

ARTICLE

국외의 문화유산 기후변화 대응동향과 시사점

김지영* · 김영재**

Overseas Trends in Climate Change Responses for Cultural Heritage and Implications

Kim, Jiyoung* · Kim, Young Jae**

요 지

유럽연합에서 범국가적인 대책 논의를 시작으로 UNESCO와 ICOMOS는 문화유산의 기후변화 적응과 완화를 위한 정책 방향과 실행계획을 수립하고 피해저감과 기후행동 동참을 주도하고 있다. 또한 유럽연합은 ‘기후변화와 지속가능한 발전’을 주요 의제로 채택하고 ‘문화유산과 기후변화’ 분야의 연구를 전략적으로 지원하였다. 초기의 위험도 평가, 과학적 근거 자료 산출 기초연구를 시작으로 기후변화 영향 예측기술의 고도화를 거쳐 현재에는 정보통신기술을 접목한 기후변화 IT 기술과 탄소중립기술에 중점을 두고 발전하고 있다. 이를 볼 때 한국은 기후변화 영향을 파악할 수 있는 위험도 평가를 우선 실시하여 시급성에 따라 대응계획을 수립하여 피해를 저감하는 것이 가장 필요할 것으로 판단된다. 또한 전통기술을 활용하여 탄소저감에 중점을 두고 대응하여 기후변화 적응과 완화 양부문에 균형적인 대응이 이루어져야 한다.

핵심용어: 문화유산, 기후변화, 재해, 동향, 대응

Abstract

Beginning with the discussion of national countermeasures in the European Union, UNESCO and ICOMOS have established policy directions and action plans for adaptation and mitigation of cultural heritage to climate change, and are leading damage reduction and participation in climate action. In addition, the European Union has set climate change and sustainable development as strategic topics and fully supported research in the field of cultural heritage and climate change. Beginning with the initial risk assessment and scientific basis data calculation, starting with basic research, the climate change impact prediction technology has been advanced, and now it is developing with an emphasis on climate change IT technology and carbon-neutral technology. In view of this, it is most necessary first to concentrate on reducing the damage of cultural heritage by conducting a risk assessment to understand the impact of climate change and then to establish a response plan according to the urgency. In addition, a balanced research on both the adaptation and mitigation of climate change should be made by focusing on carbon reduction using traditional technologies.

Keywords: Cultural heritage, Climate change, Disaster, Trend, Response

* 정회원, 한국전통문화대학교 산학협력단 연구교수(E-mail: jkim15@nuch.ac.kr)
Member, Research professor, Korea National University of Cultural Heritage

** 교신저자, 정회원, 한국전통문화대학교 문화유산전문대학원 문화재수리기술학과 부교수(E-mail: kyjandy@nuch.ac.kr)
Corresponding Author, Member, Professor, Department of Preservation Technology of Cultural Heritage, Korea National University of Cultural Heritage

Received | April 13, 2021 Revised | April 22, 2021 Accepted | April 22, 2021



1. 서론

지난 2020년 여름에 내린 집중호우로 안동 하회마을 염행당 담장과 공주 공산성 및 오산 독산성의 성벽이 무너지고, 아산 외암 민속마을의 섯다리가 유실되었다. 문화재청 집계자료에 의하면 당시 전국 47개의 건축문화재, 성곽문화재, 등록 문화재, 천연기념물 등에 붕괴, 침수, 산사태 피해가 발생하였다.¹⁾ 2020년 8월에 기록된 강수량은 평년보다 100~200mm 많았고, 장마철 기간은 1973년 이래 최장기간(중부지방 기준 54일)을 기록하였다.²⁾ 이례적인 집중호우의 원인으로 기후 변화가 지목되었다. 북극과 러시아 북부 동시베리아에서 이상고온으로 빙하와 눈이 녹으면서 지표가 노출되어 더 많은 햇빛을 흡수하고, 이것이 따뜻한 공기를 쌓이게 하여 정체전선을 형성한 결과라는 것이다.³⁾

기후변화는 “평균 및/또는 그 특성의 변동성의 변화에 의해 식별될 수 있고 일반적으로 수십 년 이상 장기간 지속하는 기후 상태의 변화”를 뜻하는 것으로써,⁴⁾ 인간의 활동에 의한 온실 효과 등의 인위적 요인과 화산폭발, 성층권 에어로졸의 증가 등의 자연적 요인에 의한 효과를 모두 포함하는 전체 자연의 평균 기후변동을 의미한다.⁵⁾ 1980년대 남미에서 엘니뇨와 라니냐로 불린 해양의 수온변화가 폭우와 가뭄을 초래하여 페루의 찬찬유적과 나스카유적이 심각하게 훼손되었을 때만 하더라도 문화유산의 기상재해는 국지적이고 일회성이라는 인식이 강했다. 그러나 오늘날 기후변화는 매년 반복되고 특정 지역에 국한되지 않으며 우리나라 뿐 아니라 전세계 문화재에 영향을 미치는 글로벌 이슈가 되었다.



