

기후변화에 따른 폭염 중장기적 적응대책 수립 및 관리 방안*

최지혜, 하종식**

Strategy for Development and Management of a Long-term
Heatwave Plan Addressing Climate Change*

Jihye Choi, Jongsik Ha**

한국환경정책·평가연구원(Korea Environment Institute)

제출 : 2015년 3월 11일 수정: 2015년 6월 24일 승인 : 2015년 8월 27일

국문 요약

폭염은 과거 하절기에도 있어 왔던 현상이나, 최근 기후변화로 인하여 발생빈도 및 강도가 심화되고 폭염 발생시기의 불확실성이 가중됨에 따라 그 피해는 더욱 커지고 있다. 이에 폭염 대응은 폭염 발생 후 대응뿐만 아니라 사전에 그 피해를 예방할 수 있도록 중장기적 차원의 접근이 요구된다고 할 수 있다. 이에 국내 폭염 대응은 현재의 폭염에 대응하는 단기적인 대책에 미래 기후변화를 고려한 사전 예방적 차원의 관련 분야를 망라하는 포괄적 대책, 그리고 이를 중장기적으로 관리함으로써 수정·보완해가는 대책으로 수립되어야 한다. 국내 폭염으로 인한 피해 및 이에 대한 현재의 국내 폭염 대책을 고찰하고 대책통합과 적응관리의 프레임워크를 적용하여 기후변화를 고려한 폭염 대응의 중장기적 적응대책 수립·관리 방안을 제시하였다.

■ **주제어** ■ 기후변화, 폭염, 포괄적/사전예방적 접근, 대책통합, 적응관리

Abstract

Heat waves are not new, but due to climate change, the probability of occurrence and severity of heat waves increases, which results in more adverse impacts and damages on local community. Accordingly, the need to tackle heat waves in a more comprehensive and precautionary manner increases. Our study therefore lays emphasis on 1) a long-term plan which not only includes short-term plans in response to the observed damages, but also incorporates relevant sectors to deal with potential impacts in longer term perspective; and 2) a mechanism to manage and adjust the plan in a sustainable manner. In doing so, it examines the impacts of heatwaves and existing plans to tackle them. Based on that, two key conceptual frameworks, namely policy integration and adaptive management, are applied to provide strategies for the development and management of a long-term *adapting* heatwave plan addressing climate change.

■ **Keywords** ■ Climate Change, Heat Waves, Comprehensive and Precautionary Approach, Policy Integration, Adaptive Management

* 본 연구는 한국환경정책·평가연구원(KEI)에서 수행된 「기후변화 폭염 대응을 위한 중장기적 적응대책 수립 연구 (RE 2014-19)」의 연구결과 일부입니다.

** 교신저자: jsha@kei.re.kr

I. 서론

최근 기후변화와 연계하여 지역사회 주민의 여름철 핵심 이슈는 태풍, 집중호우, 폭염 등 이상기상의 영향 및 대응이다. 특히 폭염의 인명 및 재산상의 피해는 기후변화로 인해 그 발생빈도가 증가하고 강도가 높아진다는 것에 심각성이 있다. 국립기상연구소(2011)는 온실가스 배출 시나리오인 RCP 8.5 및 RCP 4.5에 따라 21세기 말(2070~99)에 한반도 평균기온은 각각 6.0℃ 및 3.4℃ 상승할 것으로 보고하고 있으며, 이로 인해 2050년 폭염은 현재보다 약 3배, 열대야는 약 6배 증가할 것이라고 전망한 바 있다. 더불어 최근 기후변화에 관한 정부 간 패널(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)은 2014년 5차 보고서를 통해 향후 폭염과 기후변화의 연결고리가 점차 강화될 것이라고 전망하였다. 이는 현재 폭염에의 대응이 점차 기후변화로 인한 폭염에의 대응으로 확대되어야 함을 의미한다.

기후변화로 인한 폭염에의 대응은 기존 폭염 대응에 비해 다음 2가지를 더 고려할 필요가 있다. 첫째, 기후변화로 인하여 폭염의 빈도 및 강도가 증가함에 따라 현재 나타나는 폭염의 영향 및 피해에 대응하면서 동시에 근본적으로 폭염으로부터 받는 영향을 저감시키려는 접근이 필요하다. 이는 폭염의 직접적, 일차적 영향을 받는 건강 분야 외에 도시, 주거환경, 에너지 등 다분야의 포괄적 접근을 요구한다. 둘째, 기후변화는 장기적 관점에서 조명해야 하는 이슈인바 이를 고려한 폭염 대응 역시 단기 대책 뿐 아니라 중장기적 대책의 수립을 요구한다. 이는 단순히 대책 목표 달성시기로 구분하기 보다는 기존 대책 이행의 영향 또는 결과를 반영하여 대책을 지속적으로 수정·보완해 나가는 메커니즘의 포함을 의미한다.

한편, 현재 국내 폭염 대응은 「폭염대응종합대책」과 「국가기후변화적응대책」의 부문별 세부시행계획으로 이원화되어 추진되고 있다. 사업은 주로 폭염의 건강 영향에 집중되고, 단기적 대책 위주이며, 부처 간 산발적 운영으로 인해 중복되는 사업이 있어 한계를 지닌다. 이에 본 연구에서는 첫째 사전 예방적 차원에서 폭염의 직간접적인 영향을 받는 부문을 포괄한 폭염 관련 대책의 통합, 둘째 대책을 지속적으로 수정 및 보완하여 실효성을 확보할 수 있는 적응관리 방안을 적용하여 국내 기후변화에 따른 폭염 중장기적 적응대책 수립 및 관리 방안을 제시하고자 한다.

II. 연구방법

기후변화를 고려한 폭염의 중장기적 적응대책 수립 및 관리 방안을 제시하기 위하여 먼저 여러 분야에서 나타나는 폭염 영향을 조사하고, 타 분야로 전이 및 파급되는 효과를 그림으로써 제시하고자 하였다. 또한, 현재 국내 및 해외 주요국의 폭염 대책 특성을 검토하고 주요 대응 전략을 도출하였다.

1. 폭염의 영향 및 국내외 폭염 대책 현황

1) 폭염의 영향 및 피해 경로

폭염은 개인의 건강뿐 아니라 다양한 산업에 영향을 미치고, 이는 사회·경제적 영향 및 피해로 이어질 수 있다. 폭염 관련 국내외 문헌조사를 통해 건강, 대기환경, 농축수산업 등 1차 산업, 사회기반시설, 그리고 도시/건축 환경에 미치는 폭염의 영향을 살피고, 그 영향 및 피해가 타 부문에 전이 및 파급되는 외부효과를 파악하여 <그림 1>에 제시하였다.

첫째, 폭염에의 직접적인 노출은 온열질환자 및 냉방병 환자의 발생과 불면증, 불쾌감, 피로감 증대 및 탈진의 원인이 된다(질병관리본부, 2012). 이러한 건강영향은 노동생산성 및 효율의 감소로 이어질 수 있으며, 이는 산업의 피해로 전이될 수 있다(Climate Council of Australia, 2013; Kjellstrom, McMichael, 2013).

