, 전체 평균점수보다는 낮게 나타났다. 또한, ‘에너지공급설비’의 경우 위험도는 RCP 8.5 시나리오에서 예측한 <폭염>의 발생가능성은 5점으로, <폭염>의 ‘시설’에서 5.80점, ‘시설관리자’에서 8.67점, ‘대국민서비스’에서 5.62점으로 나타났다.

마지막으로 “설비”의 경우, ‘전기, 통신, 기계설비’의 위험도는 RCP 8.5 시나리오에서 예측한 <폭염>의 발생가능성은 5점으로, <폭염>의 ‘시설’에서 9.61점, ‘시설관리자’에서 10.67점, ‘대국민서비스’에서 7.06점으로 상대적으로 높으나, 전체 평균점수인 8.27보다는 낮게 나타났다.

IV. 결론

기후변화와 관련된 자연재해 피해 중 공공시설이 차지하는 비중은 지속적으로 증가하고 있으며, 공항을 포

Table 10. Risk assessment results for Daegu Airport

대상				위험도 (Hazard)		영향 (기후별 영향요소의 평균)		기후변화 위험도	
사업장	대분류	중/소분류	구분	기후영향요소	발생가능성(RCP8.5)	영향의 내용	영향	위험도 목록	위험도
대구국제공항	기반시설	이착륙시설	시설	폭염	5.00	활주로 도로포장 파손	2.83	폭염에 따른 활주로 도로포장 파손	14.15
			관리자	폭염	5.00	야외근로자 온열질환 발생	2.80	폭염에 따른 야외근로자 온열질환 발생	14.00
			서비스	폭염	5.00	대국민 서비스 중단	1.85	폭염에 따른 대국민 서비스 중단	9.23
		여객 및 화물 시설	시설	폭염	5.00	냉난방설비 과부하	1.20	폭염에 따른 냉난방설비 과부하	6.0
			관리자	폭염	5.00	야외근로자 온열질환 발생	1.31	폭염에 따른 야외근로자 온열질환 발생	6.56
			서비스	폭염	5.00	설비 과부하에 따른 서비스 중단	1.32	설비 과부하에 따른 서비스 중단	6.61
		항행 안전 시설	시설	폭염	5.00	시설물 과부하	1.73	폭염에 따른 시설물 과부하	8.65
			관리자	폭염	5.00	야외근로자 온열질환 발생	1.77	폭염에 따른 야외근로자 온열질환 발생	8.83
			서비스	폭염	5.00	서비스 지연	1.51	폭염에 따른 서비스 지연	7.57
		통신 시설	시설	폭염	5.00	시설물 과부하	1.40	폭염에 따른 시설물 과부하	7.02
			관리자	폭염	5.00	야외근로자 온열질환 발생	1.50	폭염에 따른 야외근로자 온열질환 발생	7.50
			서비스	폭염	5.00	서비스 지연	1.53	폭염에 따른 서비스 지연	7.67
		항공 등화 시설	시설	폭염	5.00	시설물 과부하	1.16	폭염에 따른 시설물 과부하	5.80
			관리자	폭염	5.00	야외근로자 온열질환 발생	1.73	폭염에 따른 야외근로자 온열질환 발생	8.67
			서비스	폭염	5.00	서비스 지연	1.12	폭염에 따른 서비스 지연	5.62
	운영시설	유지관리 시설	시설	폭염	5.00	시설물 파손	1.92	폭염에 따른 시설 균열 발생	9.61
			관리자	폭염	5.00	야외근로자 온열질환 발생	2.12	폭염에 따른 야외근로자 온열질환 발생	10.58
			서비스	폭염	5.00	서비스 지연	1.41	폭염에 따른 서비스 지연	7.06
		에너지 공급 설비	시설	폭염	5.00	시설물 파손	1.16	폭염에 따른 시설 균열 발생	5.80
			관리자	폭염	5.00	야외근로자 온열질환 발생	1.73	폭염에 따른 야외근로자 온열질환 발생	8.67
			서비스	폭염	5.00	서비스 지연	1.12	폭염에 따른 서비스 지연	5.62
	설비	전기통신 기계	시설	폭염	5.00	시설물 파손	1.92	폭염에 따른 시설 균열 발생	9.61
			관리자	폭염	5.00	야외근로자 온열질환 발생	2.13	폭염에 따른 야외근로자 온열질환 발생	10.67
			서비스	폭염	5.00	서비스 지연	1.41	폭염에 따른 서비스 지연	7.06
		평균					1.65	평균	8.27