Fig. 1. Damaged cultural heritage due to heavy rainfall in 2020. (1) A collapse of the wall in the Andong Hahwye Village, (2) A collapse of the fortress wall of the Gongsanseong Wall

2000년대 이후 국제사회는 UNESCO와 ICOMOS를 중심으로 문화유산의 기후변화 대응에 대해 적극 논의하기 시작하여 유산의 피해저감과 유산을 통한 기후변화 완화라는 큰 줄기의 글로벌 의제를 확립하고 정책 및 실행계획을 도출하였다.⁶⁾⁷⁾ 이처럼 국외에서 문화유산의 기후변화 대응 움직임이 활발해지는 가운데 국내에서도 인식을 제고하고 기후변화 대응에 동참하는 것이 매우 중요하게 됐다. 이 논문에서는 이 문제가 국외에서 어떻게 논의되고 있는지 국제기조와 연구 사례를 통해 살펴보고 시사점과 한국의 대응방안을 고찰하였다.

1) 문화재청, 2020, “집중호우에 따른 문화재피해 47건 집계”, 2020년 8월 12일자 보도자료.

2) 기상청, 2020, 기후분석정보 2020년 8월호, pp.1-13.

3) 연합뉴스, 2020, “온난화 나비효과, 북극 얼음 녹자 한중일 물폭탄 맞았다”, 2020년 8월 4일 뉴스보도.

4) IPCC, 2018, Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. p.544.

5) 국가기후변화적응센터, 2020, 국가기후변화적응정보포털, https://kaccc.kei.re.kr/portal/climatechange/climatechange_list.do

6) UNESCO, 2007, Policy document on the impacts of climate change on World Heritage properties.

7) ICOMOS, 2019, The future of our pasts: engaging cultural heritage in climate action.

2. 기후변화의 영향

UNESCO는 2007년 발간된 보고서를 통해 세계유산(World Heritage)에 지정된 자연유산(Natural Heritage)과 문화유산(Cultural Heritage)의 기후변화 위협을 사례별로 제시하였다.⁸⁾ 빙하(glaciers)의 용해, 해양 및 육상생물의 다양성(Marine and terrestrial biodiversity) 감소, 고고유적지(archaeological sites)의 손상, 역사도시와 정주지(historic cities and settlements)의 변화 등을 다루어 기후변화로부터 올 수 있는 위협 사례를 다양하게 보여주었다.

1979년부터 2019년까지 유네스코 세계유산센터(World Heritage Centre)에 보고된 세계유산의 위협(threats)은 13가지 유형으로 구분된다. 이들은 건축 및 개발행위(buildings and development), 교통기반시설(transportation infrastructure), 서비스기반시설(services infrastructure), 오염(pollution), 생물자원 이용/변경(biological resource use/modification), 자연자원 채취(physical resource extraction), 재질에 영향을 미치는 국지 여건(local conditions affecting physical fabric), 사회/문화적 이용(social/cultural uses of heritage), 기후변화 및 심각한 기상이변(climate change and severe weather events), 갑작스러운 생태 또는 지질학적 이변(sudden ecological or geological events), 침입/외래종 또는 과잉종(invasive/alien species or hyper-abundant species), 관리 및 제도적 요인(management and institutional factors) 그리고 기타 인간활동(other human activities)이다. 이들 위협에 노출된 문화유산(cultural properties)은 2020년 기준 869개 사이트 중 총 393개(124개국)이고, 이 중 기후변화와 심각한 기상이변(climate change and severe weather events)의 위협을 받은 문화유산은 58개 사이트(42개국)로 통계되었다(Table 1).⁹⁾

Table 1. Numbers of cases World Heritage sites threatened by climate change and severe weather events (source: World Heritage Centre SOC (State of Conservation) Statistics)

세계유산 위협요소	1979-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2019
해양수의 변화	0	0	0	1
사막화	0	4	5	7
가뭄	0	0	0	0
홍수	0	12	30	49
태풍	1	27	5	12
기온변화	0	0	2	0
기타 기후변화 영향	0	2	5	10

기후변화와 심각한 기상이변(Climate change and severe weather events)은 해수면 변화(Changes to oceanic waters), 사막화(Desertification), 가뭄(Drought), 홍수(Flooding), 폭풍우(Storm), 기온변화(Temperature change), 기타 기후변화 영향(Other climate change impacts) 7가지로 세분하였다. 사막화, 홍수, 기타 기후변화 영향이 보고된 사례는 최근으로 갈수록 뚜렷한 증가 추세를 보이고 특히 홍수(Flooding)는 보고 사례의 절반(49%)을 차지한다. 이탈리아 베니스역사도시가 대표적인 경우로, 이 세계유산은 정기적인 만조 시기에 예측 못한 집중호우가 겹치게 되면서 해수면이 상승하여 산마르코 광장을 비롯한 도시 전체가 바닷물에 잠기게 되었다¹⁰⁾.