둘째, 지속되는 고온은 오존 등 대기오염물질의 농도 증가를 초래할 수 있다(Klinenberg, 2002; Fiore et al., 2012). 이는 나아가 호흡기 질환의 발생이나 면역기능 저하의 원인이 됨으로써 건강영향으로 환원될 수 있다(OECD, 2008).

셋째, 역치온도(threshold temperature) 이상의 고온 환경은 농축수산업 등 1차 산업에 피해를 줄 수 있다. 기온이 생존한계온도 이상으로 상승하는 경우 농작물은 고사하게 되며, 역치온도 이상의 고온 환경에서는 고온장해 또는 작물생산성 하락으로 인해 농작물 수량 감소나 품질 저하로 이어지게 된다(김창길 외, 2012; USDA, 2012). 축산업 역시 고온 스트레스를 받은 가축의 생산성 저하나 심한 경우 집단 폐사의 피해를 입을 수 있으며(UK Met Office Hadley Centre, 2010; Henry et al., 2012), 일사량 증가로 인한 적조 발생은 양식장에 피해를 줄 수 있다(정명생 외, 2007; FAO, 2008). 이 같은 1차 산업의 피해는 수급불균형으로 인한 농축수산물 가격 인상의 원인이 되며, 공급량 부족에 따른 주민불편 역시 주민의 복지에 영향을 준다. 또한, 고온 건조한 기후가 지속되는 경우

가로수 등 개체목의 고사율이 증가하고 산불발생의 위험도 증가하는데(NCADAC, 2013), 이 역시 지역사회 주민의 건강 및 복지에 부정적인 영향을 끼칠 수 있다.

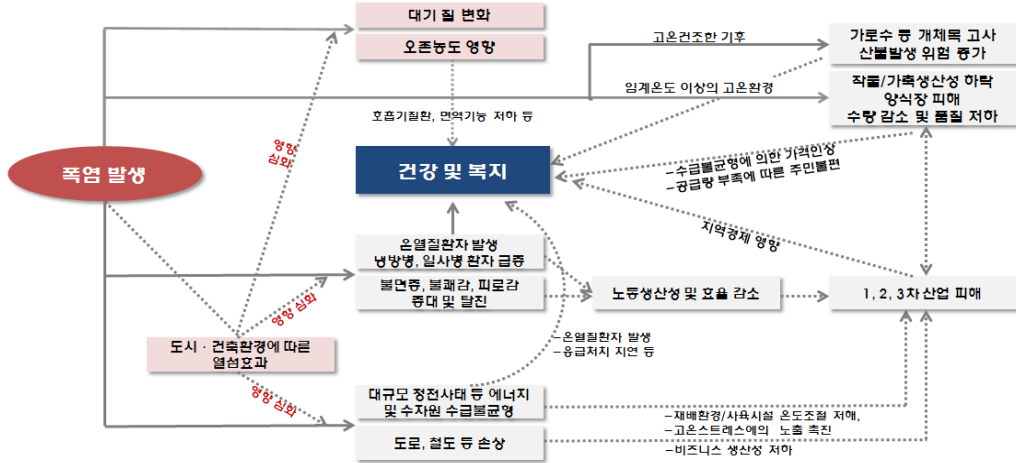
넷째, 폭염의 발생은 에너지 및 수자원 수요의 급증으로 이어져 대규모 정전사태 등 수급 불균형을 일으킬 수 있다(UK Environment Agency, 2007). 이는 온열질환자 발생이나 응급처치 지연 등 지역사회 주민의 건강에 악영향을 끼칠 수 있으며, 1차 산업의 경우에 재배 환경이나 사육시설의 온도조절 기능의 저하로 농축산물이 받는 고온 스트레스가 높아지고, 나아가 작물 및 가축생산성의 저하, 집단 고사 및 폐사 등의 피해를 줄 수 있다. 또한, 폭염의 지속으로 인한 도로나 철도 등의 사회기반시설의 손상은 수송의 지연으로 인한 비즈니스 생산성 저하 등 산업에 영향을 끼칠 수 있다. 이들 모두는 지역사회의 경제에 영향을 끼치는 것으로 최종적으로는 주민복지 영향으로 환원될 수 있다(Maunsell Australia, 2008; Government of Victoria, 2009; NCCAREF, 2010).

마지막으로 이미 언급한 폭염의 영향은 도시 또는 건축 환경 등에 따라 심화될 수 있다. 도시 지역일수록 포장도로 면적 증가나 지표면 개발 등으로 인해 열이나 빛을 가두어두는 효과가 커 알베도(albedo)가 낮고 인공적으로 방출되는 열이 크기 때문에 폭염 발생 시 그 영향 및 피해가 더 심해질 수 있다(Li, Bou-Zeid, 2013).

정리하면 폭염은 건강, 대기 질, 1차 산업, 에너지 및 수자원의 공급, 도로, 철도 등 사회 기반시설 그리고 도시/건축 환경 등에 영향을 주며, 이들은 각각 건강 영향을 악화시키거나 생산 및 경제활동에 영향을 미치는 등 결과적으로 지역사회 주민의 건강 및 복지에 미치는 영향으로 환원된다고 볼 수 있다(그림 1 참조).

이는 다음 2가지 시사점을 제시한다. 첫째, 폭염 대응의 기본적인 목표는 지역사회 주민의 건강 및 복지 향상으로서 이는 뒤에 제시될 주요 대응 전략과 중장기적 적응대책 수립 및 관리 절차에서 구체화된다. 둘째, 폭염의 영향 및 피해가 개별 부문에 국한되지 않고 타 부문으로 전이 및 파급되기 때문에, 이를 효과적으로 다루기 위해서는 포괄적 접근이 필요하다

그림 1 폭염의 영향 및 피해 경로



2) 국내 및 해외 주요국의 폭염 대책 특성

우리나라를 비롯한 영국, 호주, 캐나다, 프랑스의 폭염 대책과 관련하여 시간적인 특성, 사전예방적 차원의 관련 분야 포함 여부 및 기후변화에 대한 적응으로써 수정·보완의 절차 여부 등에 대해 정성적으로 평가해 보았다(표 1 참조).

해외 주요국에서는 초기 단기적 측면의 폭염 대응에서 점차 폭염 대책을 기후변화와 연계하여 중장기적 측면을 강조하는 추세이다. 예를 들어, 영국의 경우 국가적응프로그램(NAP)에서 폭염계획을 보다 장기적인 시각에서 수립해야 할 필요성을 명시하고 있으며, 캐나다의 경우 폭염 대응을 위한 장기 전략을 수립한 바 있다. 또한, 사전예방적 차원에서 폭염 관련 분야를 포괄한 통합적 관리가 강조되고 있다. 초기에는 건강 분야에 한정하여 대책이 수립되었으나, 사회적 인프라에 미치는 영향을 고려한 대책을 강조하는 것으로 나타났다. 그 예로서 영국에서는 폭염 대책과 도시계획, 에너지, 교통 정책과의 연계, 호주에서는 건축물, 교통체계 관련 대책, 캐나다에서는 지역사회 설계, 프랑스의 경우 에너지, 도시계획, 수산업 등과의 연계 강조한 바 있다. 다음으로 대책의 지속적인 수정·보완 등 관리 측면에서 볼 때, 일반적으로 폭염 대책 및 계획의 경우 매년, 기후변화 적응대책의 경우 매 5년마다 수립함으로써 수정·보완을 거치는 형태이다. 정리해보면 해외 주요국에서는 기후변화와 연계하여 중장기적인 폭염 대응을 강조하고 있으며, 건강뿐 아니라 도시계획, 에너지, 교통, 건축물 등 사회기반시설 관련 분야와 연계한 폭염 대책이 강조되고 있음을 알 수 있다.

