

자연재해에 대한 도시형 재난대응 방안 연구
- 포틀랜드의 기후변화와 관련된 자연재해 대응정책 사례연구 -

2021년 11월

김 석 진

보고서 목차

1. 연구배경 및 목적	1
2. 기후변화와 자연재해	3
1) 기후변화가 자연재해에 미치는 영향	3
2) 우리나라의 기후변화와 자연재해	8
3) 전 지구적인 기후변화와 자연재해	12
3. 서울시의 기후변화 및 자연재해 대응 정책	16
4. 포틀랜드의 기후변화 및 자연재해 대응 정책	22
1) Portland Climate Change Preparation Strategy ..	22
2) Preparing for Climate Change in Oregon	31
3) Oregon Natural Hazards Mitigation Planning	40
4) 포틀랜드의 기후변화로 인한 자연재해 유형별 대응 사례 ...	41
5) 미국의 기후변화 및 재난대응 교육 정책	46
6) 미국의 자연재해 대응 및 재난관리 체계	50
5. 정책건의 및 제안사항	52
6. 참고문헌	56

국외훈련 개요

1. 훈련국 : 미국

2. 훈련기관명 : 포틀랜드 주립대학교

(Portland State University)

3. 훈련분야 : 소방분야

4. 훈련기간 : 2020. 12. 15. ~ 2021. 12. 14.

훈련성과보고서 요약서

성 명	김석진	과견연도	2020
훈련분야	소방분야		
훈련과제	자연재해에 대한 도시형 재난대응 방안 연구		
훈 련 국	미국		
훈련기관	포틀랜드 주립대학교		

보 고 내 용

제 목	포틀랜드의 기후변화와 관련된 자연재해 대응정책 사례연구	보고서 매수	57
-----	--------------------------------	--------	----

내용요약	<p>연구자료에 의하면 이산화탄소나 메탄과 같은 가스 배출량이 현재와 같이 지속적으로 급증한다면 우리나라 2100년의 평균 기온은 현재보다 4℃정도 높아질 것으로 예상하고 있으며 여름철 및 겨울철의 비정상적인 고온현상 및 여름철 집중호우 일수는 늘어나고 가뭄도 더욱 심해지며 겨울철의 눈이 비로 바뀌고, 여름의 기간이 과거에 비해 훨씬 늘어날 것으로 예상하였다. 이는 다시 말하면 자연재해의 증가로 볼 수 있다. 이미 시작된 기후변화의 재해는 계획된 대응으로 그 피해를 최소화할 수 있다. 이에 서울시에 적용가능한 정책 제언을 위해 Portland의 “Climate Change Preparation Strategy” 및 “Climate change Action Plan”을 중심으로 구체적인 정책사례를 분석하였다.</p> <p><정책제언 내용></p> <ul style="list-style-type: none"> - 시·도간 자연재해 예방대책 및 위험관리 평가 공유(협의)제 도입 - 기후변화 위기대응을 위한 재난 기관 및 민관협력 강화 필요 - 재생에너지 저장장치(설비) 증가에 따른 대응 매뉴얼 개발 필요 - 기후변화 및 자연재해에 대비한 재난관리 전문가 양성 필요
------	--

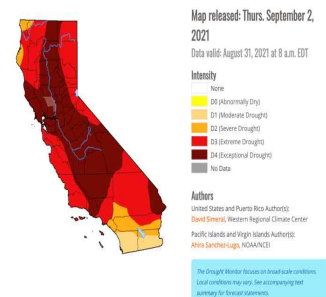
1 연구배경 및 목적

현재 보고자가 거주하고 있는 미국 Oregon을 비롯하여 California 등 미국 서부지역은 최근 기후변화로 인한 자연재해의 피해를 직접 겪고 있다. 2021년 6월 28일은 Portland의 기상 관측 사상 이 지역 최고 온도인 화씨 115도(섭씨 46.1도)까지 기록했다. 예년 평균 기온이 섭씨 20도 초반임을 감안할 때 2배 이상 높아진 온도이다. 또한 고온건조한 기후로 인해 현재까지 Oregon에서만 1,000건 이상의 산불로 인해 서울 전체 면적의 3배에 달하는 20만 ha(헥타르) 이상이 불에 탔다고 한다. Oregon과 주 경계를 공유하는 California의 상황 역시 다르지 않다. 올해 가장 더운 날씨를 기록함과 동시에 산불로 인한 피해가 세계에서 가장 크다고 알려져 있다. 2021년 9월 현재 California 주 정부에 따르면 올해 발생한 산불은 약 7천여 건으로 그 피해 면적만 90만ha(헥타르) 이상에 달한다고 한다. 또한 예년에 비해 그 세기와 면적이 과거보다 커지는 대규모 산불이 더욱 빈번히 발생하고 있다고 한다.

미국 서부 지역에 위치한 Oregon과 California는 여름철 고온건조한 기후 특성으로 인해 매년 산불이 발생하고 있지만 최근 기후변화로 인한 강수량 저하로 가뭄이 심화되고 이에 따른 산림 황폐화 등 자연생태계 파괴로 인해 그 규모와 강도가 점점 세지고 있다고 한다. 2021년 8월 중순에 California 역사상 2번째 큰 규모의 덤시 산불(Dixie Fire)이 발생하면서 한반도 크기의 약 10%에 해당하는 면적을 태웠다고 한다. California 산불 원인에는 여러 가지가 있지만 가장 많이 언급되는 원인으로서는 단연코 기후변화 현상이다.

미국은 현재 기후변화로 인한 자연재해의 피해를 지구상의 그 어느 국가보다도 심하게 겪고 있다. 서부지역은 극심한 폭염과 가뭄, 동부지역은 폭설과 허리케인 등 자연재해의 정도가 매년 심해지고 있다. 특히 서부지역에 위치한 California는 매년 여름 극심한 가뭄으로 산불이 쉽게 발생하고 있지만 이를 진압하기 위한 소화수 조차 부족한 실정까지 왔다.

우측 그림은 California가 제공하는 가뭄 모니터링 자료이다. D-3가 매우 심각한 가뭄(Extreme Drought)이고 D-4가 찾아보기 힘든 엄청난 수준을 뜻하는데, 모든 지역이 3단계 이상의 극심한 가뭄을 겪고 있는 것이다.



지난 4월 기후변화 정상회의에서 미국 조 바이든(Joe Biden) 대통령은 2021년에만 미국 내에서 기상이변으로 인한 피해금액이 우리나라 돈으로 약 100조원 가량이 된다고 하였다. 또한 "우리는 이러한 자연재해를 겪고 있는 실질적인 이유를 모두가 알고 있다, 바로 기후변화 때문이다. 이것은 토론해야하는 주제가 아니다, 이미 마주쳤고 진행 중인 현실문제이다."라고 말하였다.

매년 여름, 열돔현상으로 폭염에 시달리고 있는 우리나라와는 달리 세계에서는 매년 엄청난 양의 비가 내리고 이로 인한 피해가 늘어나고 있다. 많은 학자들은 기후의 재난이 찾아오고 있다고 이미 경고하고 있다. 지난 7월 중순에는 독일과 프랑스를 비롯한 유럽에 수 백년 만의 비가 내려 독일 160여명, 벨기에 30여명에 가까운 사망·부상자가 발생하는 등 큰 피해가 발생했다고 한다. 이렇게 서유럽 국가에서 홍수가 발생한 지 불과 며칠 후에는 중국에서도 기록적인 폭우가 쏟아졌다. 중국의 허난성에서는 엄청난 비로 인하여 천 억원에 이르는 손해가 발생하였는데 3일이라는 기간 동안 무려 1년 치의 강우량(64.08cm)에 이르는 비가 내렸다고 한다. 또한 런던에서도 시간당 5cm의 비가 내려 대중교통 뿐만 아니라 도시기반시설의 많은 곳이 물에 잠기는 피해가 나타났고, India에서는 수 십년에 한번 발생할 엄청난 홍수가 발생하여 수많은 이재민 및 사망자가 있었는데 독일 포츠담기후변화연구소의 2021년 4월 연례보고서에 의하면 India의 비가 오는 기간이 늘어가고 강도도 강해지며 농업 등 다양한 분야에 피해를 입히며 인구의 20% 정도가 그 피해를 입을 수 있다고 경고했다.

따라서 기후변화의 피해에 대비함은 물론 이를 최소화하기 위한 우리의 노력이 필요하다. 이미 시작된 기후변화는 계획된 대응으로 피해를 최소화할 수 있다. 이미 기후변화로 인한 피해를 겪고 있는 Portland는 기후변화로 인한 자연재해의 피해를 최소화하기 위해 "Climate Change Preparation Strategy" 및 "Climate change Action Plan" 등 다양한 정책을 추진하면서 대기 중 온실가스 배출 감소 노력과 더불어 다가 올 기후변화 재난에 대비하고 있었다. 물론 미국과 한국은 문화·역사적 배경과 인구밀집도 및 정책추진의 방법 등 상당한 다양성은 존재하지만 기후변화로 인한 자연재해는 그 어떤 정치적인 판단과 사상적인 논리가 아닌 과학적인 분야로 그 피해를 최소화하기 위해서는 이미 그와 관련된 정책을 추진하고 있는 국가나 도시의 정책을 벤치마킹하여 우리의 실정에 맞게 도입할 필요가 있다. 이에 지난 1990년대부터 기후변화와 관련된 자연재해 피해 최소화 정책을 추진하고 있는 Portland와 미국의 정책사례를 통해 서울시 실정에 맞게 도입하는 데 도움이 되고자 Portland의 정책사례를 분석하였다.

② 기후변화와 자연재해

1. 기후변화가 자연재해에 미치는 영향

현재 우리 인류가 살고 있는 지구는 지난 18~19세기 영국에서 시작된 산업혁명을 시작으로 지난 수십 년 동안 세계의 여러 지역에서의 급속한 산업화와 도시화로 인해 대기 중 이산화탄소 배출량이 급격히 증가하였고 이로 인해 지구 온난화 현상이 나타나고 있으며 이는 기후에 심각한 영향이 미치고 있다. 지난 수십년간 기후관측과 관련된 수많은 정보들을 분석해 보면 기후의 지역적 변화, 특히 지구의 온도와 강우량의 변동은 이미 세계 많은 지역에서 다양한 형태로 생태계의 시스템에 영향을 미쳤다는 것을 알 수가 있다.