기후변화가 가져오는 영향은 다양한 양상으로 나타난다. 기온상승은 직접적으로 서리와 결빙으로 인한 문화유산 피해 패턴을 변화시키고, 빙하를 녹여 이차적인 기상재해를 일으킬 가능성이 있으며, 문화유산 재료의 풍화속도를 느리게하거나 빠

8) UNESCO, 2007, Case Studies on Climate Change and World Heritage.

9) World Heritage Centre, 2020, SOC(State of Conservation) <https://whc.unesco.org>

10) The Guardian, 2020, 'Venice floods as forecasts fail to predict extent of high tide', <https://www.theguardian.com/weather/2020/dec/08/venice-floods-as-forecasts-fail-to-predict-extent-of-high-tide>

르게 변화시킬 수 있다. 해수면 상승은 해안가 문화유산의 침식을 확대하고 연안대의 침수피해를 증가시킨다. 기후변화는 또한 집중호우와 같은 극한기상의 빈도를 증가시키고 이로 인한 재해를 예측하기 어렵게 만들어 피해예방을 제약한다. 건조기후는 염(salt)을 용출시켜 건축문화재 재료의 염풍화를 촉진하기도 한다. 이들 영향을 Table 2에 정리하였다.

Table 2. Major factors and impacts of climate change on cultural heritage, archaeological sites and historic landscapes (source: ICOMOS, 2019)

기후변화 요소	예측되는 영향
기온상승	서리와 결빙 주기 변동으로 인한 풍화패턴 변화 폭염과 도시 열섬 형성에 의한 영향 영구 동토층 용해로 인한 고고유적 노출 및 지반 붕괴 화학적, 물리적, 생물학적 피해양상의 변화 산불로 인한 산림 내 문화재의 화재 위험 문화재 생물자원(목재 등)의 수급 변화
해수면상승	해안 침식으로 인한 연안 경관 변화 해안 소재 문화유산의 해염 영향과 침식 확대
평년기후변화(기온, 강수, 습도, 바람 등)	석재, 벽돌제 건물 파사드 열화 콘크리트제 근대문화재의 열화(탄산화, 철근 부식) 야외 건축문화재의 표면변색 금속제 문화재의 부식과 변색 목재문화재의 부후
극한기상(집중호우, 태풍)	강풍에 의한 외관 피해 홍수와 침수 피해 토사 유실, 구조적 불안정, 산사태 유발

3. 국외 정책과 연구동향

3.1 정책동향

국제사회에서 문화유산과 기후변화 관련 연구는 UNESCO, ICOMOS를 비롯한 국제단체에서의 공식발제와 학술활동, 보고서 발간, 포럼 개최 등을 통해 꾸준히 진행되어 왔다(Table 3). 기후변화에 의한 문화유산의 위험이 여러 개별연구를 통해 보고된 후 UNESCO는 2005년 세계유산위원회를 통해 공식적으로 기후변화의 위협과 대응의 중요성을 언급하고, 2006년 동회의에서 기후변화 대응전략을 논의하였다. 2007년에 세계유산의 기후변화 피해 증거를 모아 사례집과 대응을 위한 기초보고서를 발간하였고¹¹⁾¹²⁾ 정책문서를 작업하였다.¹³⁾

정책문서는 2007년 제16차 ‘세계유산협약’ 당사국 총회에서 공식적으로 채택되어 기후변화 협약과의 시너지, 향후 필요한 연구주제 공감, 기후변화에 적절한 대응을 위한 세계유산협약의 역할, 기타 UN 및 국제기구와의 협력방안에 대하여 다루었다. 세계유산협약에 가입된 국가는 의무적으로 자국의 문화유산을 보호할 의무가 주어지므로 세계유산의 등재신청과 등재 후 모니터링 과정에 기후변화에 대한 적응 및 완화조치를 포함하여야 한다고 문서는 말하고 있다. 또한 세계유산의 보존, 관리, 활용, 소비의 모든 과정 동안 배출되는 온실가스를 규제하고 이를 줄이기 위한 기후변화 ‘완화’ 운동에 모든 커뮤니티가 동참해야 하고, 구체적인 전략과 주안점을 공동으로 실행해야 한다고 명시하고 있다. 세계유산 관련된 모든 기술은 에너지 효율적이고 탄소중립적인 기술이 적용되어야 한다고 언급하고 있다.