한편, 우리나라의 폭염 대응은 중앙재난안전대책본부(13년도 기준)에서 매년 5월에 발표하는 「폭염대응종합대책」과 「저탄소녹색성장기본법(제48조 제4항 및 동법 시행령 제39조)」에 근거하여 관계부처 합동으로 매 5년마다 수립하는 「국가 기후변화 적응대책」으로 이원화되어 추진되고 있다. 전자의 경우, 다수의 부처가 관계되나 보건복지부의 건강 영향 관련 대응책을 중심으로 추진되고 있으며, 응급환자 발생대비 응급진료체계 구축을 비롯한 고령자, 독거노인 등 취약계층 보호대책이 핵심이다. 후자의 경우, 폭염을 직접적으로 명시한 것은 건강 분야에 한정되어 있으며, 사전 예방적 차원에서 폭염 영향 및 피해 저감과 관련된 건강 외 분야 대책들을 폭염에 대응한 대책으로 체계화시킬 필요가 있다. 결국 국내 폭염 대응은 전반적으로 단기적 대책 및 사업에 집중하는 경향이 있으며, 국가 기후변화 적응대책상의 중장기적인 대책들은 분야별로 나뉘어 있어 장기적인 비전 제시 및 체계적인 통합·관리에는 다소 미흡한 것으로 평가된다.

표 1 국내외 폭염 대책 특성

구분	우리나라		영국		호주		캐나다		프랑스	
	폭염대응 종합대책	국가 기후변화 적응대책	폭염계획	국가적응 프로그램	연방정부 및 주정부의 폭염계획	국가 기후변화 적응체계	폭염 대응 현황	연방적응 정책체계	국가 폭염계획	국가 기후변화 적응계획
시간적 단계 및 중장기	단기	단기 및 중장기	단기	단기 및 중장기	단기	중장기	단기 및 중장기	단기 및 중장기	단기 및 중장기	단기 및 중장기
사전예방적 차원의 포괄성	주로 건강분야	다양한 분야	다양한 분야로의 확대강조	다양한 분야로의 확대강조	주로 건강분야	주로 건강분야	주로 건강분야	다양한 분야로의 확대강조	주로 건강분야	다양한 분야
기후변화 적응으로서 수정·보완 절차 여부	매년 발표되나 동일한 수준	매 5년	매년	매 5년	-	-	-	주후 구체적 적응계획 수립예정	매년	매 5년

2. 주요 대응 전략

1) 사전예방적 차원: 폭염 관련 대책의 통합

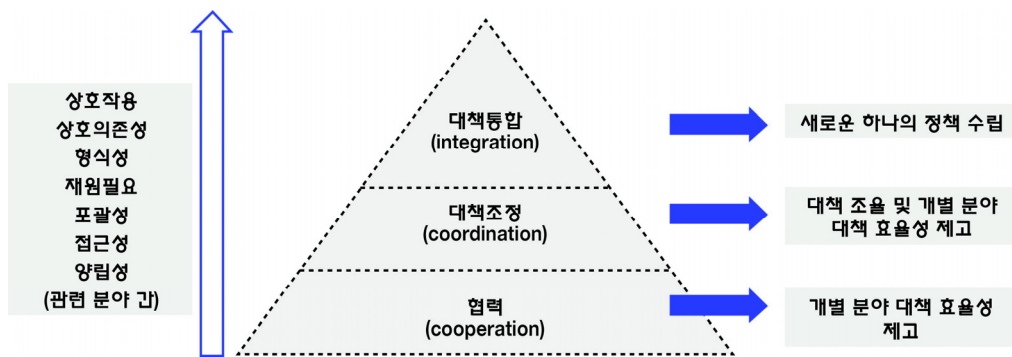
앞서 폭염이 인체 건강뿐 아니라 대기환경, 사회기반시설 및 1차 산업에 영향을 미쳐 지역사회 주민의 일상생활에 불편을 초래하고, 생산활동 및 경제활동에 지장을 주어

주민복지에 영향을 줄 수 있다는 것을 확인하였다. 이처럼 다양한 분야에서 드러나는 영향 및 피해에 대하여 사후적 대응도 중요하지만 사전에 그 영향을 최소화하도록 예방적 조치의 마련이 필요하다. 이에, 건강 분야에 한정돼 있던 기존 대책의 문제점을 개선하기 위하여 폭염 영향 관련 분야의 대책들을 통합하는 것을 폭염 중장기적 적응대책의 주요 전략으로 제안하고자 한다.

환경 정책 분야에서 대책의 통합은 이슈별 분야 구분이 확실했던 과거 1970, 80년대와 다르게 1990년대 이후 지속가능한 발전, 기후변화와 같은 전 지구적 환경문제가 대두 되면서 조명을 받기 시작했다. 특히 Berger and Steurer(2009)은 기후변화가 단순히 환경 분야만의 문제(sectoral environmental challenges)가 아니라 경제, 교통, 에너지 등 다양한 분야에서 고려해야 하는 범분야적 이슈이며, 이러한 이슈의 해결을 위해서 대책통합이 유용하게 사용될 수 있다고 강조한 바 있다.

대책통합은 관련 분야 간 적극적인 상호작용을 통해 형성된 공유된 비전에 기반을 둔 장기적인 관점에서의 대책조율 과정으로 정의될 수 있다(성지은, 송위진, 2008; Meijers, Stead, 2004; OECD, 1996). OECD(1996)은 대책통합(policy integration)의 유사 개념인 대책조정(policy coordination) 및 협력(cooperation)과 비교함으로써 그 특징을 제시하였다(그림 2 참조).

그림 2 대책통합 및 유사개념의 특징



자료: Meijers and Stead(2004)에서 재구성.

대책조정이 각 부문 대책이 일관적, 상호적으로 집행될 수 있도록 대책을 조율/조정하는 데 목적을 둔다면, 대책통합은 다양한 분야가 개입된 새로운 하나의 대책(one joint policy)을 만들어내기 위해 범분야적 목표(a cross-cutting objective)를 설정한다.

대책통합은 제도적 여건 마련 등으로 인해 자원(resources)이 더 소요될 수 있으나, 시공간적으로 포괄적이며, 보다 다양한 이해당사자를 대책 과정에 참여시킬 수 있는 장점이 있다(Meijers, Stead, 2004, p.6). 더불어 대책통합의 과정은 대책 요소나 대책 영역 간 서로 분리되어 모순 혹은 갈등상태에 있던 것들을 시스템적으로 통합함으로써 대책시스템의 중복성이나 누락 등을 고려할 수 있으며, 이는 결과적으로 대책의 실효성을 제고하는 역할을 한다(Briassoulis, 2004; 성지은, 송위진, 2008에서 재인용).