함한 사회기반시설 및 공공서비스에 대한 효율적인 투자를 위한 사업우선순위의 선정이 매우 중요한 정책의 제로 대두되고 있다. 기후변화와 관련, 항공분야에서도 ICAO를 포함한 글로벌 규제기구뿐만 아니라, EU 등 선진국에서도 항공분야 기후변화의 적극적 대응을 통한 공항 인프라 및 서비스 피해 예방을 위해 다양한 정책적 대안을 제시하고 실행에 주력하고 있다.

본 연구에서는 항공분야 기후변화 대응 중 공항운영

자가 주도적으로 역할을 수행하는 공항시설을 중심으로 기후변화 대응을 위한 공항시설 취약성 평가 및 위험도를 분석해 보았다. 이를 통해 공항시설 개선을 위한 인프라 투자계획 수립시 우선순위 결정에 참고가 되는 기초자료로 제공하고자 한다.

대구공항을 대상으로 분석해 본 기후변화 영향 및 향후 전망, 공항시설의 취약성 평가 및 위험도 분석 결과를 요약해 보면 다음과 같다.

먼저, 대구공항의 기후변화 영향은, 분석기간(2002년~2023년) 동안 강풍으로 인해 총 2건의 피해가 발생한 것으로 확인되었다. 특히, 여름철 발생하는 태풍에 의해 주로 피해가 발생하는 것으로 나타났다. 향후 기후 전망의 경우, 최고기온은 2100년까지 상승하는 경향성을 보이고, 폭염일수도 증가하는 것으로 예측되었다. 강수강도 및 1일 최대 강수량은 RCP 4.5 시나리오에서 2070년대까지 증가 후 2100년까지 감소하는 경향성을 보이며, RCP 8.5 시나리오에서는 2070년대까지 감소 후 2100년까지 증가하는 추세를 보인다. 결빙일수는 RCP 4.5 시나리오와 RCP 8.5 시나리오 모두 2100년까지 감소하는 경향성을 보인다.

기후변화 취약성 평가의 경우, RCP 8.5 시나리오 대구공항의 2050년까지 취약성 추세는, “한파에 의한 한랭질환”은 증가하고, “폭염에 대한 기반시설”, “폭염에 의한 건강”은 정체, “폭설에 대한 기반시설”, “홍수에 대한 기반시설”, “태풍에 대한 기반시설”, “폭염에 의한 온열질환”, “한파에 의한 건강”은 감소하는 것으로 분석되었다.

위험도 분석의 경우, 분석대상 모든 시설에서 “폭염”이 가장 큰 기후영향 요소로 확인되었고, 발생가능성은 RCP 8.5 시나리오에서 동일하게 가장 높은 5점으로 나타났다. 설문조사를 통한 체크리스트 분석 결과, 각 시설에 대한 기후변화 위험도에 따르면, 전체적으로 ‘시설’에 대한 위험도가 ‘시설관리자’나 ‘서비스’에 비

해 높은 것으로 분석되었다. 시설별로는 이착륙시설에 대한 ‘시설’ 위험도가 가장 높게 평가되었으나, 시설별로 특이한 경향성은 파악되지 않았다.

분석결과를 종합해 보면, 대구공항의 경우 “폭염”에 의한 위험 발생 가능성에 대비하여 위험의 영향이 상대적으로 큰 이착륙시설 등 기반시설에 대한 대응방안이 우선적으로 고려되어야 할 것으로 판단된다.

References

1. The JoongAng News, "14 dams will be built to prepare for extreme rainfall: Defends even the worst 220mm water bombs", 2024.
2. Ministry of Public Administration and Security, "2020 disaster yearbook", 2022, pp.25.
3. Ministry of Environment, "Public institution climate crisis adaptation measures establishment training material collection", 2022.
4. Ministry of Environment, "Public institution climate crisis adaptation target organization facility classification system", 2022.
5. Ministry of Environment, "Guidelines for establishing climate crisis adaptation measures for public institutions", 2022.