11) UNESCO, 2007, Case studies on climate change of World Heritage.
 12) UNESCO, 2007, Predicting and managing the effects of climate change on World Heritage.
 13) UNESCO, 2007, Policy document on the impacts of climate change on World Heritage properties.

최근에는 문화유산의 기후변화 관련하여 ICOMOS의 활동이 두드러지고 있다. 2017년에 인도 델리에서 개최된 총회에서 파리협약 관련하여 기후행동 결의안을 채택하였고 같은 해 Climate Change Working Group을 창설하여 행동전략과 국제협력사업을 활발히 추진하고 있다. 2019년에 The Future of Our Past 보고서를 발간하여 기후변화 문제에 보다 적극적으로 대응하고 문제인식을 확산하려는 노력을 하였다. 최근에는 ICOMOS Charter에 세계유산의 기후취약성지표를 포함시키는 작업을 진행 중이다.

Table 3. Major activities of intergovernmental and non-governmental organisations on climate change and heritage

기관	연도	내용
UNESCO	2005	세계유산위원회 : 문화유산의 기후변화 위협 공개적 발제
	2006	세계유산위원회: 기후변화 영향을 예측하고 대응할 수 있는 전략 논의
	2007	“Case studies on climate change and World Heritage” 보고서 발간
	2007	“Predicting and managing the effects of climate change on World Heritage” 보고서 발간
	2007	“Policy Document on the Impacts of Climate Change on World Heritage Properties” 정책 문서 발간
	2019~	ICOMOS, IUCN, UNESCO 공동으로 UNESCO 기후변화정책문서(2007년) 개정 작업 (2020년 최근 개정안의 전문가 검토 마무리 단계)
ICOMOS	2017	인도 델리 총회에서 파리협약의 채택을 환영하고 기후행동을 위해 결의안 19GA 2017/30 채택
	2017	Climate Change Working Group 창설 - ICOMOS-CCWG
	2019	“The Future of Our Past: Engaging Cultural Heritage in Climate Action” 보고서 발간
	2020	“ICOMOS Charter on Climate Change and Heritage” 작업 중 - 기후취약성지표(CVI) 개발 포함
UN-그리스외교부	2019	UN기후행동정상회의(Climate Action Summit)와UN-COP25(유엔기후변화협약 당사국 총회)와 연계하여 “Climate Change Impacts on Cultural Heritage : Facing the Challenge” 국제컨퍼런스개최, 공식적으로 문화유산 문제가 포함되어 논의됨
국제커뮤니티	2018	“Climate Heritage Network” 국제 커뮤니티 발족
	2019	Google, CyArk “Heritage on the Edge” 웹사이트 개설 - 기후변화로 인한 문화유산 소실 경각심 고취 목적

ICOMOS는 UNESCO와 함께 기후변화에 대한 논의와 활동을 가장 활발히 하는 민간단체로서 문화유산 전문가들로 구성되어 최신 연구동향을 빠르게 업데이트하고 이를 즉각적으로 정책에 반영하고 있다. 최근 ICOMOS는 ‘기후변화에 대한 대응’과 ‘회복탄력성의 근원으로써 유산 활용’의 관점에서 문화유산과 기후변화의 문제를 접근하고 있다. ICOMOS는 문화유산의 취약성 및 영향평가 도구개발, 유산의 관리 및 보존을 위한 새로운 정책과 방법론 개발, 문화유산과 기후과학의 연계 강화, 문화유산기반 기후변화 저감 솔루션 확대, 전지구적 기후정책 및 활동에 문화유산에 대한 문제를 주요 해결과제로 선정하여 견인하고 있다. 최근 기후변화와 관련된 ICOMOS의 성과는 “The Future of Our Past: Engaging Cultural Heritage to Climate Action(2019)” 보고서에 집약되었다.

이 보고서는 기후변화가 문화유산에 미치는 영향을 기온상승, 해수면 상승, 강수량 및 습도, 해빙 손실, 빙하 용해, 영구동토층 해빙, 동결-용해주기의 변화, 해수온도 상승, 극한기상 빈도 증가, 가뭄, 건조, 폭염, 바람의 변화로 정의하고 이를 목록화 하였다. 이 보고서의 중요한 관점은 문화유산을 기후변화의 피해 대상으로만 보지 않고 활용 대상으로 보고 있다는 점이다. 기후변화의 문화유산 피해를 예방하는 것에만 치중하지 않고 문화유산을 통해 기후변화를 적극적으로 저감하는데 기여하는 것이 중요하다고 강조하고 있다. 이는 문화유산을 지속가능한 발전의 수단으로 인식하고 있음을 의미한다.