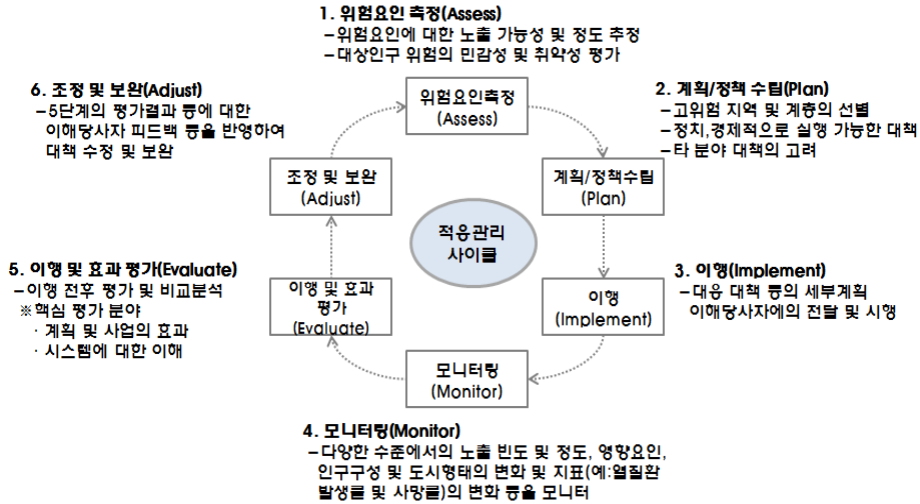
2) 지속가능, 실효성 제고 차원: 적응관리

기후변화에 따라 점차 심화되는 폭염에 적절하게 대응하기 위해서는 장기적인 관점이 필요하다. 하지만 단순히 대책 목표의 달성 시기를 단·장기로 구분하여 장기적인 목표를 갖는 대책의 수립이 필요하다는 것은 아니다. 기후변화로 인한 폭염의 중장기적 대책 수립은 중장기적으로 관리하는 대안을 포함시킴으로써 대책의 지속성을 요구한다. 이에 일회적 또는 즉각적 단기대책의 수립·이행에 그치지 않고 중장기적, 지속적으로 관리하기 위하여 적응관리(adaptive management) 방법론을 활용할 수 있다.

적응관리는 적응관리 사이클(adaptive management cycle)을 통해 적용될 수 있으며, 정책 및 계획 수립의 기반이 되는 위험요인 측정(assess), 계획/정책 수립(plan), 이행(implement), 모니터링(monitor), 이행 및 효과 평가(evaluate), 조정 및 보완(adjust)의 6단계를 통해 대응 대책을 지속적으로 관리 및 발전시키는 과정으로 정의된다(Whicker et al., 2008; Hess et al., 2012)(그림 3 참조).

적응관리 방법론은 기후변화와 같이 불확실성을 수반하고, 사회·경제적 환경이 변동성을 가질 때 유용한 접근방식으로서(Armitage et al., 2008; Stringer et al., 2006; Cundill, Fabricius, 2009), 대책의 시·공간적 범위와 사회의 복잡성 및 역동성의 관점에서 적응관리의 필요성을 설명할 수 있다(Hess et al., 2012). 적응관리는 시간적으로 단기계획과 장기계획의 조화, 공간적으로 기후변화 위험요인의 지리적인 차이 및 지역 간 사회적 자원을 포함한 자원의 불균등으로 나타나는 적응 역량의 차이에 대한 고려로서 유용하게 활용될 수 있다. 또한 사회의 역동성에 기후변화 영향요인이 더해지면 기후변화로 인한 영향의 불확실성이 가중되는데, 이에 대응하는 과정으로 적응관리가 필요하다. 유사한 개념으로서(Grabs, Tyagi, Hyodo, 2007) 및 Howden et al.(2007)은 기후변화가 사회에 미치는 영향을 전체적으로 파악하고 정책 및 사업 이행에 따른 결과를 모니터링 하여 그 내용을 지속적으로 반영하여 개선시키는 접근법이 필요하다고 언급한 바 있다.

그림 3 적응관리 사이클 내용

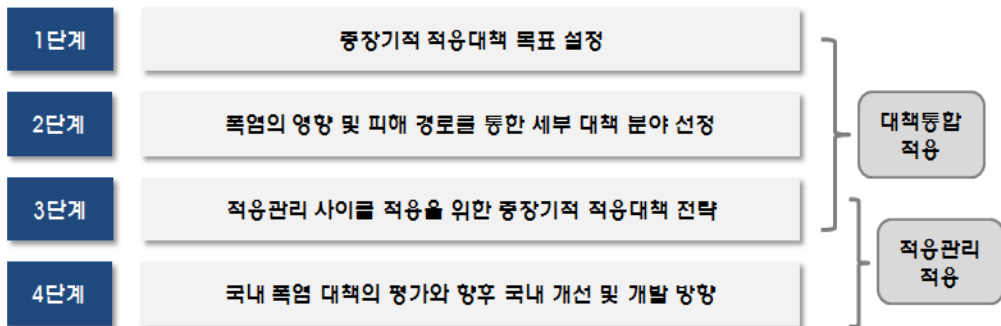


자료: Hess et al.(2012)에서 재구성.

3. 기후변화에 따른 폭염 중장기적 적응대책 수립 및 관리 절차

폭염의 중장기적 적응대책 수립·관리는 대책통합 방법론으로 수립된 대책들을 적응관리 방법론으로 지속적으로 관리해 나가는 순서로 진행될 수 있다(그림 4 참조).

그림 4 중장기적 적응대책 수립·관리 절차



1단계는 기후변화로 인한 폭염에의 대응을 위한 범분야적 목표를 설정하는 것이다. 이는 다양한 분야의 대책들을 하나의 관리 체계로 통합시키는 기반이 된다. 2단계에서는 통합 대상 대책분야를 선정하며, 폭염의 영향 및 피해 경로가 그 근거로 활용된다. 3단계는 통합된 대책의 중장기적 관리를 위하여 적응관리 방법론을 적용하는 단계로서, 1단계에서 설정한 범분야적 목표와 연계하여 적응관리 사이클의 단계별 세부목표 및 주요 수행내용을 기반으로 전략을 마련한다. 마지막으로 4단계에서는 2단계에서 선정된 세부대책 분야에 해당되는 현 국내 폭염 대책을 조사·정리하고, 3단계에서 설정된 세부목표 및 전략을 바탕으로 평가하여 향후 개선 방향 및 신규 대책을 제시한다.

Ⅲ. 연구결과

1. 중장기적 적응대책 목표 설정

폭염의 영향 및 피해는 사람의 사망과 질병 등의 건강 영향뿐 아니라 에너지, 수자원의 공급과 도로·교통 등 사회기반시설과 1차 산업 등 사회 전반에 걸쳐 나타나며, 이로 인해 일상생활에 불편을 주거나 1차 산업의 생산 및 경제활동에 지장을 초래하여 결과적으로는 지역사회 주민의 복지에도 영향을 끼친다. 이는 경제 활동이 인간 삶을 향상시키는 도구로서의 가치를 지니고, 기후변화에 대응한 자연환경의 가치 보전은 그 자체로서만이 아니라 인간사회를 지지해주는 상품과 서비스로서의 가치를 가지기 때문이다. 이에 본 연구에서는 기후변화로 인한 폭염에 대응한 중장기적 적응대책의 목표이자, 폭염 관련 범분야적 대책 통합의 목표로서 ‘지역사회 주민의 건강 및 복지 향상’을 설정하고자 한다.