기후변화란 기후가 오랜 시간에 걸쳐 서서히 변화하는 현상으로 정의할 수 있으며, 오늘날에는 지구 표면 온도가 점차 상승하는 지구온난화와 같이 사용되고 있다. 사실 기후변화라는 용어는 월러스 브러커(Wallace S. Broecker)라는 해양 및 지구과학자가 1975년 기후시스템에 관한 논문에서 공식적으로 사용된 이후, 일반화되기 시작했으며, 그는 그의 논문에서 “온실가스로 인해 21세기는 그 위험에 직면할 것이다”라고 경고했다. 기후변화의 원인은 일반적으로 온실가스 배출, 산림 황폐화, 태양에너지 영향, 생태계 활동 등으로 알려져 있으나 그 중에서도 IPCC¹⁾는 기후변화의 주범으로 온실가스 배출, 특히 산업혁명 이후 지구 대기의 급격한 이산화탄소 및 메탄의 증가로 보고 있다. NASA의 연례보고서에 따르면 산업 혁명이 시작된 이후 2019년까지 공기 중의 CO₂ 수치는 무려 38 % 늘어났으며 Metan 농도는 자그마치 148 % 늘어났고 이러한 증가는 과거 50년이라는 기간 동안 거의 모든 부분이 증가하였다고 한다. 또한 세계기상기구의 자료에서는, 기후변화로 인하여 2016년은 제일 더웠던 한 해였으며, 2018년이 네 번째로 가장 더운 해로 기록되었고, 가장 뜨거웠던 기록은 모두 1998년 이후로 기록되고 있다.

국제사회는 이러한 변화하는 현상에 대처하기 위해 세계기상기구(WMO)과 UN의 환경계획(UNEP)이 합동으로 조직한 유엔본부 아래의 국제 협의체 정부간 기후변화 패널(Intergovernmental Panel on Climate Change,

1) 기후변화와 관련된 전 지구적 위협을 평가하고 국제적 대책을 마련하기 위해 세계기상기구(WMO)와 유엔환경계획(UNEP)이 공동으로 설립한 유엔 산하 국제 협의체

IPCC)을 1988년에 설립했다. 기후변화의 미래를 예측하고 대비하기 위해 IPCC는 현재까지 6차례에 걸쳐 ‘기후변화 분석평가 보고서(Assessment Report on Climate Change)’를 발간했다. 1990년에 발표하였던 기후변화 패널의 첫 보고서(FAR)는 기후변화와 국제사회의 협동에 관련된 필요성을 나타내 지구온난화에 대응하는 매우 소중한 국제적인 협약인 UN 기후변화와 관련된 협약(UNFCCC)의 시초로 매우 큰 공여를 하였으며, 1995년에 발표한 두 번째 분석보고서(SAR)에서는 1997년 교토에서의 의정서 협약에 결정적인 데이터를 제공했다. 2001년에 발표한 세 번째 분석보고서(TAR)는 지구온난화 피해와 대응의 필요에 대하여 얘기하고 있으며, 2007년에 발표한 네 번째 분석보고서(AR4)는 기후변화를 1850년 이전의 시기와 비교하여 2℃로 낮추는 것에 중점을 두는 Post 교토협약을 마련하는 기초에 공여하였으며, 또한 2014년에 발표하였던 다섯 번째 분석보고서(AR5)에서는 2015년 Paris 협약의 매우 결정적인 과학적 자료를 제공했다. 마지막으로 2021년 8월, ‘2050년까지 탄소중립을 실현하지 않으면 지구의 미래는 없다’라는 충격적인 6차 보고서를 발표하였다.

현재 전 세계의 여러 나라에 기후변화와 관련된 국가별 자체 제도 및 국제적인 조약과 의정서가 제정되어 있지만 이미 진행되고 있는 기후변화의 영향은 가뭄, 홍수, 산불 그리고 우리 인류의 삶과 생태계에 미치는 영향은 아주 심각한 수준으로 나타나고 있으며 기후변화의 간접적인 영향은 가난과 건강 및 보건의 문제로도 대두되고 있다. 따라서 변화하는 기후에 적극적으로 대처할 수 있도록 하기 위해 강력한 정책 및 형평성 등 새로운 정책과 제도 도입이 요구된다. 기후변화는 오늘날 거의 모든 과학자들이 의문을 제기하지 않는 현실이며 산업혁명 이후 인간 활동에 의해 촉발된 지구 온난화의 증거는 압도적이다. 하지만 그것의 영향에는 상당한 불확실성이 있다. 지역마다 그 영향의 형태가 다르게 나타난다는 것이다. 국가별 또는 지역별로 물 부족을 겪는가 하는 반면에 극지방에서는 빙하가 녹아 저지대 해안지역이 피해를 보고 있다. 또한 강우 패턴은 변화할 가능성이 높다. 특정 지역의 가뭄과 다른 지역의 홍수이다. IPCC 자료에 따르면 이미 습한 지역은 점점 습해지고 건조한 지역은 점점 건조해지고 있는 등 기후의 극단적인 변화 가능성을 알 수 있다.

사실 기후변화라는 용어가 사용되기 시작한 1970년대 이전에는 지구 온난화와 관련해서는 대부분 기상학자들의 영역으로 주요 이슈는 ‘지구 온난화는 인위적인 것일까? 생태 현상의 일부일까?’로 환경과 에너지 분야에 대한 연구 및 조사가 주류였다. 하지만 예상치 못했던 홍수나 가뭄 그리고 해수면 상승 등 자연

재해의 피해가 동시에 일어나면서 기후변화의 인식이 환경 영역에서 서서히 재난의 영역으로 넘어오고 있는 것이다. 앞으로 수십 년 동안 세계적으로 매우 중요한 변화에 대한 예측은 오늘날 특정 도시나 지역에서 이해하거나 실제 생활로 전환하기는 어렵다. 하지만 과거의 기후변화는 주로 오랜 기간에 걸쳐 평균적인 조건으로 서서히 변화가 나타났지만 미래에서는 그 변화의 속도를 우리가 직접 체감할 수 있을 정도로 급격히 나타날 것이라는 것이 대다수 전문가의 의견이다.

앞으로 다가 올 기후변화의 영향을 살펴보면 첫 번째로 거론되는 것이 해수면의 상승이다. 지구 해수면은 20세기 후반 전후로 상승하고 있으며 그 상승률은 점점 증가하고 있는 추세이다. 그 원인은 지구온난화로 인한 기온상승으로 해수의 팽창, 빙하·빙모의 해빙 때문이다. 알프스, 북극 등 빙하와 빙모의 해빙은 1970년대 이후 크게 증가하고 있으며 그린란드 및 남극 빙상 또한 지난 약 30년간 약 65% 증가하고 있다. 그린란드의 남극의 빙하가 전부 녹을 경우 해수면은 지금보다 60m 상승할 것이라고 예측하고 있다. 이렇게 해수면이 상승하게 된다면 그에 따른 영향으로 국토의 침수, 농경지와 주거지의 감소, 해안 습지대의 소멸, 식량 생산 감소, 삼림 파괴, 생물종의 다양성 감소 등이 있다. 해수면 상승에 따른 영향은 해안 저지대를 중심으로 이미 나타나고 있는데 폴리네시아의 섬나라 투발루에서는 해수면 상승으로 인한 대처가 불가능해짐에 따라 전 국민의 이주를 계획하고 있다고 한다. 또한 몰디브, 마셜제도 같은 작은 섬나라에서도 해수면이 1m만 높아지면 75%가 물에 잠겨 사람이 살 수 없게 된다고 한다.

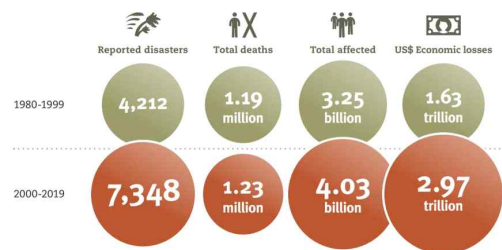
두 번째로 자연재해의 증가를 얘기할 수 있다. 폭풍과 홍수는 주요한 자연재해 중 하나인데 지구 전체 손해보험의 76%, 경제적 손실의 58%, 자연재해 사망자의 52%를 차지하고 있다고 한다. 온대 지역에서는 폭풍이 더욱 거세졌고 앞으로 홍수의 빈도 또한 계속 늘어날 것임을 예측하고 있다. 기후모델은 지구온난화로 여름 장마가 더 강해질 것으로 예측하고 있는데 이렇게 되면 강우량의 증가, 강우량 변동의 증가, 집중호우가 빈번해지면서 해수면이 낮은 지역의 침수가 빈번해지며 해마다 강우량 예측하는 것이 더욱 어려워질 것이다. 허리케인은 바다 표면 온도와 직접 관련되어 있는데 지구온난화가 해양 온도를 높임에 따라 더 많은 허리케인이 나타나게 된다. 홍수는 자연재해 중 가장 빈번하며 많은 피해를 끼치는 요소이다. 세계 많은 대도시가 홍수에 취약한데 그 이유는 바다를 통한 무역발달로 인해 강이나 해안 가까이에 대도시가 건설되었기 때문이다. 런던 또한 그 중 하나인데 1953년에 재앙수준의 홍수를 겪고 난 후 하굿둑을 건설하여 홍수 대비에 힘쓰고 있다. 이런 대비없이 런던이 큰 홍수로 기능을 잃는다면 세

계 경제 5번째인 영국 경제뿐 아니라 세계 무역을 붕괴시켜 경기침체를 일으킬 수 있다. 기후변화로 인해 지구온도가 올라가면서 열파가 증가하고 집중호우가 잦아지면서 가뭄이 증가하게 되는데 특히 가뭄은 깨끗한 식수부족과 고인물로 인해 많은 질병을 일으키게 되면서 실상 질병의 관점으로 보았을 때 홍수보다 더 치명적인 피해를 끼친다. 이처럼 기후변화로 인한 자연재해가 생태계뿐 아니라 인간 사회 및 경제에 큰 영향을 끼칠 수 있다는 것을 알 수 있다.

세 번째로 사막화 현상이다. 이는 지구 온난화와 인류의 다양한 활동으로 건조해지거나 이로 인한 습기가 낮은 지역이 점점 사라지거나 또는 모래가 되면서 숲이 점점 황폐화되는 등 사막의 풍경이 점차 증가되어 가는 것으로 자연적인 원인으로서는 매우 심각한 가뭄은 물론 오래 기간 동안 건조해지는 상태가 있고, 인위적 요인으로는 식량재배활동, 도로나 터널과 같은 사회기초 인프라의 무분별한 확장, 산림제거 및 관련된 활동과 무분별한 댐의 건설과 같은 물 이용과 광산물 발굴, 그리고 온실가스 배출로 인한 지구 온난화 현상으로 지구의 평균 온도가 최근 급격히 상승함에 따라 사막화가 급속도로 진행 중이다. 이러한 사막화를 방지하기 위해 1994년 파리 사막화방지협약(UNCCD)이 체결되었지만 2016년 현재 사막화는 오히려 점점 가속화되고 있는 것이 현실이다. 이미 지구촌 전반적으로 나타나는 사막화 현상의 피해규모는 약 52억 ha로 대륙의 크기의 대략 40%에 이르며 이로 인한 피해액은 연간 420억 달러로 추산되고 있다. 특히 아시아의 사막화 비율은 37%로 아프리카의 32%보다 높으며, 아시아 대륙에서는 매년 3,500km²가 사막화 되고 있으며, 이것은 서울시 면적의 6배에 달한다. 사막화 현상으로 인한 악영향은 인류의 생활과 밀접한 것은 '황사'이다. 나무가 점점 사라지면서 기후변화가 심각해지고, 대지 나트륨 또는 칼슘 등 염분이 함유되는 염류화 현상, 토지가 황폐화 되며 생물이 서식지를 잃고 멸종되고 있다.