문화유산의 기후변화 위기의식은 최근 그리스에서 개최되었던 UN 기후행동정상회의와 기후변화협약당사국총회에서 중요하게 부각되었다. 회의의 주관자인 그리스 정부는 총회의 부대행사로 Climate Change Impact on Cultural Heritage 국제학술회의를 개최하였다. 문화 및 자연유산에 대한 기후변화의 영향과 문제를 국제 기후변화 협의체들과 공유하고 논

의하여 인식을 확산하고 통합 대책 프레임워크를 만들기 위해서였다. 이 학술회의에서 주로 기후변화가 문화유산에 미치는 영향과 최선의 실행 방안 및 정책적 대응이 논의되었다.

3.2 연구동향

기후변화 연구를 주도한 유럽은 2000년 이후에 문화유산의 ‘기후변화 영향(climate change impacts)’, ‘기후 위협(climate threats)’, ‘기후 위험(climate risk) 등의 키워드를 중심으로 범유럽 연구지원사업이 시작되었다. 초기연구는 기후변화로 야기되는 문화유산의 재해와 물리적 손상 전망과 예측을 위해 재질별, 가해인자별 문화유산의 손상함수를 개발하고 손상 변수별 시나리오를 산출하는 데 초점이 맞춰졌다. 이 연구들은 기후변화로 인한 유럽의 전반적인 문화유산 피해를 전망하는데 과학적 근거가 되었다. 이후 예측기술의 신뢰도 향상을 위한 정밀연구와 사례연구, 미래 기후지표 개발 연구를 시행하였다. 개발된 지표에 따라 위험도 평가를 수행하고, 정성적 및 정량적 평가도구를 개발하였다. 근래에는 문화유산의 직접적인 감시자이자 관리자의 역할을 하는 지역사회가 기후변화 모니터링에 참여할 수 있도록 비전문가가 활용할 수 있는 기후변화 모니터링 및 위험평가 매트릭스를 개발하는 연구를 진행하였다.

2000~2006년까지 지속가능한 발전을 목표로 시행된 유럽의 FP6-SUSTDEV에서 기후변화를 주된 주제로 다루었고, 이어진 FP7(2007년~2013년)은 이전 프로그램과 연계하여 ‘환경’을 주제(FP7-ENVIRONMENT)로 기후변화 연구를 이어갔다. 큰 틀의 환경 연구 내에서 세부 지원 분야 중 문화유산의 보호, 보존 및 강화 프로젝트가 수행되었다. 이 세부 프로그램은 교토의정서 및 포스트교토의정서의 이행을 포함하여 기후변화의 이해, 친환경 기술개발을 통한 자연과 인문자원 관리 체계 개선을 목표로 두었다. 세부 지원분야는 중 ③ 환경기술 부문에 ‘문화유산의 보호, 보존 및 강화’를 구체적으로 명시하고 인문 및 이공분야 총 13개 대형 연구프로젝트를 지원하였다(Table 4). FP7가 종료되고 2014년부터 2020년까지 HORIZON2020에서는 유럽 내 문화유산연구의 통합 이니셔티브를 만들어 유럽 문화유산의 정책 개발, 연구 커뮤니티 육성, 인재양성, 연구 공유, 공동 연구활동 지원, 연구 프로그램 공동개발, 장기적 연구증진을 목적으로 이공학적 직접 연구

Table 4. Strategic agenda for cultural heritage and climate change in EU Framework Programme

프로그램 명	주요 내용
FP7 (2007-2013) -ENVIRONMENT Specific Programme “Cooperation”: Environment (including Climate Change)	<ul style="list-style-type: none"> • 이전 FP6-SUSTDEV 프로그램과 연계한 ‘환경’ 부문 특별 프로그램 • 연구비 규모 : 총 18억 9천만 유로(한화 약 2.5조원) • 목적 : 기후변화 이해, 친환경 기술개발을 통한 자연과 인문자원 관리 체계 개선 (교토의정서와 포스트 교토의정서 이행 목적) • 세부지원분야 <ol style="list-style-type: none"> 1. 기후변화, 오염 및 위험 부문 <ul style="list-style-type: none"> - 환경과 기후에 대한 압력 / 환경과 건강 / 자연재해 2. 지속 가능한 자원 관리 <ul style="list-style-type: none"> - 천연/인문 자원 및 생물 다양성의 보존과 지속 가능한 관리 / 해양 환경 관리 3. 환경기술 <ul style="list-style-type: none"> - 자연 및 인문 환경의 관찰, 시뮬레이션, 예방, 완화, 적응 및 복원을 위한 환경 기술 - 문화유산의 보호, 보존 및 강화(인문/이공분야 13개 프로젝트 지원) - 기술 평가, 검증 및 테스트 4. 지구 관측 및 평가 도구 <ul style="list-style-type: none"> - 지구 및 해양 관측 시스템, 환경 모니터링 방법 및 지속 가능한 개발 - 지속 가능한 개발을 위한 예측 방법 및 평가 도구
HORIZON2020 (2014-2020) Joint Programme Initiative – Cultural Heritage	<ul style="list-style-type: none"> • 유럽 내 문화유산연구 통합 이니셔티브 • 목적 : 유럽 문화유산 정책 개발, 연구커뮤니티 육성, 인재양성, 연구 공유, 공동연구활동, 연구 프로그램 공동개발, 장기적 연구증진 • SRA(Strategic Research Agenda)에 ‘문화유산자원 보호’ 의제를 만들어 ‘기후 변화를 포함한 환경 및 인위적 영향에 의한 문화유산의 취약성을 식별하고 관리’ • 주요 연구영역 : 보존, 적응, 완화