2. 폭염의 영향 및 피해 경로를 통한 세부 대책 분야 선정

주민 건강 및 복지 측면에서의 폭염 영향경로를 바탕으로 본 연구에서 제안할 중장기적 적응대책의 주요 세부 분야를 선정하였다. <그림 1>과 같이 한 분야에 미치는 영향이 2차적으로는 다른 분야로 전이 및 파급되기 때문에 그 영향 및 피해를 명확히 구분하는 데는 한계가 있으나, 기후변화를 고려한 폭염 중장기적 적응대책의 목표이자 관련 대책들의 최종 귀결점인 지역사회 주민의 건강 및 복지 향상에 근거하여 <표 2>와 같이 세부 분야를 선정하였다.

표 2 중장기적 적응대책의 주요 세부 분야

구분	주요 대책 분야
건강 대응	보건, 환경 (대기환경)
복지 대응	사회기반시설 (에너지, 물관리, 도로·교통), 1차 산업 (농축수산업 및 임업)

기후변화로 인한 폭염의 건강 대응으로서 보건 및 환경 분야로 선정하였으며, 복지 대응으로서 사회기반시설과 1차 산업 분야를 선정하였다. 선정된 주요 세부 분야는 중장기적 적응대책 수립·관리 절차의 4단계인 현 국내 폭염 대책을 조사·정리하고 향후 개선 및 개발 방향 제안의 분야로 활용된다.

3. 적응관리 사이클 적용을 위한 중장기적 적응대책 전략

본 연구에서 제안하는 중장기적 적응대책은 그 정의상 수립된 대책의 체계적인 관리를 통한 지속적인 개선과 신규 대책 발굴의 과정을 포함한다. 더불어 이러한 대책의 지속적인 개선과 신규 대책의 발굴은 중장기적 적응대책의 최종적인 목표인 지역사회 주민의 건강 및 복지 향상을 고려해야 하며 적응관리의 단계별 세부 목표와 수행내용을 제시함으로써 구체화될 수 있다. 본 연구는 캐나다 온타리오 주에서 수행한 지역사회 건강 중심의 폭염 대응 적응관리 적용사례에 기반하여 적응관리 사이클 단계별 세부 목표 및 주요 수행 내용을 구체화하였다(OCCLAR, 2012)(표 3 참조).

표 3 중장기적 적응대책 적응관리를 위한 단계별 전략

최종 목표	지역사회 주민의 건강 및 복지 향상
위험요인 측정	- 목표: 폭염 노출 및 반응에 영향을 주는 다양한 요소들 간의 상호관계 파악 - 수행 내용: 위험집단 파악, 영향 및 취약성 평가
계획/정책 수립	- 목표: 비용 효율적으로 다양한 분야를 고려하여 수행 가능한 계획 수립 - 수행 내용: 고위험 계층 및 지역 선별, 범분야적 대책 수립
이행	- 목표: 대책 등에 있어 이해당사자와의 전달체계 확립 - 수행 내용: 이행체계 확립
모니터링	- 목표: 대책 이행을 통한 영향 정도의 확인 - 수행 내용: 주요 지표의 변화 추이 등 조사
이행·효과 평가	- 목표: 대책 이행의 효과(관리목표), 취약성 및 영향 경로에 대한 이해 제고(목표달성도) 평가 - 수행 내용: 모니터링 및 평가 가이드라인 개발 및 제공, 대책의 이행평가 및 효과성 정량적 평가
조정 및 보완	- 목표: 5단계 평가 결과를 바탕으로 대책 개선 및 보완 - 수행 내용: 평가 결과 반영, 다양한 이해당사자 간 경험 및 정보 교류를 통한 개선

자료: OCCLAR(2012)를 바탕으로 작성.

4. 국내 폭염 대책의 평가와 향후 국내 개선 및 개발 방향

기후변화를 고려한 폭염 증장기적 적응대책 마련은 일차적으로 현 국내 폭염 관련 대책들에 대한 평가를 기본으로 하였다. 국내 폭염 관련 대책은 중앙재난안전대책본부의 2013년 폭염대응종합대책의 부처별 추진사업과 국가기후변화적응대책(2011~15)의 폭염 관련 포괄적인 적응대책으로 정리해 볼 수 있다.

폭염대응종합대책의 부처별 추진사업은 11개 부처, 3개 청에서 운영하는 42개 주요 사업으로 구성되어 있다. 그리고 국가기후변화적응대책(2011~15)은 10개 분야, 29개 추진 과제, 87개 세부과제, 261개 적응사업, 그리고 626개 적응세부사업으로 구성되어 있는데, 본 분석에서는 일차적으로 626개 적응세부사업 중 폭염과 관련되는 용어로서 '폭염, 고온, 재해, 온난화, 이상기상'에 대해서 검색하고, 다음으로 세부사업에 대한 배경 및 필요성, 내용 등을 정성적으로 검토함으로써 폭염 피해 및 영향과 관련한 보건, 환경, 사회기반 시설(도시, 구조물, 수자원 및 에너지), 기타 1차 산업(농업, 수산업 및 임업)의 4개 분야에 관련한 적응세부사업 34개를 선정하였다. 최종적으로 폭염대응종합대책의 42개 주요 사업과 국가기후변화적응대책의 34개 관련 적응세부사업, 총 76개 사업이 기후변화를 고려한 폭염 증장기적 적응대책 마련을 위한 평가 대상이며, 앞서 살펴본 적응관리 사이클 단계별 세부 목표 및 주요 수행 내용에 근거하여(표 3 참조) 국내 76개 대책을 평가하고 개선방안을 모색하였다(표 4 참조).

표 4 기후변화를 고려한 폭염 증장기적 적응대책

구분	주요 증장기적 적응대책
위험요인 측정	<ul style="list-style-type: none"> - 폭염 관련 분야별 피해경로 조사·분석을 통한 관련 대책 근거 마련 - 사회경제적 요인(사회 안전망, 에너지 접근성, 지역사회 환경 등) 고려 - 폭염 피해 분야별(또는 통합) 영향 및 취약성 평가 강화 - 분야별로 구분한 폭염 취약성 평가 - 지자체 수준의 폭염 취약성 평가 가이드라인 개발 및 보급
계획/정책 수립	<ul style="list-style-type: none"> - 분야별 다양한 적응 옵션 및 기술 개발 및 보급 - 기존 국가 및 기존 사업과의 연계 방안 - 우수 적응 옵션에 대한 정리 및 정책 담당자 대상의 홍보/교육 - 지자체 대책 수립 가이드라인 개발/제공 - 지자체 수준 분야별 대책 우선 순위화 방법론 등
이행	<ul style="list-style-type: none"> - 단기 대책에 대한 이행도구 개발 - 폭염특보제 개발 및 운영 - 중앙상황 관리반 구축 및 운영