네 번째로 전염병을 얘기할 수 있다. 우리는 2019년 12월에 발병한 코로나-19로 인해 이미 많은 피해를 직접 체감하거나 주변에서 볼 수 있다. 지구온난화는 인류에게 병을 전염시키는 매개 동식물의 생명, 성장과정, 서식할 수 있는 지역에 매우 큰 변화를 입혀 실제로 일부 질병은 확대하기 매우 적합한 조건을 만들고 있다. 겨울철이 따뜻할 경우에는 병원체와 이를 연결시키는 즉 매개하는 생명체가 기온이 낮은 겨울을 버텨 낼 가능성이 증가하고 매개체가 곤충인 경우 기후의 변화는 곤충 자체의 생활주기를 변동시킨다. 문제는 이전에 잘 발생되지 않던 지역으로 전염병이 확대 발생하고 있는 것인데 이는 곧 집단면역수준이 낮은 인구 집단에서의 발생을 의미하며 질병의 중증도 심화가 예상된다.

유엔에서 발표한 ‘2000년 부터 2019년 까지의 글로벌 재난 보고서’에 따르면 20년 동안 지구에서 77천 건 이상의 재난이 발생하여, 최소 120만명 이상이 목숨을 잃었으며 3천 5백 조원에 가까운 피해를 입었던 것으로 집계되었다. 이것은 이전 보다 재난의 발생 횟수는 1.7배가 늘어난 것으로 결정적인 원인으로서는 기후변화인 것으로 주목된다. 유엔 산하 재난위험경감사무국(UNDRR)은 ‘2000년부터 2019년까지의 글로벌 재난 보고서’에서 “지난 20년 동안 전 세계에서 7,348건의 자연재해가 발생해 40억명이 피해를 당했다”며 “해마다 재해로 목숨을 잃은 사람만 6만명에 이른다”고 밝혔다. 이전의 20년(1980부터 1999년까지)의 재난 발생 횟수는 4천건 이상으로, 최근의 재난 발생 건수보다 1.7배나 증가한 것이다.



나라별로 보면 China는 577건이며 이는 제일 높은 수치이다. US(467건), India(321건), Philippines(304건), Indonesia(278건)이며 재난발생 건수가 많은 10개 나라 중에 Asia는 모두 8개의 나라이다. 수많은 학자들은 재난이 증가하는 것은 지구 온난화와 연관된 위기가 늘어난 것이 가장 결정적인 요인이라고 말하고 있다. 모든 재난 중에 이상기후와 연관된 재난의 횟수는 모두 6,671건이며 이는 이전의 20년 동안에 발생한 3,656건에 대비하여 1.8배가 늘어났다. 제일 많은 비율을 차지하는 홍수는 3,254건(44%)로, 이전 보다 1,389건(2.3배)로 증가하였다. 태풍 또한 과거 1,457건이었으나 2,034건(1.4배)이나 증가하였다. 이상기후 영향과 관련 없는 재해 또는 재난은 지진과 같은 지질재난(8%) 등 불과 10%도 되지 않았다. 재해나 재난으로 피해를 겪는 제일 많은 것은 재난은 홍수가 41%이며 기타 가뭄이 35%, 태풍이 18%였다. 이번 자료에서는 “지난 20년의 재해 통계는 기후변화 적응과 온실가스 감축의 실패가 야기한 인류의 고통과 경제적 손실을 여실히 보여준다”며 “극한 기상현상이 다음 20년에도 지속된다면 인류의 미래는 암울할 것”이라고 말했다.

따라서 이미 과학적이며 통계적으로 기후변화로 인한 자연재해의 피해는 시작되었음을 알 수 있고, 우리는 그 피해의 중심에 서 있다는 것 역시 알 수가 있다. 현 시점에서 우리가 할 수 있는 것은 온실가스 배출 감축이지만 그와 더불어 위의 케이스에서도 알 수 있다시피 기후변화로 인한 피해는 특정 지역이 아닌 어떤 지역에서도 나타날 수 있는 만큼 피해를 예측하고 그 피해를 최소화 하기 위한 정책을 마련하는 것 역시 매우 중요하다 할 수 있다.

2. 우리나라의 기후변화와 자연재해

우리나라는 2050년 탄소중립을 목표로 각 지방자치단체 및 유관 기관들로부터 수많은 정책들이 쏟아지면서 이제는 ‘기후변화’가 아닌 ‘기후위기’가 현실적으로 다가오고 있다. 지난 2020년은 세계적 기상 이변 등 날씨가 기후위기를 그대로 증명한 해였다. 1월과 겨울 날씨는 1973년 이후 역대 가장 따듯했던 것으로 기록됐으며, 장마 기간 역시 역대 가장 길었다. 또한, 잦았던 집중호우도 기후변화로 인한 이상징후를 나타냈다.

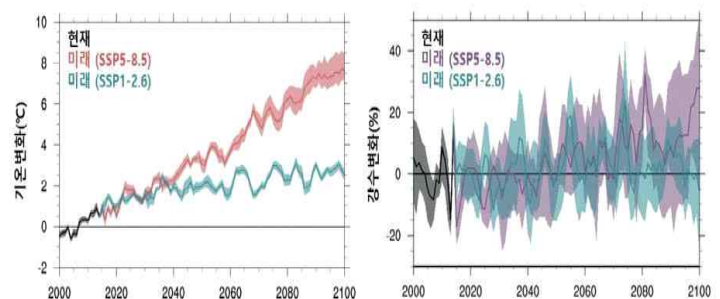
1960년에서 1980년에 이르기 까지 급격한 경제발전과 도시의 성장 이후에 우리나라에서 기후변화 효과는 가속화되었다. 이것은 지구 온난화의 인위적인 원인들이다. 우리나라가 예상하고 있는 제일 확실한 기상상의 이변은 1년 동안 기온의 변화발생 비율이 증가하고 있다는 것이다. 지속적인 지구 온난화는 각 지방의 이상기후 현상과 우리 생활 속의 상당히 다양한 영역에서 피해를 나타내는 이상한 기후현상을 보여주고 있다. 과거에 발생하지 않았던 형태의 기후 변화의 가능성은 지구 온난화의 빠른 속도가 우리에게 나타날 수 있음을 얘기하고 있다. 그러므로 현재 수많은 인류가 거주하고 지구촌은 물론 우리나라에서도 이상기후 현상의 급격한 변화는 계속 이루어지고 있다. 과거 1912년부터 2008년까지의 백년간 전국 여섯 개 관측 지역에서의 평균적인 온도의 증가 비율은 1.7℃이며 이는 세계의 온도 증가인 0.6℃와 비교하였을 때 2배 정도 높은 것이다. 겨울철을 비교하였을 때 1990년은 1920년과 비교하여 대략 30일 정도 줄어든 것에 비해 여름과 봄은 그 기간이 늘어 계절꽃인 개나리 등 피는 기간이 줄어들었다. 1991년 제주도 CO₂ 농도는 357.8ppm에서 2000년에는 363.6ppm 이었다.

국립기상연구원에 의하면 온실가스 비중이 현재와 같이 지속적으로 늘어난다면 2071년부터 2100년까지의 평균 온도는 1971년부터 2000년까지의 평균보다 4℃ 늘어날 것으로 예상하고 있다. 만약 이러한 현상이 현실로 나타난다면 이상기후 현상은 물론, 여름철 폭우 일수는 급격히 늘어날 것이고 또한 매마른 기후도 매우 심각해 질 것이다. 과거 겨울에 내렸던 눈은 이제 비로 바뀔 것이고, 무더운 여름의 기간은 체감할 수 있을 정도로 증가할 것으로 예측하고 있다. 기상청 국립기상연구원은 지금으로부터 50년이 지난 미래에는 서울, 인천, 대전, 부산 및 천안과 같은 남측 지역의 도시는 아마도 아열대와 비슷한 지역에 포함될 것으로 내다보고 있다.

해수면 상승도 심각한 수준이다. 2014년 발표한 국립해양조사원의 연구에 의하면 1971년부터 2010년까지 평균적으로 매년 2.64mm 정도가 높아졌으며 이는 세계 평균 연간 2mm보다 높은 수준이다. 환경정책평가연구원에서 발표한 자료 중에는 기후변화로 수면 상승은 물론 태풍해일 및 조석으로 인해 수면이 높아진다는 가설도 있다. 바닷물의 높이가 100cm 정도 높아지면 우리나라에서 발생할 수 있는 침수지역은 대략 2,643km²이며 이것은 우리나라 면적의 대략 1.2% 이다. 해수면 상승에 약한 지역에 살고 있는 사람들은 1,255,000명으로 대략 전체 인구의 2.6%이다. 위치적으로는 우리나라의 수도인 서울에 근접한 서해 지역이 남해 지역과 동해 지역보다 매우 취약할 것으로 예측하고 있다.

폭염과 관련하여 최근 들어 5월이나 6월에 폭염경보 또는 주의보가 나타나는 가 하면, 여름철에 비가 오지 않아 국내의 댐 수자원 보유량이 급격히 낮아지기도 하였다. 2015년에는 보령댐 저수율이 22.4%로 역대 최저치를 기록하였고, 몽골·중국 북부의 적설량이 매년 줄어들고 있어 겨울철 평균 황사발생 일수는 과거 30년간(1981~2010년) 0.7일인 것에 반해 최근 15년간(2000~2014년) 1.2일로 2배 정도 상승하였다. 또한 지속적인 이상기후의 가속 및 심화 등으로 인해 우리의 생태계는 물론 건강과 같은 각 분야별로 매우 큰 피해 및 영향이 나타날 것으로 전망한다. 온실가스가 지금의 증가비율과 비슷하게 늘어난다고 가정하였을 때 2071년부터 2100년까지의 평균온도는 지금보다 5.7℃정도 올라갈 것이며 강수량 역시 17.6% 정도 늘어나고 해수면은 남해안과 서해안이 65cm, 그리고 동해안이 99cm 정도로 높아질 것으로 예측하고 있다. 기후변화의 강력한 정책 추진이 이루어진다고 하더라도 기후변화는 계속되어 2100년 정도에는 우리나라의 평균 기온은 지금보다 3℃ 정도 높아진다고 한다.