외에 연구기반을 다지기 위한 제도 개선 연구도 실시하였다. 또한 전략 연구를 포함시켜 문화유산과 기후변화 연구를 ‘보존’, ‘적응’, ‘완화’ 세 분야로 정의하고 연구체계를 갖추었다.

위의 연구프로그램에서 지원한 NOAH'S ARK(2004-2007)와 Climate for Culture(2009-2014)는 우리가 중요하게 참고할 만한 연구이다. NOAH'S ARK 프로젝트는 초기 범유럽 연구로써 이탈리아, 영국, 스페인 등이 참여하여 손상함수 개발, 기후변화 영향 예측, 위험지도 작성, 취약성 평가 전략 등을 연구하였고, 기후변화와 문화유산 연구의 방향 및 목표를 구체적으로 수립하고 중요 대응 분야를 선정하는데 기여하였다.¹⁴⁾ NOAH'S ARK의 후속 연구로써 Climate for Culture(2009-2014)에는 보다 구체적으로 기후변화 관련 피해 모델링, 고해상도 위험지도 작성, 모니터링 및 기술개발, 기후변화 완화 연구 등이 포함되었다. 유럽 국가뿐만 아니라 이집트가 함께 참여하여 총 14개국 27개 기관이 연구를 수행하였다. 이전의 연구가 건축문화유산 외장재료의 피해와 영향 예측에 초점이 맞추어졌다면 이 연구는 건축문화유산 실내 환경 변화에 따른 영향과 소장품 관리, 실내 보존환경 변화 및 저에너지 관리 등에 더욱 초점이 맞춰졌다. 다시 말해 기후변화 완화기술의 개발로 관점이 이동한 것이다.

Climate for Culture 연구는 위험지도 정밀도를 높여 이전의 50×50km 격자 지도의 해상도를 10×10km로 향상시켜 보다 작은 공간단위에서 영향예측이 가능하도록 하였다. 개별 건축문화유산의 온습도 모델링을 위한 시뮬레이션 소프트웨어를 개발하여 최종 사용자(문화유산 관리자)의 활용을 목적으로 한 기술적 지원도구를 개발한 것도 이전 연구와 차별점이다. 연구팀은 문화유산의 기후변화·적응·완화를 위해 에너지 효율성 개선 연구를 포함하여 경제성 부문도 검토하였다. 또한 훈련 및 교육과정을 개발하여 연구결과의 활용성을 높였다.

FP6와 FP7에 이어 HORIZON2020에서도 많은 문화유산과 기후변화 연구가 지원되었다. 이전의 연구가 유럽 전지역을 대상으로 하는 종합적 연구였다면 HORIZON2020 이후에는 세분화되고 구체적인 연구가 시행되었다. 극한기상에 의한 화재 대응 연구(FIRESENSE, 2009-2013), 해양 선박 문화재 기후변화 피해 예측 관련 연구(WRECKPROTECT, 2009-2011), 석조유산의 다기능성 표면 처리제 개발 연구(HAP4MARBLE, 2015-2018), 생체 재료(네이커)를 활용한 석조 보존처리제 개발 및 효과검증 연구(BIONA4ART, 2019-2021) 등이 진행되었다. 관련 연구의 주제가 다양해지고 산출되는 자료의 양이 방대해져 이들을 통합관리하는 인프라구축 연구(IPERION CH, 2015-2019)와 정보 통합 플랫폼 구축 연구(HERACLES, 2016-2019)도 수행되었다. 최근 이전 연구의 신뢰도 향상과 고도화를 위해 모니터링 통합모델 개발(WARMEST, 2017-2021), 기후변화와 극한기상에 의한 고해상도 위험지도 구축(HYPERION, 2019-2022) 등이 진행 중이다.