기후변화에 따른 폭염 중장기적 적응대책 수립 및 관리 방안

구분	주요 중장기적 적응대책
이행	- 중장기 대책에 대한 이행 도모(시범사업 추진 및 법제도적 조치) · 국가 시범사업 개발 및 지원 · 지자체 관련 분야 폭염 대책 고려토록 하는 법적 근거 (조례) 제공 추진
모니터링	- 폭염 관련 분야별 모니터링 지표 개발 및 DB 구축 · 모니터링에 대한 체계 확립
이행·효과 평가	- 지자체 수준의 모니터링 및 평가 가이드라인 개발 및 제공 - 폭염대책위원회(가칭) 운영
조정 및 보완	- 지자체 담당자의 폭염 대책 피드백을 위한 소통채널 구축, 운영 · 실질적인 피해사례, 세부대책 시행과정에서의 불편사항 및 시행착오 등 정보교류

첫 번째, 위협요인 측정(assess) 단계는 취약성 평가나 영향 평가를 주된 내용으로 한다. 본 연구에서 선정한 중장기적 적응대책 주요 대책 분야 중 에너지 및 물 관리 분야를 제외하고는 대부분의 분야에서 이 단계에 해당하는 대책들을 찾아볼 수 있었다. 폭염이나 대기환경의 변화로 인한 건강영향 조사·분석이나 작물생산에의 영향 평가 등이 대표적인 사례라 볼 수 있다. 건강영향 및 1차 산업에의 영향 조사 결과는 대책 수립의 근거로서 필요한 정보를 제공한다는 점에서 중요하다. 하지만 취약성 평가의 경우 그 내용을 찾아보기 힘들다. 물론 건강 분야에서 기후변화 취약성 평가를, 그리고 사회기반시설(도시 및 도로·교통) 분야에 도시의 취약성을 분석한다는 내용이 있지만, 이는 '기후변화 재해 영향에 따른 취약성'으로 그 뜻이 제한적이었다.

중장기적 적응대책 수립을 위한 취약성 평가란 폭염 발생 빈도 및 규모를 변인으로 하는 외부적·물리적 의미의 취약성(physical vulnerability)에서 사회·경제적 요인으로 확장된 취약성(social vulnerability)을 다루는 포괄적인 작업이어야 한다. 구체적으로는 나이, 질병유무 등의 신체적 민감도뿐만 아니라 소득수준에 따른 사회적 안전망 및 에너지 접근성, 지역사회 환경 등의 사회·경제적 요인을 함께 고려할 필요가 있다(Hess et al., 2012; Sullivan, Meigh, 2005). 향후 이와 같이 폭염에의 포괄적인 취약성 평가를 하기 위해서는 국가 차원에서의 취약성 평가 가이드라인 또는 프레임워크의 개발 및 제공이 필요하겠다. UNFCCC와 WHO에서 공동으로 집필한 '건강 중심의 취약성 평가 가이드라인'이나(Kovats et al., 2003), 영국 기후영향 프로그램(UK CIP)에서 2003년 작성한 '기후 적응: 리스크, 불확실성 및 정책결정'이라는 기술보고서는 취약성 평가 수행 및 그 결과를 정책결정 과정에 반영하는 전략 등을 제공하고 있는데(UK CIP, 2003), 향후 기후변화 폭염의 취약성 평가 가이드라인 개발에 참고할 수 있겠다.

두 번째, 계획/정책 수립(plan) 단계는 비용 효율적으로 다양한 분야를 고려한 계획 수립을 목표로 고위험 계층 및 지역 대응 우선순위화, 그리고 다양한 분야를 고려한 대책 수립을 주요 수행 내용으로 포함한다. 현 국내 폭염 관련 대책들 중에 해당되는 대책들이 가장 많은 것으로 평가되었는데, 이들 대책들은 목표를 제시한 수준에 지나지 않아, 이들이 얼마나 구체화되어 이행되고 있는지는 확인해볼 필요가 있다. 다른 한편으로 제한적인 예산으로 인하여 지자체 단위에서의 분야별 대책 수립 및 이행, 소득 및 인구통계학적 그리고 산업 측면의 특징을 고려한 폭염 취약지역의 우선순위화 등에 대한 대책은 부족한 것으로 평가되었다.

향후 국내 폭염 중장기적인 적응대책은 사전 예방적 대책, 범분야적 대책 수립 및 개선·보완 메커니즘을 기반으로 재평가될 필요가 있겠다. 우선 분야별 다양한 적응 옵션 및 기술의 개발, 신규 사업과 기존 사업과의 연계 및 분야별 적응 옵션의 연계 방안 강구, 그리고 우수 적응 옵션에 대한 정보교류 및 분야별 정책 담당자 대상의 교육 및 훈련의 장 마련은 본 연구의 소기 목적인 분야별 통합 및 중장기적 적응대책 마련의 첫걸음이 될 것이다. 이와 함께 지자체 단위에서의 적응대책 수립과 관련하여 제한적인 예산 내에서 대책의 실행가능성 제고를 위해 취약계층 및 취약지역에 대한 우선순위 설정, 지자체 단위에서의 적응 옵션 및 정책 지원 도구의 확보를 위한 방법론 또는 가이드라인 개발보급이 필요하겠다(Hess et al., 2012).

세 번째, 이행(implement) 단계는 다양한 이해당사자 간 합의된 목표 및 비전을 바탕으로 효율적인 대책 이행을 목표로하며, 이를 위해 이행체계 및 정보전달 체계 등의 확립을 주요 수행 내용으로 한다. 이 단계의 대책으로는 건강, 환경, 농축산업과 임업(산림) 분야에서 정보전달 및 리스크 커뮤니케이션 수단 등이 대표적이라고 할 수 있다. 폭염 예·경보시스템 및 폭염 정보전달 체계 구축이 대표적인 사례이며, 건강관리지침 및 폭염 대응 매뉴얼 개발, 홍보 및 교육활동 등도 정보제공의 측면에서 이행 단계에 해당된다.

하지만 현 국내 폭염 대책들이 지자체 수준에서 이행되어야 함에도 불구하고 국가 단위에서 일괄적으로 이행되고 있는 것은 다소 미흡한 점으로 판단된다. 폭염에의 대응이 각 지자체의 특성을 고려할 수 있도록 지자체별 구체적인 이행시기와 예산확보 방안 등의 사항을 폭염대응종합대책의 국가계획 등에 명시하거나, 대책 이행을 위한 가이드라인 및 전략 제시 등을 통해 보완할 필요가 있다. 다른 한편으로 국가 차원에서 시범사업을 개발하여 지자체에 지원하거나, 지자체 내 관련 분야 폭염 대책을 수립 및

이행하도록 하는 법적 근거로서 관련 조례를 마련하는 것은 지자체의 실질 이행을 제고에 도움이 될 것으로 판단된다.

네 번째, 모니터링(*monitor*) 단계는 적응관리를 통한 대책의 지속적인 개선 및 학습의 과정에 가장 기본이 되는 단계이다(Holling, 1978; Hess et al., 2012). 주요 수행 내용은 대책 및 세부사업 이행 전후의 변화 정도를 비교·분석함으로써 대책의 효과성을 평가하는 데 필요한 정보를 제공하는 것이다. 현 국내 폭염 관련 대책들을 살펴보면 모니터링의 성격을 갖는 대책에는 폭염의 인체건강 영향 모니터링 및 응급실 기반 폭염 관련 질환 감시체계가 있으며, 폭염 발생 시 수자원의 대응역량에 대한 주기적인 점검 측면에서 사회기반시설 분야의 비상연계시설 및 급수 지원시설 점검 사업도 해당된다고 볼 수 있다.