기상청은 지난 2021년 1월, 기후 변화에 관한 정부간 협의체 자료에 있는 온실가스 배출 루트를 바탕으로 한반도의 이상기후 예측을 공개했다. 이때 기상청은 우리나라의 이상기후 예측을 2개의 가상으로 분리하여 평가하였다. 첫 번째는 지금 정도의 CO₂ 배출을 유지하는 '고탄소 시나리오', 두 번째는 다가 올 미래에 석탄이나 석유와 같은 천연자원 이용을 최대한 줄이고 혁신적인 기술개발을 통한 배출량 감소를 나타내는 '저탄소 시나리오'이다.



기상청은 먼저 첫 번째인 ‘고탄소’ 상황 예측에서는 2021년에서 2040년까지의 우리나라 온도는 지금보다 1.8℃ 정도 높아질 것이고 지구 온난화가 속도를 붙으며 2081년에서 2100년에는 평균온도가 무려 7도 정도 높아질 것으로 예측하고 있다. 극단적인 기상 이상현상도 2050년 이후에 가속화되어 2100년에는 엄청난 더위로 폭염 일수가 무려 93.4일로 현재의 4배 정도 늘어날 것으로 예측하고 있다. 폭염일은 하루 최고온도가 기준이 되는 기간 동의 상위 10%를 넘어서는 날을 의미한다. 우리나라의 강우량도 2081년에서 2100년까지는 무려 현재보다 14%까지 늘어나고, 엄청난 비가 내리는 극심한 기후일수도 30% 이상 늘어날 것으로 예측하고 있다.

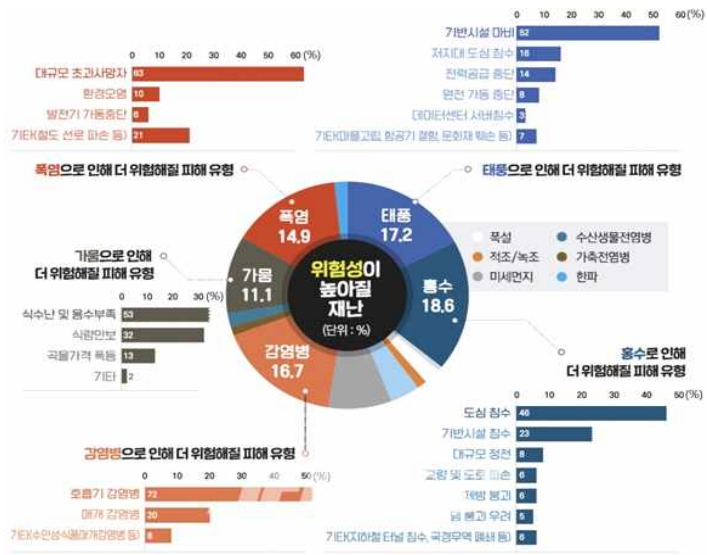
하지만 ‘저탄소’ 상황 예측에서는 2021년부터 2040년까지 우리나라의 평균 온도가 1.6℃ 정도 높아지고 강우량은 이에 비해 1% 줄어들 것으로 예측되나, 2050년 이후 이상기후의 추이는 줄어들면서 2100년에는 온도가 2.6℃ 정도 높아지고 강우량은 3% 정도 높아지는데 멈출 것으로 예측하고 있다. 이러한 가정에서 이상기후는 2050년에 줄어들어 2100년 정도에는 폭염일수가 37.9일로 현재의 2배이고, 폭우일수도 8.5% 늘어나는 것에 멈춰, 고탄소 예측에 비교하여 기상변화가 눈에 띄게 감소할 수 있을 것으로 전망했다.

기온 1℃ 상승이 우리에게 큰 영향을 줄 수 있을까 하는 의문이 들지만 기온 1℃ 상승은 폭염과 폭우, 태풍 등 각종 기상 재난 뿐 아니라 농업과 건강, 생태계, 산림 등 각 분야에 엄청난 영향을 미친다. 환경부 자료에 따르면 우리나라 기온이 1℃ 상승하면 농작물 재배지는 81km나 북상하고 벼나 감자 생산량은 줄어든다. 또한 폭염으로 인한 사망 위험은 8% 증가하고 모기 개체 수는 27%나 늘어난다. 그리고 각종 나무의 고사율 역시 증가한다고 한다.

구분	온도가 1℃ 상승할 경우 발생할 수 있는 현상
농사	경작할 수 있는 재배지역의 축소 및 농산물 감소 - 경작지가 위로 81km 올라가고, 높이는 154m 올라감 - 쌀 재배량과 감자의 재배량이 11% 정도 줄어듦
보건	기존질병의 취약성 급증과 온도로 인한 질병 사망자 증가 - 온도증가로 사망자 8% 증가 - 계절성 꽃가루 등 알러지 환자 14% 증가
자연	물로 인한 감염질병 증가 - 모기 개체수 증가(27%)
산	산림지역의 나무의 고사 증가 - 소나무(1.1%), 낙엽송(1.4%), 잣나무(2.3%)

국립재난안전연구원에서 발간한 미래안전이슈(17호 발간) 자료에 따르면 과거에 비해 눈에 띄게 평균 온도가 측정되고 있으며 여름철 홍수나 폭염과 같은 자연재해가 심해지고 있어 세계적으로 이상 기후를 나타내는 용어가 “Global Warming(지구온난화)”에서 “Climate Change(기후변화)”, 또 다시 최근에는 “Climate Crisis/Emergency(기후위기)”로 변화할 것으로 나타나고 있다고 한다. 이는 과거 35년간의 서적 데이터를 분석한 결과라고 한다.

또한, 이러한 원인으로 인하여 지구온난화로 위협받을 가능성이 늘어날 미래의 재해 및 영향의 유형으로는 1위가 홍수(18.6%, 도심침수)이며, 2위는 태풍(17.2%, 도시기반시설 마비), 3위는 감염병(16.7%, 호흡기 감염병), 4위는 폭염(14.9%, 대규모 초과사망자), 5위는 가뭄(11.1%, 식수문제는 물론 각종 생활 및 경제를 위한 용수부족) 순으로 전망된다고 발표하였다.

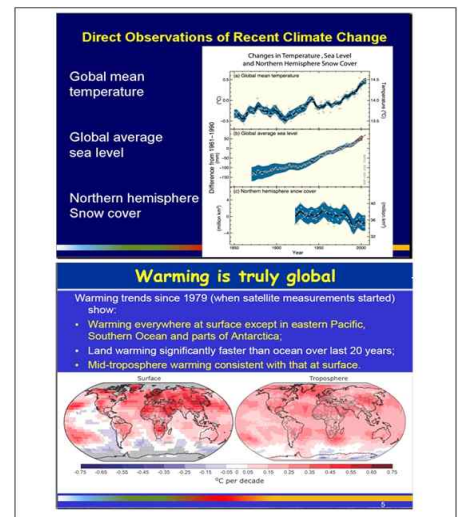


이러한 가운데 2019년 말에 발생하여 현재 전 세계 모든 인류가 고통 받고 있는 코로나-19(COVID-19)의 발병 원인이 지구온난화로 인한 기후변화로 인해 발생했다는 주장도 나오고 있다. 최근에 조선일보의 에이시언 리더쉽 컨퍼런스 웹 세미나에서 최재천 이화여대 석좌교수는 ‘코로나-19 이후 인간 회복’을 주제로 하는 강연을 하면서 지구온난화와 같은 기후변화로 인하여 코로나-19 숙주로 거론되는 박쥐나 야생동물 등과 같은 매체체의 집단 서식지가 지금의 열대지방에서 중국의 남쪽지방의 온대 지역까지 확대되었고 이러한 전달매체체가 사람과 접촉하면서 코로나-19 바이러스가 전파되었다고 주장하였다. 또한 “최근 100년간 온대 지역에 40곳 이상의 박쥐 서식지가 새로 생겨났는데, 온대 지역은 인구밀도가 높아 인간과 접촉할 가능성이 더욱 크다”며 “기후변화는 코로나-19 발생의 여러 원인 중 하나”라고 말했다. 그러면서 “코로나-19는 인류를 멸종시킬 수 없지만, 기후변화는 인류를 사라지게 할 수 있다”고 경고하였다. 다시 말하면 기후변화가 우리 인류의 생존에 직접적이든 간접적이든 많은 영향을 미친다는 것이다.

3. 전 지구적인 기후변화와 자연재해

지구촌 여러 곳에서는 이상기후로 인한 자연재해 발생빈도는 증가하고 있다. 최근 도쿄올림픽 기간 중에도 남유럽에서 일어난 산불은 많은 주민들이 사망하거나 다치고 산을 황폐화하고 현재도 진화되지 않고 있다고 한다. 또한 보고자가 거주하고 있는 오레곤 주(Oregon) 및 캘리포니아 주(California)에서는 엄청난 산불로 인한 생성물인 연기 등이 주거지역을 덮어 햇빛이 나오지 않는 오렌지 빛 도시 같은 재난 영화를 방불케 한다고 한다. 한반도 뿐만 아니라 동남아 지역이나 중국에서는 엄청난 비로 인한 홍수로 재산 피해와 수 많은 이재민이 발생하고 있다. 다시 발생하며 크기를 더해가는 이상기후 현상에 관해 전문가들은 가까운 미래에 엄청난 자연적 재난이 발생할 거라고 예상하고 있다. 기후변화라고 하면 얼음 위에 떠있는 북극지역 동물이나 침수된 도시, 비가 오지 않아 갈라진 농경지를 떠올리기 쉽다. 그럼에도 재난은 지속적이며 반복해서 발생하고 지구촌 곳곳에서 확대되면서 엄청난 기상재해가 되고 있다.

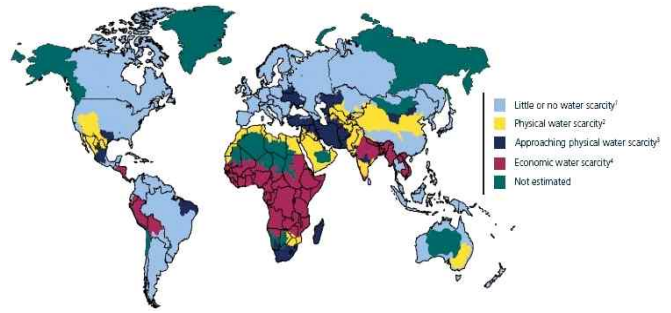
세계에서는 기후변화를 예측하기 위한 이러한 노력의 일환으로 IPCC는 배출가스시나리오 특별보고서(SRES)라는 특별 보고서를 발간하고 있다. 이는 앞으로 사회 및 경제가 나아가야 할 방향을 분석하고 다양한 사회적 형식에 따라 지구온난화와 다가올 미래를 분석한 예측 중 하나이다. 이 특별 자료에 따르면 공기 중의 CO₂ 농도와 관련하여 2019년은 과거 200년 중 제일 높은 수치이며 Metan과 이화질소도 80만 년 중에 제일 높았던 수치라고 한다. 따라서 지금과 동일한 패턴이 지속된다면 21세기 후반에는 평균 기온이 3도에서 5도까지 올라가 희망이 없는 미래가 될 것이라고 나타내고 있다. 특별자료의 모든 예측자료는 21세기 중반까지 평균 온도는 지속적으로 올라갈 것이라고 예상하고 있으며, 기후변화의 제일 큰 이유로 CO₂와 다양한 온실가스를 감축시키지 않으면 이번 세기 중에 평균 기온의 증가비율은 1.5도 또는 2도 이상을 증가할 것이라고 예측하고 있다. 이 수치로 말하자면, 산업혁명 이전에는 40년에 한 두 번 발생할 폭염이 지금은 5번 정도 나타나고 있는데, 만약에 1.5℃가 올라가면 8.9번, 2도가 상승하면 12.6번 그리고 4도가 올라가게 되면 32.9번 정도 발생할 것으로 예상하고 있다.