Table 5. ARecent major research projects related to cultural heritage and climate change in EU

Research acronym	Topics
NOAH'S ARK (2004-2007)	- 손상함수, 영향 예측, 위험지도, 취약성 평가, 전략
FIRESENSE (2009-2013)	- 극한기상과 화재 감지/대응 관리 시스템 개발
CLIMATE FOR CULTURE (2009-2014)	- 기후변화 피해 모델링, 고해상도 위험지도, 모니터링, 적응기술(극한기상 제외)
WRECKPROTECT (2009-2011)	- 해양 선박 문화재 기후변화 피해(테레도충) 예측
NANOMATCH (2011-2014)	- 석조 건축문화재 나노 신소재 강화제 개발
HERITAGE PLUS (2013-2018)	- 문화유산 분야 범유럽 공동연구프로그램 설계 및 기획
HAP4MARBLE (2015-2018)	- 석조유산의 다기능성 표면 처리제 개발
IPERION CH (2015-2019)	- 문화유산 분야 범유럽 연구자료 통합인프라 구축(데이터 공유)
SMART (2016-2018)	- 저비용 환경모니터링 모듈 및 정보처리 시스템 개발
HERACLES (2016-2019)	- 문화유산 위험 인식과 정보 통합 플랫폼 구축, 고도화 및 관리
STORM (2016-2019)	- 손상예측모델/비파괴진단도구 개발, 센서 및 예방 시스템 개발
WARMEST (2017-2021)	- 모니터링/위험진단을 위한 리모트센싱 통합 모델 개발
STABLE (2018-2022)	- 석조교량문화재 구조안정성 위험평가
HYPERION (2019-2022)	- 기후변화/극한기상 고해상도 위험지도, 손상함수개발, 센서 및 모델링도구 개발

14) Sabbioni 외, 2010, The Atlas of Climate Change Impact on European Cultural Heritage-Scientific Analysis and Management Strategies.

4. 분석과 시사점

문화유산의 기후변화 대응연구를 선구적으로 시작했던 유럽은 초기에 주로 ‘적응(adaptation)’, 즉 문화유산의 피해예방과 저감에 초점을 맞추어 연구를 진행하였다. 기후변화 영향평가와 예측, 위험지도 작성, 취약성 평가 등을 실시하여 미래기후에 의해 문화유산에 발생할 가능성이 높은 재해와 피해유형을 선별하고 전략적으로 대응하기 위함이었다. 이는 기후변화 대응의 과학적 및 이론적 근거를 마련하고 기초자료를 구축하는데 기여한 것으로 평가된다. 기초연구 이후 개별 문화유산의 피해모델링, 고해상도 위험지도 산출, 모니터링, 연구결과 활용 및 확산 연구가 다양해지고 정밀해졌다. 기후변화 연구가 확대됨에 따라 막대한 자료가 산출되자 이를 효과적으로 관리하고 활용하기 위해 정보통합플랫폼 구축과 스마트제어시스템 연구가 최근 점차 증가하고 있다. 기후변화 대응기술도 자연스럽게 4차산업 및 디지털 정보통신 시대에 적합하게 변천하고 있는 것으로 보인다.

이와 더불어 근래에는 ‘완화(mitigation)’ 부문의 중요성이 점점 강조되는 추세이다. 기후변화에 더욱 능동적으로 대응하기 위해 문화유산의 보존, 관리, 활용, 소비의 모든 과정과 주체에 탄소중립을 지향하고 이의 실행에 적극적으로 동참하도록 강조하고 있다. 역사건축물의 유지관리를 위해 소요되는 에너지를 줄이기 위해 저에너지 또는 패시브기술이 적용되고, 저탄소배출 보존재료와 기술이 개발되고 있다. 이러한 맥락에서 전통기술의 복원과 보존이 더욱 중요해질 것이라 생각된다. 산업화 이전의 전통기술은 근본적으로 탄소중립에 더욱 가까울 것이기 때문이다. 전통기술을 재현하여 현대에 활용하면 기후변화 완화에 도움이 되는 것은 물론이고, 다시 문화유산의 보존과 전승에도 기여하여 지속가능한 발전이 가능하도록 할 것이다.

이에 비해 국내는 ‘적응’과 ‘완화’ 부문 모두에서 적극적인 대응이 부족한 편이다. 국가정책에 문화유산 기후변화 대응 대책이 반영되지 못할 뿐만 아니라 관련 연구자의 층이 얇은 실정이다. 5개년 단위의 국가기후변화적응대책에서는 천연기념물만 고려되었고 문화유산은 소외되어 있다. 기후변화 대응을 위한 정부주도의 기획연구가 몇 차례 진행된 바 있지만¹⁵⁾¹⁶⁾¹⁷⁾¹⁸⁾, 본격적인 후속연구지원으로 이어지는데 한계가 있었다고 평가된다. 매년 집중호우로 많은 문화유산이 반복적으로 피해를 입고 있는 상황을 고려하면 문화재 재해의 예측과 사전예방이 중요하게 고려되어야 할 것으로 보인다. 기술적 측면에서 보면 국내 문화유산의 기후변화 위험도 평가기술의 확보가 가장 시급하다. 이를 통해 피해에 노출된 취약한 문화유산 유형과 지역을 선별하여 우선적으로 대응하고 이 결과에 따라 순차적인 대응계획 수립이 가능할 것으로 판단된다.