하지만 환경, 도시 및 도로·교통이나 산업 분야에서는 모니터링을 위한 대책이 없어 이들 분야의 주요 지표 설정과 모니터링 체계의 확보가 요구된다. 예를 들어, 오존 농도, 폭염 노출 빈도 및 규모(기상학적 정보), 예비(유효)전력량, 녹지 공간 내 지표온도 등을 모니터링한다면 기존 대책들의 효과성을 평가하는 데 유용한 자료가 될 뿐만 아니라 신규 대책 수립의 근거로도 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

다섯 번째, 이행 및 효과 평가(*evaluate*) 단계는 대책 및 세부사업의 이행현황에 대한 평가와 실질적인 효과성에 대한 평가를 목표로 한다. 이 단계는 일회적인 대책 수립 및 이행에 그치지 않고 지속적으로 수정·보완해 나가는 데 반드시 필요하다(Satterstrom et al., 2007). 주요 수행 내용은 모니터링 및 효과 평가의 가이드라인 개발 및 제공, 정량적 분석 등을 포함한다. 하지만 대책의 효과 평가 시 기준조건(*baseline conditions*)이 계속해서 변화하며 대책들이 동시에 이행되는 경우가 많기 때문에 세부 대책들의 각각에 대한 개별적인 효과 평가를 정량적으로 확인하기는 쉽지 않다(Fouillet et al., 2008; UNFCCC, 2010). 현재 국내 폭염 관련 대책들을 살펴보면, 이행 및 효과 평가 단계에 해당되는 대책은 전무한 것으로 평가된다. 향후 세부 대책별, 혹은 분야별 대책의 실효성 제고를 위해서는 국가 수준에서 이행 및 효과 평가의 가이드라인을 개발, 제공하는 것이 필요한 것으로 사료된다.

마지막 여섯 번째, 조정 및 보완(*adjust*) 단계는 이전 단계까지의 평가 결과를 바탕으로 대책을 수정·보완하는 것을 목표로 한다. 주요 수행 내용은 평가 결과의 반영 및 다양한 이해당사자 간 경험 및 정보 교류를 통한 개선을 포함한다. 이는 개선방안 도출에 정량적 평가 결과뿐 아니라 이해당사자들의 실질적인 경험 및 정보 역시 중요한 근거로 사용

될 수 있기 때문이다. 실제로 실질적 피해사례, 세부대책 시행 과정의 불편사항 및 시행 착오 등에 대한 정보 교환을 통해 구체적인 개선방안을 제시할 수 있다. 현재 국내 폭염 관련 대책 중에서 기존 대책의 개선·보완을 포함하는 것으로 3가지 대책(대기환경 관련 1개 대책, 도시계획 관련 2개 대책)이 확인되었으나, 전반적으로는 제도 및 사업의 개선을 다루는 대책이 부족한 것으로 사료된다.

지속적인 관점에서의 폭염 관련 대책의 조정 및 보완은 명목상의 개선이 아니라 실질적인 수정·보완이 이루어질 수 있는 메커니즘의 구축을 요구한다. 구체적으로 살펴보면 대책에 대한 모니터링 및 평가 결과를 반영할 수 있는 환류시스템 구성과 관계부처 및 지자체 담당자 등 이해당사자들의 의견을 수렴하고 이해를 조율할 수 있는 논의의 장 마련이 필요하겠다. 특히 국내 폭염대응종합대책을 국가 수준에서 일괄적으로 수립·이행하는 현실을 고려한다면 관계부처 간 소통채널을 확보하는 것은 폭염과 같은 범분야적 이슈의 대책통합에 있어 가장 기본적인 개선(안)이 될 것으로 판단되며, 이를 위해 폭염대책위원회(가칭) 등을 조직화하여 운영하는 것이 실질적 대책으로 제시될 수 있을 것이다.

IV. 요약 및 결론

하절기 폭염은 과거에도 있었던 현상이다. 하지만 최근의 폭염은 과거에 비해 발생 빈도, 지속일수 등이 증가하고 있으며, 발생 시기를 예측하기 어렵다는 특징을 갖고 있다. 더불어 이러한 폭염 현상에 대해 기후변화와의 연관성을 언급하는 연구들이 늘고 있다. 이에 본 연구는 기후변화와 연계하여 폭염에 대한 중장기적인 적응대책을 수립·관리하는 방안을 제시하는 데 목적을 두고 수행하였다. 본 연구에 적용된 중장기적 적응대책의 수립·관리 방법론은 중장기적인 시간적 측면을 고려함과 동시에 폭염과 관련한 분야를 포괄하여 사전 예방적 차원의 대책들을 통합하는 대책통합과 적응관리이다. 이들 방법론의 적용은 4단계로서 중장기적 적응대책 목표 설정, 폭염 영향 및 피해 경로를 통한 세부 대책 분야 선정, 적응관리 사이클 적용을 위한 중장기적 적응대책 전략 마련, 그리고 국내 폭염 대책의 평가와 향후 국내 개선 및 개발 방향 제안으로 진행하였다.

본 논문을 통해 제안하는 기후변화에 따른 폭염 중장기적 적응대책은, 첫째, 위험요인 측정 단계와 관련하여 폭염 관련 분야별(및 범 분야) 피해경로 조사·분석을 통한 대책 근거 마련, 폭염 피해 분야별(및 통합) 영향 및 취약성 평가 강화를 제안하였다. 둘째, 계획/정책 수립 단계에서는 분야별 다양한 적응 옵션 및 기술 개발·보급, 분야별 폭염 취약성 지도 작성/제공, 지자체 대책 수립 가이드라인 개발/제공을 제안하였다. 셋째, 이해당사자와의 전달체계 확립을 위한 이행 단계에서는 단기 대책에 대한 이행 도구 개발, 중장기 대책에 대한 이행 도모(시범사업 추진 및 법제도적 조치)를 제안하였다. 마지막으로 모니터링, 이행/효과 평가, 그리고 조정 및 보완 단계에서는 폭염 관련 분야별 모니터링 지표 개발 및 DB 구축, 지자체 수준의 M&E 가이드라인 개발 및 제공, 폭염대책위원회(가칭) 운영, 지자체 담당자의 폭염 대책 피드백을 위한 소통채널 구축 및 운영을 제안하였다.

이번 기후변화에 따른 폭염 중장기적 적응대책 수립·관리 방안 연구는 기존의 폭염 대책 수립 관련 연구들에 비해 다음 3가지 측면의 장점을 가지고 있다. 첫째, 단기 대책 위주였던 기존의 폭염 대책에 비해 기후변화를 고려하여 중장기적이면서도 지속적으로 수정·보완해가는 적응대책의 수립 방향을 제시했다는 것이다. 둘째, 기존 대책이 건강 분야만을 대응하는 대책이었던 것에 비해 폭염 피해가 발생하는 환경, 사회기반 시설, 그리고 산업까지도 고려한 대책을 제시하고 있다는 것이다. 마지막으로 대책 수립 뿐 아니라 중장기적 관리의 측면에서 현행 대책들에 대한 정성적 분석과 개선 방향을 제시했다는 것이다.