또한 극지방의 얼음 등의 녹는 속도가 단축되고, 예상 가능한 모든 자료 등에서는 21세기 중반 극지방 얼음이 대부분 녹을 것으로 예측하고 있다. 해빙과 관련하여 지구 평균기온이 1℃도 올라가면 북아메리카 대륙과 같이 온화한 기후의 나라에서도 경제성장률은 1.1포인트 정도 줄어들고 4~5레벨의 허리케인이 나타날 가능성은 30% 정도 증가하고, 지구 평균온도가 1.2℃가 상승하면 그린랜드 얼음이 급변점에 다다를 수 있다고 한다. 그린랜드 얼음이 녹아서 없어지는 것만으로도 바닷물의 높이는 6미터까지 올라갈 수 있으며 따라서 미국의 마이애미, 영국의 런던, 미국의 맨해튼, 중국의 상하이, 방콕과 같은 대도시가 침수된다고 한다. 지구 평균기온이 2℃ 올라가면 적도의 대부분의 나라나 도시는 사람이 살 수 없는 지역으로 변화한다고 한다.

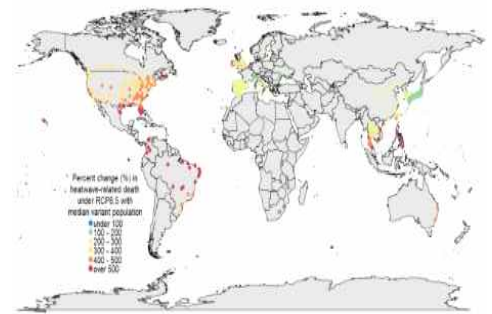
또한 전 세계적으로 유행하는 산불과 관련하여 유럽연합(EU) 산하에서 기후 및 대기를 연구하는 ‘CAMS(코페르니쿠스 대기감시)의 보고서에 의하면 빙하로 대부분을 차지하는 그린랜드는 화재피해 면적이 2017년에 2014년의 건수에 비교하여 10배 정도 높게 나타났고, 스웨덴에서는 북극지역에 위치하는 산이 2018년에 산불로 타 없어졌다고 한다. 이상 고온현상으로 인해 2021년은 전 세계적으로 기록적인 최고 수준의 산림화재가 발생하였다는 분석 자료가 나왔다. 미국 California에서는 덥시와 같은 대형산불로 인하여 Los Angeles(로스앤젤레스)보다 많은 지역의 산이나 나무가 황폐화되었다. Europe에서도 산림화재가 오랜 기간동안 발생하며 엄청난 피해가 발생하고 있다. 또한 “2021년 7월 한달 간 전 세계에서 발생한 화재로 343메가톤(3억4300만t)의 탄소가 배출됐다”고 한다. 이는 과거의 최고기록인 2014. 7월의 탄소배출량보다 20퍼센트 정도 증가한 것으로, 분석을 시작한 2003년 이후로 제일 높은 수치라고 한다. 이런 산불 확대 추세는 이상기후에 따른 높은 온도와 건조한 기후와 강풍 또는 가뭄이 동시 발생하면서 피해가 확대된 것으로 예상하고 있다. California에서는 지구 온난화로 과거보다 규모가 큰 산림화재가 빈번하게 발생하고 있다. 이에 캘리포니아 주정부에서는 “캘리포니아에서 역대 발생한 10개의 대형 산불 중에 6개가 지난 1년 사이 일어났다”고 분석했다. 유럽에서도 산불이 이어지며 피해가 잇따랐다. EFFIS(유럽산불정보시스템)의 자료에 의하면 2021년 들어 지금까지 현재까지 이탈리아, 그리스, 스페인 등 유럽의 남부지역에 산불이 집중되면서 이로 인해 128,000 헥타르의 지역이 없어졌다. 이는 평년 수준의 8배에 달하는 규모로 “산불 취약지역이 지중해국가에 국한되지 않고 전 유럽으로 확대되고 있다”고 설명하고 있다.

또한 기후변화는 물 문제로 인한 가뭄과 홍수 피해 확산에도 영향을 미친다. 세계기상기구에 따르면 세계 도시 20개 중 14개의 도시가 현재 물 부족이나 가뭄의 피해를 겪고 있다고 한다. 기후변화로 인해 홍수나



가뭄과 같은 물 관련 위험이 늘어나고 인구도 증가함에 따라 2050년에는 물을 제대로 사용하기 힘든 사람이 50억명에 달할 수 있다고 한다. 세계기상기구는 “기후변화가 세계적이고 지역적인 강수량 변화를 초래하고 있다”며 이 같은 강수량 변화는 세계의 식량 안보와 보건 상황에 영향을 미칠 것으로 예측하고 있다. 세계기상기구는 지난 20년간 물과 관련한 재난의 빈도가 높아졌으며 2000년 이후 홍수, 가뭄과 관련한 재해는 각각 134%, 29% 늘었으며, 같은 기간 대기 중의 습도는 7% 높아졌는데 이는 홍수 증가에 영향을 미친 것으로 나타났다. 홍수에 따른 인명피해와 경제적 손실은 대부분 아시아에서 발생했다. 가뭄의 경우 아프리카의 피해가 가장 컸다. 기후변화가 심화되면 수자원 접근에 제한을 받는 인구는 늘어날 것으로 전망된다. 세계기상기구는 2018년 기준 1년에 한 달 이상 수자원의 접근에 어려움을 겪은 인구가 36억 명이었지만 2050년에는 50억 명 이상일 것으로 예상된다고 한다.

폭염(Heat wave) 또한 기후변화로 인해 발생할 수 있는 재난 중 하나이다. 호주 Monash대학과 서울대학교 공동 연구팀의 1984년에서 2015년까지의 여름철 온도자료를 모아 통계처리한 자료에 따르면 조사 대상은 20개국 412개 도시로 지구의 폭염은 심각해지고 온열환자가 수천 명에 다다를 것이라고 한다.



또한 향후 60년 후에는 온열 질환으로 인한 사망자 수가 수만 명을 넘어설 것으로 예측하고 있다. 특히 필리핀이나 남미 지역에 위치한 국가에서는 2080년 까지 폭염 피해자수가 2020년까지와 비교하여 9~21배 급증할 수 있을 것으로 보고 있다. 그리고 우리나라의 서울이나 부산과 같은 대도시가 포함되어 있는데, 이 또한 2031년에서 2080년까지 온열 사망자가 1971년에서 2020년까지에 비교해 최고 2.9배 증가할 것으로 나타났다. 고온 현상은 일사 또는 열사병과 같은 폭염 징후를 발생하며, 정상적이지 않은 고온이 계속되면 일반적인 움직임에도 열사병을 유발한다. 세계보건기구에 의하면 폭염으로 전 세계적에 2030년에는 대략 4만 여명의 노인과 관련된 사망이 급증할 것으로 예측하고 있다.

마지막으로 기후변화와 각종 질병의 확산과 관련하여 COVID-19가 계속적으로 확대되면서, 지구온난화와 질병의 상관관계에 대한 조사도 이어지고 있다. 아직 지구 온난화와 코로나-19의 연관성에 대한 확실한 근거는 존재하지 않지만 지구 온난화로 인해 비정상적인 기후로 질병매개체의 서식지인 산림 등 생태계가 파괴되고 생태계 환경이 변하게 되면서 바이러스의 전달 역할을 하는 동물이 사람이나 사람과 밀접한 관계를 유지하는 소나 돼지 등 가축에게 감염시킬 가능성이 증가하고 있다고 한다. 지난 100년간 발생한 전염병의 약 69%가 매개체인 동물에 의하여 생겼다고 한다. 예를 들어 AIDS는 원숭이, 2009년에 발생한 신종플루는 가축, SAS 또는 에볼라와 같은 바이러스는 박쥐 등에서 비롯되었다고 한다. 그리고 기온이 오르고 강우의 패턴이 변화하면서 매개체의 수가 부쩍 늘었다고 한다. 특히 모기는 기온과 강우량에 많은 관련이 있다. 온도가 올라가면 매개체의 번식이 빨라지고 생존할 가능성도 높다. 강우량이 늘거나 줄어도 모기가 많아진다. 예를 들어 우천 시에 높아진 습도로 인하여 모기의 매개체 증가나 생존에 유리하게 되고 반대로 비가 적게 오더라도 도로 등에 오염된 물 등이 모여 있어 모기가 살아가고 알을 부화할 수 있는 서식지가 늘어날 수 있기 때문이다.

미국 버지니아 공영방송 보도에 따르면, 지구온난화로 인한 기후변화와 산림 벌채 등 산림 황폐화가 바이러스 전파에 직접적이든 간접적이든 영향을 주며 강우패턴 변화 및 대기 중의 습기 등 기상 여건이 질병 확대 속도를 좌우한다고 한다. 대한의학회 뉴스레터(2016년 10월, NO 76, 기후변화와 소화기질환, 이현정)에 따르면, 기온, 습기, 강수량, 해수면 증가 모두 질병의 발병 빈도에 관련을 끼치는 것으로 알려져 있다. 그리고 해수온도 증가는 해초류의 증가 및 번식과 더불어 콜레라와 같은 질병과 관련이 있으며, 1980년부터 2001년 사이에 발생한 수인성 질환인 콜레라는 엘니뇨 현상과 관련이 매우 높은 것으로 나타나고 있다. 그리고, 지구 온난화는 폭우와 건조한 대기 등 자연적 재난 이외에도 감염을 일으킬 수 있는 질병의 확대와 발병의 증가를 초래할 수 있는 것으로 발표되고 있으며 모기에 의한 감염의 경우 미생물이나 전달체, 증가율(replication rate) 등이 지구 온난화에 매우 연관되어 그림에 따라 다양한 변화가 일어날 수 있다고 한다. 2019년 의학 학술지 The Lancet의 연례보고서의 자료에 의하면 인간과 동물의 공통 감염병의 전달 매개체인 동물의 서식지역이 기후변화로 인해 확산되면서 Virus도 확산되고 지구 온난화로 인해 동남아시아나 아프리카의 토속질병인 말라리아와 같은 질병을 인간에게 감염시키는 모기가 서식하기 좋은 여건이 조성되는 등 미래의 기후변화는 현재의 코로나-19뿐만 아니라 더 강하고 무서운 변종의 바이러스와 전염병을 예견하고 있다.