5. 결론

최근 모든 분야에서 활발히 논의되고 있는 기후변화 의제는 문화유산 분야도 예외가 아니다. 기후변화는 특정한 지역이나 집단의 문제가 아니라 전지구의 공동 문제이자 함께 해결해야 할 과제이다. 유럽연합에서 범국가적인 대책 논의를 시작으로 UNESCO와 ICOMOS에서 문화유산의 기후변화 적응과 완화를 위한 정책방향과 실행계획을 수립하고 피해저감과 기후행동 동참을 주도하고 있다. 또한 유럽연합은 ‘기후변화와 지속가능한 발전’을 주요 의제로 정하고 그 안에 문화유산 분야의 연구를 전략적으로 지원하였다. 초기의 위험도 평가, 과학적 근거자료 산출 기초연구를 시작으로 기후변화 영향 예측기술의 고도화를 거쳐 현재에는 정보통신기술을 접목한 기후변화 IT 기술과 탄소중립기술에 중점을 두고 발전하고 있다. 국내 연구와 정책의 진전도를 고려할 때 한국은 기후변화에 의한 문화유산의 영향을 광범위하게 파악할 수 있는

15) 국립문화재연구소, 2010, 기후변화대응 문화유산기술(CHT) 기획연구.

16) 문화재청, 2011, 기후온난화에 따른 목조문화재 침입 생물종정보 확보 및 대응방안 마련.

17) 문화재청, 2012, 기후변화 적응을 위한 문화재보호 종합대책수립.

18) 국립문화재연구소, 2013, 기후변화 대응 옥외 목조문화재 가해 생물 중장기 기획연구.

위험도 평가를 우선 실시하는 것이 가장 시급하다고 생각한다. 위험도에 따라 대응 시급성을 결정하고 선택적인 대응계획을 수립하여 피해를 저감하는 방안을 수립하는 것이 현실적으로 가장 필요할 것으로 판단된다. 이뿐 아니라 전통기술을 활용하여 기후변화 완화에 기여할 수 있는 기술개발도 동시에 이루어져 기후변화 적응과 완화 부문에 균형적인 대응이 이루어져야 한다. 오는 2021년 이탈리아에서 열리는 G20의 각국 문화부장관 회의에서 ‘기후변화와 문화유산’이 의제로 채택되었다. 한국도 문화유산의 기후변화 대응이라는 글로벌 이슈에 공감하고, 전세계적 문화유산 기후행동에 동참할 준비가 되어야 할 것이다.

감사의 글

이 연구는 2020년 국립문화재연구소의 지원을 받아 수행되었으며 지원에 감사드린다.

References

- CHA (2012) Establishment of Comprehensive Countermeasures for Climate Change Adaptation of Cultural Heritage.
- CHA (2020) Press release article “47 cases damage to heritage due to heavy rainfall”, Aug 12, 2020.
- ICOMOS, 2019, The future of our pasts: engaging cultural heritage in climate action.
- IPCC (2018) Annex I: Glossary [Matthews, J.B.R. (ed.)]. In: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. p.544.
- Korea Adaptation Center for Climate Change (2020) Information Portal of KACCC, https://kaccc.kei.re.kr/portal/climatechange/climatechange_list.do
- Korea Meteorological Administration (2020) Aug 2020 Climate Analysis Information, pp.1-13.
- National Research Institute of Cultural Heritage (2010) Scoping Research of Cultural Heritage Technology (CHT) for Climate Change Response.
- National Research Institute of Cultural Heritage (2011) Securing of Invasive Biospecies Information and Establishing of Adaptation Strategy Against Global Warming.
- National Research Institute of Cultural Heritage (2013) Mid to long-term Biological Scoping Research for Climate Change Response of Outdoor Wooden Heritage.
- Sabbioni et al., 2010, The Atlas of Climate Change Impact on European Cultural Heritage-Scientific Analysis and Management Strategies.
- The Guardian, 2020, ‘Venice floods as forecasts fail to predict extent of high tide’, <https://www.theguardian.com/weather/2020/dec/08/venice-floods-as-forecasts-fail-to-predict-extent-of-high-tide>
- UNESCO, 2007, Case studies on climate change of World Heritage.
- UNESCO, 2007, Policy document on the impacts of climate change on World Heritage properties.
- UNESCO, 2007, Predicting and managing the effects of climate change on World Heritage.
- World Heritage Centre, 2020, SOC(State of Conservation) <https://whc.unesco.org>
- Yeonhap News (2020) “Butterfly effect of global warming, melting of north glacier caused rain bomb in Korea, China and Japan”, 4 Aug, 2020 News report.