더불어 본 연구는 다음 2가지 측면에서 한계점을 가지며, 이와 연계하여 향후 연구 방향을 제시할 수 있다. 첫째, 이번 연구에서는 기후변화에 따른 폭염 중장기적 적응대책으로서 전체적인 방향 및 그 내용을 제시하였다. 하지만 이는 폭염 피해에 대응하는 다양한 분야의 대책들을 통합하여 제시하는 것이 핵심이므로 관련 대책에 대해 운영 기관, 예산, 세부계획의 수립 일정에 대한 것이 추가로 다루어져야 할 것이다. 또한, 국가 수준에서 지원해야 할 폭염 대책과 관련하여 세부 사업의 개발 및 추진도 뒤따라야 할 것으로 사료된다. 둘째, 폭염 대책의 실효성은 폭염특보제와 같이 국가 지원 사업에서도 일부 존재하지만, 대부분이 지자체의 실질적인 사업을 통해 나타날 수 있다. 이번 연구는 국가 단위에서의 대책을 제시하는 것이 핵심이었으므로 지자체 단위에서 기후변화 폭염에 대응하는 대책 또는 사업에 대해서는 새로운 연구가 필요하겠다.

참고문헌

- 관계부처 합동. 2011. 「국가기후변화적응대책 2011~2015」.
- 국립기상연구소. 2011. 「기후변화 시나리오 보고서 2011」.
- 김창길 외. 2012. 「기후변화가 식량공급에 미치는 영향분석과 대응방안」. 한국농촌경제연구원 연구 보고서 R663.
- 성지은, 송위진. 2008. 「정책 조정의 새로운 접근: 정책 통합」. STEPI WP 2008-01.
- 정명생 외. 2007. 「기후변화가 수산업에 미치는 영향」. KMI 2007-08.
- 중앙재난안전대책본부. 2013. 「2013년 폭염대응종합대책」.
- 질병관리본부. 2012. 「2012년 폭염 건강피해 백서」.
- Armitage, D. et al. 2008. "Adaptive co-management and the paradox of learning". *Global Environmental Change*, 18(1): 86-98.
- Berger, G., R. Steurer. 2009. *Horizontal Policy Integration and Sustainable Development: Conceptual Remarks and Governance Examples*. ESDN Quarterly Report June 2009.
- Briassoulis, H. 2004. "Policy integration for complex policy problems: What, why, and how". *Berlin Conference 'Greening of Policies: Interlinkages and Policy Integration'*. Berlin.
- Climate Council of Australia. 2013. *Heatwaves: Hotter, Longer, More Often*.
- Cundill, G., C. Fabricius. 2009. "Monitoring in adaptive co-management: Toward a learning based approach". *Journal of Environmental Management*, 90: 3205-3211.
- FAO. 2008. "Climate change for fisheries and aquaculture". *High-level Conference on Food Security: The Challenges of Climate Change and Bioenergy*. Rome.
- Fiore, A. M. et al. 2012. "Global air quality and climate". *Chemical Society Reviews*, 41: 6663-6683.
- Fouillet, A. et al. 2008. "Has the impact of heat waves on mortality changed in France since the European heat wave of summer 2003?: A study of the 2006 heat wave". *International Journal of Epidemiology*, 37(2): 309-317.
- Government of Victoria. 2009. *Port Futures: New Priorities and Directions for Victoria's Ports System*. Department of Transport, Melbourne.
- Grabs, W., A.C. Tyagi, and M. Hyodo. 2007. "Integrated flood management". *Water Science and Technology*, 56(4): 97-103.

- Henry, B. et al. 2012. "Livestock production in a changing climate: adaptation and mitigation research in Australia". *Crop & Pasture Science*, 63: 191–202.
- Hess, J. et al. 2012. "Integrating climate change adaptation into public health practice: Using adaptive management to increase adaptive capacity and build resilience". *Environmental Health Perspectives*, 120(2): 171–179.
- Holling, C. S. 1978. *Adaptive Environmental Assessment and Management*. New York: Wiley.
- Howden, S. M. et al. 2007. "Adapting agriculture to climate change". *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50): 19691–19696.
- IPCC. 2014. *Climate Change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability, in Working Group II Contribution to the Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report*.
- Kjellstrom, T., A. J. McMichael. 2013. "Climate change threats to population health and well-being: the imperative of protective solutions that will last". *Global Health Action*, 6.
- Klinenberg, E. 2002. *Heat Wave: A Social Autopsy of Disaster in Chicago*. Chicago: University of Chicago Press.
- Kovats, R. S. et al. 2003. "National assessments of health impacts of climate change: a review". *Climate Change and Health: Risks and Response*. McMichael, A.J. et al. eds. Geneva: World Health Organization.
- Li, D., E. Bou-Zeid. 2013. "Synergistic Interactions between Urban Heat Islands and Heat Waves: The Impact in Cities is Larger than the Sum of its Parts". *American Meteorological Society*, 52: 2051–2064.
- Maunsell Australia. 2008. *Impacts of Climate Change on Infrastructure in Australia and CGE Model Inputs for the Garnaut Climate Change Review*.
- Meijers, E., D. Stead. 2004. "Policy integration: What does it mean and how can it be achieved?". *A Multi-disciplinary Review*.
- NCADAC. 2013. *National Climate Assessment*.
- NCCARF. 2010. *Impacts and Adaptation Responses of Infrastructure and Communities to Heatwaves*.
- OCCAR. 2012. *Adaptive Management in Climate Change Adaptation*.

- OECD. 1996. *Building Policy Coherence, Tools and Tensions*. Public Management Occasional Papers No.12.
- _____. 2008. *OECD Environmental Outlook to 2030*.
- Satterstrom, F. K. et al. 2007. "Adaptive management: A review and framework for integration with multi-criteria decision analysis". *Reclaiming the Land: Rethinking Superfund Institutions, Methods and Practices*, 89-117. Macey, J. and J. Cannon. New York: Springer.
- Stringer, L. et al. 2006. "Unpacking "Participation" in the adaptive management of social-ecological systems: A critical review". *Ecology and Society*, 11(2): 39-50.
- Sullivan, C., J. Meigh. 2005. "Targeting attention on local vulnerabilities using an integrated index approach: the example of the climate vulnerability index". *Water Science and Technology*, 51(5): 69-78.
- UK Climate Impacts Programmes. 2003. *Climate Adaptation: Risk, Uncertainty and Decision-making*.
- UK Environment Agency. 2007. *Using Science to Create a Better Place: The Social Impacts of Heat Waves*.
- UK Met Office Hadley Centre. 2010. *Physical Resources and Commodities and Climate Change*.
- UNFCCC. 2010. *Synthesis Report on Efforts Undertaken to Monitor and Evaluate the Implementation of Adaptation Projects, Policies and Programmes [...] and Needs*.
- USDA. 2012. *Climate Change and Agriculture in the United States: Effects and Adaptation*.
- Whicker, J. et al. 2008. "Adaptive management: a paradigm for remediation of public facilities following a terrorist attack". *Risk Analysis*, 28(5): 14