③ 서울시의 기후변화 및 자연재해 대응 정책

서울시는 2012년 ‘원전하나 줄이기’ 정책을 시작으로 지속가능한 에너지 및 기후정책을 추진해 오고 있다. 또한 현재 우리 사회가 직면한 기후위기 상황은 보다 과감하고 적극적인 정책과 실행계획을 요구하고 있어 서울시에는 2050년까지 탄소중립을 목표로 하는 ‘2050 서울시 기후행동계획(2050 Seoul Climate Action Plan, CAP)’을 수립하여 추진하고 있다.

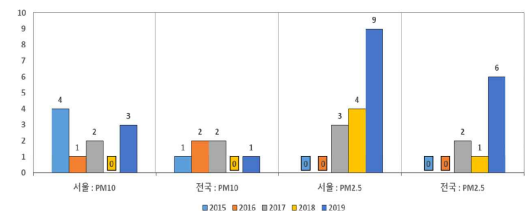
서울의 기후는 지난 100년간 큰 변화를 보이고 있다. 서울의 2001~2010년 평균기온은 12.8℃로 1911~1920년 평균기온에 비해 약 2.1℃ 상승하였다. 10년 평균 강수량 역시 같은 시기에 287.2mm 상승하였다. 뿐만 아니라, 폭염, 한파, 열대야 등 극한 기후현상이 나타나는 빈도가 계속 커지고 있다. 현재 수준으로 온실가스 배출이 지속된다면, 21세기 후반에 서울시의 연평균 기온은 4℃ 이상 증가할 것으로 전망된다. 현재 서울시의 연평균 기온은 12.8℃이나, 21세기 후반기(2071~2100)에는 17.1℃까지 연평균 기온이 상승하게 된다. 서울은 도시과밀화로 인해 인구, 시설 등이 밀집하여 있으므로 기후변화로 인한 피해가 다른 지역보다 더 심각할 수 있다. 다행히도 대기환경 개선 정책을 통해 서울시의 온실가스 배출량 현황을 살펴보면 2000년대 후반 이후 감소해왔다. 2018년도 온실가스 총 배출량은 47,073천톤으로 2005년(49,445천톤) 대비 4.8% 감소하였다.



출처: 서울기후변화보고서(서울: 기상청, 2017년)
각주: 서울특별시 기후변화 전망보고서(기상청, 2018년)



대기 중 미세먼지 역시 기후변화와 관련이 있다. 대기 중 온실가스 배출의 90% 이상이 화석연료 연소 과정에서 배출된다. 2019년 한국환경공단에 발표한 보고서에 따르면 서울시의 미세먼지 농도는 ‘매우나쁨 일수’는 2015년에는 나흘 정도로 최고 발생 이후 증가나 감소를 반복하고 있으며, 2018년보다 서울과 전국이 각각 3일과 1일 증가하였다. (PM2.5)는 서울의 경우 2018년보다 5일 늘어난 9일 발생하였고, 한반도 전 지역은 지난 해 하루보다 5일 장도 증가한 6일이 발생하였다.



서울시의 온실가스 감축 정책은 먼저 2009년에 ‘제3회 C40 세계도시 기후정상회의 개최’를 계기로 2012년에 ‘원전 하나 줄이기’ 종합계획을 수립하고 발표하였으며, 2014년에 ‘에너지 살림도시 도시’이라는 정책을 수립·발표하였고, 2015년에 ‘ICLEI 세계도시 기후환경총회 개최 및 서울의 약속 선포’를 발표하였으며 2017년에 ‘2022년 태양의 도시, 서울’이라는 종합계획을 수립하여 발표하였다. 하나하나 그 과정과 내용을 살펴보면

서울시는 ‘사람·자연, 미래가 공존하는 지속 가능한 도시’를 비전으로 설정하고, 2050년까지 탄소중립 도시 달성을 목표로 설정하였다. 파리협정에서 제시하는 지구평균기온 1.5도 상승 제한 목표를 달성하기 위해서는 2050년까지 Net-Zero 배출량에 도달해야 한다. 서울시는 중앙정부의 「저탄소 녹색성장 기본법」에 따라 5년마다 ‘기후변화 적응대책 세부시행계획’을 수립 및 시행하고 있으며, 현재 ‘제2차 기후변화 적응대책 세부시행계획(2017-2021)’을 시행하고 있다. 또한, 서울시는 기후변화 적응대책과 함께 온실가스 감축 계획을 포함하여 ‘2017년 ~ 2021년 서울특별시 기후변화대응 종합계획’을 수립 및 시행하고 있다.



서울시 기후변화 적응대책 세부시행계획 (2017-2021) 및 서울시 기후변화 대응 세부시행 계획(2017-2021)에 따라, 서울의 기후변화 적응 목표는 ‘지구 온난화 대응 능력을 높여 안전하고 건강한 도시’를 만드는 것이다. 또한, 온실가스 감축목표 및 기후변화 적응 목표를 달성하여 ‘저탄소 기후안전도시, 서울’을 만드는 것이 서울시의 비전이다.

이에 Net-Zero 배출량을 제외하고 구체적으로 기후변화와 관련된 재난대응과 관련된 기후안전도시 정책에 대해 알아보면 서울시는 기후변화 취약성평가 및 기후재해영향평가를 바탕으로 기후 위험이 가장 높은 분야를 중심으로 기후변화 적응 정책을 수립하였으며 온실가스 감축 정책과도 연계하여 정책 효율성을 극대화하고 있다. 2017년에 수립한 서울특별시 기후변화 적응대책 세부시행계획(2017-2021)에서는 건강 분야, 재난·재해 분야, 물관리 분야, 산림·생태계 분야의 기후변화 영향을 파악하고, 2050년까지의 취약성을 평가하였다. IPCC

에서 제공하는 ROP 4.5 시나리오 및 ROP 8.5 시나리오를 바탕으로 취약성을 평가하였으며 취약성 평가결과, 서울시는 폭염으로 인한 건강영향과 집중호우에 따른 침수피해가 가장 클 것으로 판단하고 있다고 한다. 한편 강우 강도와 빈도의 불규칙성에 따른 물관리 문제와 도시개발로 인한 생태계 손실 문제 등도 대도시로서 서울이 갖고 있는 중요한 적응 이슈로 평가되고 있다. 이에 따라, 서울시는 건강 분야, 재난·재해 분야, 물관리 분야, 산림·생태계 분야 등으로 구분하여 적응계획을 세우고 다양한 사업을 통해 서울의 기후변화 취약성을 낮추기 위해 노력하고 있다.

1. 폭염 대응

폭염 분야에서는 폭염 대피시설 및 안전시스템 구축, 폭염 취약계층 집중보호 및 관리대책을 주요 정책으로 한다. 대표적으로 서울시는 폭염 시 취약계층을 보호하기 위해 경로당, 복지관, 복지시설, 주민센터, 관공서 등을 ‘무더위 쉼터’로 지정하고, 매년 5월부터 9월까지 4개월간 운영하고 있다. 서울시에서는 2020년 기준으로 2,026개소의 무더위 쉼터가 운영되었는데, 향후 접근성을 높이기 위해 2021년에는 무더위 쉼터를 2,500개소로 더 늘리고 경로당과 복지시설 등에는 냉방비 등의 지원을 강화할 계획이다. 또한, 서울시는 매년 여름철에 폭염 재난 대책본부를 운영하고 있으며 취약계층과 야외 근로자 등에 대한 상황전파와 문자서비스 등을 통해 정보를 전달하고 있다. 실질적인 취약계층 보호를 위해 서울시는 쪽방촌 거주민과 거리 노숙인에 대한 보호체계를 구축하고 운영하고 있다. 또한 독거어르신이나 만성질환자, 장애인 등 취약계층에 대해서는 폭염대비 방문건강관리를 시행하고 있다. 이밖에도 서울시는 폭염대비 시민행동요령, 폭염취약현장 행동매뉴얼을 보급하고 있으며, 폭염영향예보제를 시행하고 현장점검을 하는 등 건설공사장 근로자 보호대책을 강화하고 있다.

2. 감염병 대응

서울시는 감염병 대응과 관련하여 감염병 감시 체계를 지속 운영해왔다. 특히 최근 발생한 코로나-19 대응 관련해서는 확산세에 따라 사회적 거리두기를 단계별로 실시하고 마스크 착용을 의무화하고 또한, 식중독 발생 신속대응체계를 강화하고 우려편시설을 집중 관리하는 등 여러 질병을 예방하기 위해 노력하고 있다.

3. 대기오염 대응

대기오염 대응과 관련해서는 미세먼지 집중관리구역을 지정해 관리하고, 대기오염 예·경보제를 운영하여 감시를 강화하고 있다. 먼저 미세먼지 다량발생 지역 중에서 미세먼지 취약계층 이용이 밀집한 지역을 미세먼지 집중관리구역으로 지정하여 취약계층의 건강을 보호하고 있다. 2019년부터 2022년까지 매년 3개 소씩 확대하여 12개 구역을 지정·운영할 계획이다. 다음으로 대기오염 예·경보제를 운영하여 감시를 강화하고 있다. 대기오염을 예보하고 고농도 시에는 경보를 발령하여 대기오염으로 인한 피해를 예방하고 있다. 또한, 서울에서는 대기오염 측정망을 50개소 운영하고 있는데, 최신 장비로 교체하는 등 정보 제공의 정확성을 높이기 위해서 노력하고 있다.

4. 풍수해 대응

서울시는 풍수해에 대비하여 비상대응 역량을 강화하고 취약계층의 복구역량을 제고하며 침수취약지역 등에 대한 안전도를 강화하는 것을 주요 정책으로 시행하고 있다. 먼저 서울시는 풍수해 비상대응 역량을 강화하기 위해 하천 위기상황 관리시설을 설치하고 있다. 자동경보시설, 문자전광판, 경광등을 2020년 기준 총 524개 관리하고 있으며, 매년 대상지 점검 후 추가 설치할 계획이다. 또한, 풍수해 발생 시 침수지역에서 신속하게 대피할 수 있도록 재해 지도를 작성해 활용하고 있다. 다음으로 취약계층이 풍수해보험에 가입할 수 있도록 정보를 제공하고 보험료를 지원하고 있다. 2020년에 약 5,000건의 풍수해보험 가입이 있었으며, 2021년에는 추가 가입건수 4,000건을 목표로 추진 예정이다. 침수취약지역에 대해서는 하수저류시설을 설치하고, 하수관로를 정비하며, 빗물저류시설을 확충할 계획이다. 또한 집중호우에 대응할 수 있도록 모든 빗물펌프장의 노후설비를 개량할 계획이다.

5. 폭설·한파 대응

서울시는 폭설·한파에 대비하여 도로결빙을 막기 위한 자동액상살포장치 설치를 확대하고 있다. 2020년 기준 11개소의 자동액상살포장치를 설치하였으며, 2021년에는 15개소에 자동액상 살포장치를 설치할 예정이다. 다음으로 서울시는 민간제설기동반을 운영하고 있다. 2020년에 16개 자치구에서 민간제설기동

반을 운영하였으며, 2021년에는 20개 자치구에서 민간제설기동 반을 운영하도록 할 계획이다. 또한, 서울시는 겨울철에 한파 상황관리체계를 구축해 운영하고 있으며, 한파 시 거리노숙인 보호대책을 추진하고 있다.

6. 수량 관리

수량관리를 위해 서울시는 빗물이용시설 등 물 재이용 시설 설치를 확대하고 중수도과 재생수를 확대 공급할 계획이다. 서울시는 지하수자원을 지속가능한 방식으로 이용하기 위해 수위 보조관측망 시설과 재난대비 비상급수시설을 확충할 계획이다. 서울시는 상수관로의 누수량을 최소화하기 위해 체계적인 누수탐지를 통해 누수를 방지하고 노후 상수도관을 정비할 계획이다.

7. 수질 관리

수질관리를 위해 서울시는 2027년까지 9개 우수지 내에 저류조를 설치하여 합류식 하수관로 월류수(CSOs)로 인한 수질오염을 방지할 계획이다. 강우 시 공공하수처리시설에서 유입되는 고농도 초기우수를 처리하기 위해 2030년까지 모든 물재생센터에 초기우수처리 시설을 확대 설치할 계획이다. 또한 한강 지천으로 유입되는 수질오염물질 관리를 강화해 나갈 계획이다.

8. 물순환 회복

서울시는 기후변화 적응을 위해 불투수면적 저감 등 물순환 회복 정책을 추진하고 있다. 서울은 도시화로 인해 왜곡된 물순환 체계의 건전성 회복을 위하여 다양한 사업들을 추진하고 있다. 물순환 회복 정책의 추진방향은 다음과 같다. 먼저 불투수면을 줄이고 자연순환 기능을 가진 공간을 지속적으로 늘린다. 지역적 특성을 반영할 수 있는 세분화된 관리체계를 도입하고 사업을 다각화한다. 구체적인 정책 추진사항으로는 서울은 「물순환 회복 조례」를 제정하였으며, 빗물관리 기본계획을 수립하였다. 이를 바탕으로 빗물 순환마을 조성사업도 시행하고 있는데, 빗물 순환마을 사업은 투수블록포장, 침투측구, 빗물저금통, 빗물 저류조 등 빗물관리시설을 이용해 마을 내에서 빗물을 순환 이용할 수 있도록 설계한 것이다. 서울시는 2016년을 시작으로 2019년까지 총 13개소의 친환경 빗물마을을 조성하였다.

9. 산림재해 예방

서울시는 산불예방과 신속한 대응을 위해 산불 방지 대책본부, 산불전문 예방진화대, 전문조사반을 운영하고, 도시형 산불시스템을 구축하고 있다. 또한, 산사태를 방지하기 위해 산사태 현장예방단을 운영하여 산사태 취약지역을 관리하며, 사면 통합관리시스템을 구축하여 활용할 계획이다. 또한, 산림기능 회복력 증진을 위해 조림사업, 생물서식공간을 조성, 병해충 방제, 등산로 정비 등을 지속적으로 추진할 계획이다.

10. 생물다양성 보전

서울시는 ‘생물다양성 전략 및 이행계획’을 수립하여 관련 사업을 체계적으로 시행하고 있으며, 생물 지표종을 지정하여 모니터링하며, 생물다양성 네트워크를 조성하는 등 생물다양성 보전을 위해 노력하고 있다. 서울시는 열섬현상과 호우에 대비하여 가로수 떠죽지를 조성하고 있으며, 학교 내 유휴공지를 활용해 옥상녹화, 벽면녹화, 텃밭 등을 조성하는 에코스쿨 사업을 진행하고 있다.

11. 도시 녹지의 기능 증진

서울시는 도시 녹지의 기능을 증진하기 위하여 한강공원과 북한산에 민간 기업과 시민의 참여를 바탕으로 탄소상쇄숲 3개소를 조성하였다. 탄소상쇄숲 사업은 온실가스 감축의무를 가진 지자체와 기업이 나무심기 등을 통해 탄소흡수원을 확보하면, 이를 통해 흡수한 탄소량에 대해 정부가 인증해주는 제도를 의미하는데, 이와 같은 사업을 통해 이산화탄소를 흡수할 수 있을 뿐만 아니라, 도시 녹지 기능 증진을 통해 기후변화 적응에도 도움이 될 수 있다. 또한, 서울시는 도시농업 활성화를 위해 도심형 식물공장 모델을 개발해 보급하고 도시농부 학교도 운영하고 있다. 도심 내 수직정원도 조성할 계획이며, 수직정원은 벽면녹화, 옥상정원, 가로녹지 조성 등을 통해 열섬현상 완화와 미세먼지 농도 저감에 노력하고 있다.

이외에도 서울시는 정책 수립단계부터 기후와 환경을 고려하는 ‘기후 예산제’를 2022년 이후부터 도입할 예정이다. 서울시의 모든 예산사업을 평가해 온실가스 감축사업, 배출사업, 잠재적 영향사업, 중립사업으로 분류하고, 온실가스 배출사업과 잠재적 영향사업은 온실가스 감축 방안을 사업에 반영하도록 할 예정이다.

4 포틀랜드의 기후변화 및 자연재해 대응 정책

1. Climate Change Preparation Strategy(기후변화 대비전략)

포틀랜드는 도시단위로서는 1993년에 미국에서는 최초로 “Climate Action Plan”을 통해 기후변화에 적극적으로 대응하여 왔다. 그 정책 중 하나가 바로 Climate Change Preparation Strategy(기후변화 대비전략)으로 기후변화로 인해 예상되는 미래의 기후에 대해 조사하고 분석한 결과를 바탕으로 자연재해에 대비하기 위해 수립된 정책이다. 해당 자료에 따르면 미래에 예상되는 포틀랜드의 기후는 과거에 비해 연중 평균온도가 1~5도 정도 높아질 것으로 예측하고 있으며 또한 과거에 비해 매우 덥고 건조한 여름이 많아 질 것으로 예상하고 있다. 이는 고온건조한 날씨로 인해 가뭄과 산불이 자주 발생할 수 있다는 것을 말하며 폭염으로 인한 사상자가 증가할 수 있다고 보고 있다. 또한 지구 온난화로 겨울이 따뜻해지면서 비가 더 많이 내릴 가능성이 있다고 한다. 이로 인한 홍수 및 산사태 등이 현재 포틀랜드에서 예상하는 미래 재난 중 하나이다.

이제 좀더 구체적으로 “Climate Change Preparation Strategy(기후변화 대비전략)”을 살펴보면 총 5개의 Chapter로 구성되어 있으며 우리나라의 재난 정책과 비교하여 특이한 점은 인종·지역간 형평성을 고려한 “Climate Equity”를 정책에 반영하여 추진하고 있다는 것이다.

1) Chapter 1 – Climate Change Preparation

2) Chapter 2 – Climate Equity

3) Chapter 3 – Climate Projections

4) Chapter 4 – Primary Climate Risks

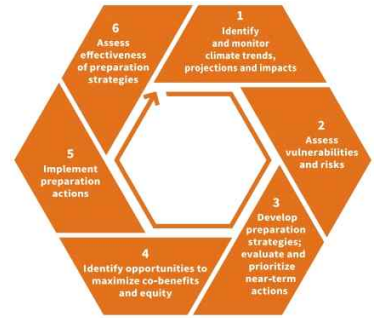
- Risk 1: Increased temperatures and frequency of extreme heat events
- Risk 2: Increased incidence of more dry summers and drought
- Risk 3: Increased forestfire frequency and intensity
- Risk 4: Increased incidence of floods
- Risk 5: Increased incidence of landslides

5) Chapter 5 – Vulnerability Assessment by Sector

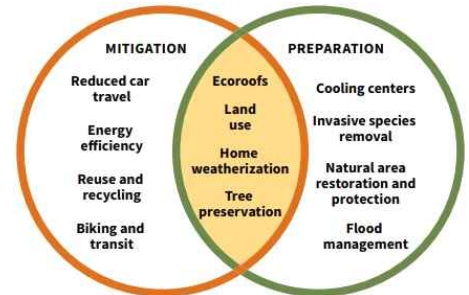
(Human, Natural, Infrastructure and the built environment, Other)

1) Climate Change Preparation(기후변화 대비)

포틀랜드는 1993년에 최초로 지역 기후 행동 계획을 채택한 이후 20년 이상 기후 변화에 대처해 왔으나 탄소 배출을 줄이려는 전 세계적인 노력에도 불구하고, 기후 변화는 이미 진행 중에 있으며 특히 태평양 북서부 지역에 미치는 영향은 앞으로 몇 년 동안 규모와 범위가 커질 것으로 예상되고 있다. 따라서 기후변화의 위험 및 취약성 평가는 기후가 오늘날 지역사회에 어떤 영향을 미치는지 설명하고 취약성 및 위험을 사전에 파악할 수 있고 미래에 어떻게 변화하는지 예상할 수가 있다. 포틀랜드에서 향후 예상되는 기후변화는 크게 2가지로 “고온건조한 여름의 증가”와 “강우량이 증가하는 따뜻한 겨울”이다. 이에 2030 전략을 수립하였고 주요내용은 크게 3가지로 나누어 진다. ① 고온건조한 여름증가에 대비, ② 따뜻한 겨울 및 강우량 증가에 대비, ③ 기후변화 대비·대응 역량 구축으로 세부적인 추진사항은 아래와 같다.



- 가. 생태계 관리를 통한 도시 열섬 효과 감소
- 나. 폭염 대비 지역사회 건강 관리 및 조기경보
- 다. 가뭄에 대비하여 수자원의 효율성 향상
- 라. 고온건조한 기후대비 자연시스템 복원력 향상
- 마. 도시 설계 시 산불 위험관리 반영
- 바. 강우량 증가에 따른 수해 예방 및 자연·건설 환경 복원력 향상
- 사. 기후변화와 관련된 질병 증가 대비 및 관리
- 아. 강수패턴 변화로 인한 산사태 위험 증가 관리
- 자. 기상변화에 따른 비상사태 대응관리 역량 강화
- 차. 기후변화 자연재해에 대비한 정책 및 실행에 대한 제도화 추진
- 카. 지역사회의 재난대응 역량 강화
- 타. 모니터링, 평가 및 분석, 지속적인 연구 및 조사 시행



포틀랜드에서는 이를 위해 인근 도시(City) 및 카운티(County)와 연계하여 RDPO(Regional Disaster Readiness Organization)라는 재난관리 기구를 설립하였다. RDPO는 포틀랜드 및 일부 워싱턴 주의 카운티 지역의 정부 기관, 비정부 기관 및 민간 부문의 모든 관계자들의 파트너십으로 지역의 정부기구, 비정부기구, 민간부문 이해관계자가 함께 준비한다면 비상사태에 더 효과적

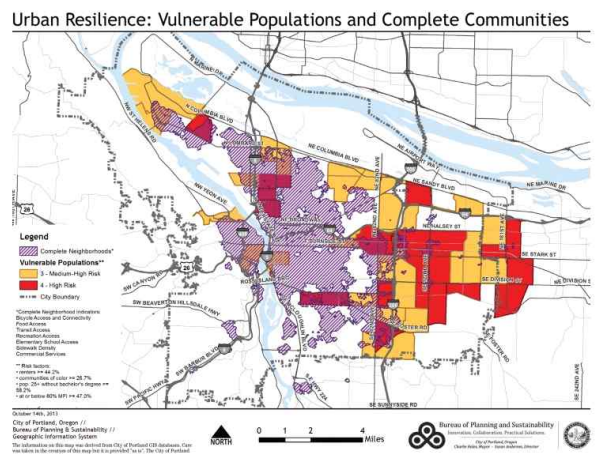
으로 대응할 수 있고 지역사회의 재난회복을 촉진할 수 있다는 생각이 바탕이 되었으며 재해대비 기능을 구축하기 위한 정부기관, 비정부기관, 민간단체 및 개인 간 협력은 지역사회 세금의 효과적 사용 및 효율적인 재해 대응 및 복구에 필요한 역할과 관계를 개발하고, 지역사회 전체의 재난대응 능력을 향상시킨다는 인식으로 시작되었다. RDPO는 지역사회의 재해 예방 및 대응은 물론 복구 능력을 향상시키기 위해 조직되었으며 일상적인 사고에서부터 지진, 산불과 같은 대형 자연재해, 테러 및 기타 비상사태가 발생하였을 경우 효과적인 지역 내의 재난관리를 위해 구성된 비정부 상설 조직이다. 포틀랜드에서는 1993년에 지역 비상 관리 조직이 설립된 이후 2003년에 처음 예산을 지원받아 운영되고 있으며 2015년 1월 정부간 합의를 통해 공식화되었다.



2) Climate Equity(기후 평등)

우리 모두는 기후변화의 영향을 받지만 모두가 같은 대응 능력을 가지고 있지 않다. 특히 포틀랜드의 경우 도시의 확장 정책으로 인해 다양한 인구가 유입되면서 실제 재난이 발생하였을 경우, 유색인종 지역사회와 저소득 지역사회는 기후변화의 영향에 더 취약한 것으로 나타나고 있다고 한다. 따라서 포틀랜드에서는 기후변화 재난대응 정책 수립 시 지역사회를 위한 프로젝트를 우선시 하고 있다. 이러한 재난 취약계층과의 협력을 통해 경험된 과제와 이용 가능한 기회를 이해하면 보다 공정한 결과를 제공하는 효과적인 전략을 구현할 수 있다는 것이다.

오른쪽 그림은 포틀랜드에서 소득, 교육수준, 인종, 위치 등을 종합적으로 고려하여 작성한 재난 취약도를 나타낸 지도이다. 이는 도시 평균 이상의 특정 집중도 이상이 될 경우, 다양한 사회 경제적 및 환경적 위험에 상대적으로 약화될 수 있다는 것을 뜻한다. 재난취약계층 개인은 주어진 각종 재난에 대해 매우 취약할 수 있지만 재난 위험도가 높은 지역사회의 맞춤형 서비스 제공은 그 피해를 최소화 하는데 도움이 될 것이다.



3) Climate Projections(기후 예측)

대기 중 이산화탄소의 증가로 인해 지구 온난화가 발생하였고 이로 인해 기후가 변화하고 있다는 것은 현재 밝혀진 과학적 결과로 과거부터 기후학자들은 이를 모니터링하면서 데이터를 분석하고 우리에게 기후변화의 이상을 알려주고 있다. 이는 마치 우리가 정기적인 건강검진을 통해 우리 신체에 나타날 지 모르는 질병 상태를 초기에 진단하고 치료하는 것과 같은 원리이다. 따라서 기후변화에 따른 재난을 대비하고 대응하기 위해서는 무엇보다 중요한 것이 기후 예측이라고 할 수 있다. 오른쪽 그림은 미국 서부지역의 기후변화 분석 자료로 Oregon Climate Change Research Institute, NWCAR, National Academy of Sciences 등 기후와 관련된 다양한 연구소의 분석자료를 바탕으로 취약성을 평가하고 건강영향 평가를 수행하는 데 사용하고 있다. 해당자료에 따르면 포틀랜드는 향후에 평균 온도는 1~5°C(2~8.5°F)정도 상승하고, 여름은 고온건조, 겨울은 강우량이 증가할 것으로 보고 있다.

Table 1. Summary of projected climate changes for Oregon and the Pacific Northwest

Climate variable	Seasonal patterns of projected change	Expected trend	Size of projected change	Confidence of projected change	Content	Source
Increased temperature	Overall warming with more warming in the summer, higher highs and higher lows.	Increasing	+2.0 to +5.7 by mid-century (2041-2070), lower end only possible with significant global carbon emission reductions.	High	High confidence that the Pacific Northwest will warm (all models project warming in all seasons).	NWCAR
Changing precipitation patterns	Annual precipitation	Near-zero	Mean change of 3% with a range from -11% to +12.9% by mid-century (2041-2070)	Moderate	Annual mean changes for all models are small relative to inter-annual variability such as El Niño Southern Oscillation (ENSO).	NWCAR
	Winter Precipitation (December-February)	Increasing	Mean change of 6.3%, but large range (-2% to 12.9%)	Low	Projected changes in models split between increases and decreases.	NWCAR
	Summer Precipitation (June-August)	Decreasing	Mean change of -4.5% by mid-century	Moderate	Majority of models project decreased summer precipitation.	NWCAR
Extreme weather events	Intense rainfall, heat events	Increasing	Extreme events may increase in frequency, magnitude, and duration.	Moderate	Models point to an increase in extreme precipitation and heat events. But the projections depend on the metric used for "extreme."	OCCRI, NWCAR
Sea level rise	Not applicable	Increasing	Sea level is projected to change between -2 inches to +2 inches by 2030, +4 inches to +10 inches by 2050, and +4 inches to +16 inches by 2100 with significant local variations.	Moderate to high	In the Portland area, the Columbia and Willamette Rivers may see changes in base elevations due to tidal influence.	NWCAR, NAS

이처럼 포틀랜드를 포함한 오레곤 주에서는 기후변화와 관련된 연구를 위해 별도의 연구소를 운영하고 있다. Oregon Climate Change Research Institute(OCCRI)는 Oregon State University(OSU)에 기반을 두고 있으며 OSU, University of Oregon, Portland State University, Southern Oregon University 등 연방 및 주립 연구소를 포함하여 총 150명 이상의 연구원으로 구성된 네트워크로 2007년에 OCCRI를 만들고 Oregon University System의 기후변화 연구를 촉진하고, 기후 정보를 위한 정보 센터 역할을 하고, 대중에게 이해하기 쉬운 형태로 기후 변화 정보를 제공하는 임무를 맡고 있다. 또한 기후변화 영향 컨소시엄(Climate Impacts Research Consortium), 미래 기후예측(Future Climate Projections for Oregon Counties), 기후변화 적응 아카데미(Climate Action and Support Transparency Training(CASTT) Adaptation Academy), 지역주민 복원력 지원(Supporting Tribal Resilience) 및 지역주민 기후변화 적응 가이드북 제작(Tribal Climate Adaptation Guidebook)등을 수행하고 있으며, 2년마다 OCCRI는 오레곤 주와 관련된 기후 변화 과학의 현황과 기후 변화가 주에 미칠 수 있는 영향을 평가하고 이를 주지사와 의회에 보고하도록 하고 있다.

4) Primary Climate Risks(기후변화 위험요소)

현재 포틀랜드에서는 재난관리 전문가, ROPD 및 OCCRI(오레곤 기후변화 연구소) 등과 연계하여 기후변화로 인해 발생가능한 자연재해로 크게 폭염, 건조(가뭄), 산불, 홍수, 산사태 등 5가지로 분류하고 있다. 아래 표는 포틀랜드의 기후 예측자료와 발생가능한 자연재해를 바탕으로 작성된 자료이다.

Oregon climate risk	Likelihood in Oregon	Potential issue for Portland area?
Increase in average annual air temperature and likelihood of extreme heat events	Very likely	Yes
Changes in hydrology and water supply; reduced snowpack and water availability in some basins; changes in water quality and timing of water availability	Very likely	Yes
Increase in wildfire frequency and intensity	Likely	Yes
Increase in ocean temperatures with potential for changes in ocean chemistry and increased ocean acidification	Likely	No
Increased incidence of drought	Likely	Yes
Increased coastal erosion and risk of inundation from increasing sea levels and increasing wave heights and storm surges	Likely	No
Changes in abundance and geographical distributions of plant species and habitats for aquatic and terrestrial wildlife	Likely	Yes
Increase in diseases, invasive species and insect, animal and plant pests	Likely	Yes
Loss of wetland ecosystems and services	Likely	Yes
Increase incidence and magnitude of damaging floods and frequency of extreme precipitation events	More likely than not	Yes
Increased incidence of landslides	More likely than not	Yes

이에 따라 기후변화로 예상되는 재난에 대비하여 각 항목별로 재난대비 및 대응방안을 마련하고 정책에 반영하고 있다. 그 중 현재 포틀랜드에서 추진하고 있는 대표적인 기후변화 위험요소 경감 사업을 소개하고자 한다.

가. Biowales(생물습지 또는 생물잔디)

Biowales는 도로상의 빗물에 있는 오염물질을 제거하면서 우수 유출수를 지하수로 재 활용하는데 유용하며 특히 폭우 시 침수로 인한 피해를 예방하는데 효과가 있다고 한다. 1996년 미국에서는 처음으로 오레곤 포틀랜드에 대규모 시설을 적용하였는데,

Willamette River Park에 총 2,330피트의 Biowales가 Willamette 강으로 유입되는 오염물질을 방지하기 위해 설치되었다. 이에 따라 하천으로 유입되는 부유물질을 50% 감소시켰다고 한다. 빗물을 관리하고 도시 수로의 수질 개선 및 빗물로 인한 재해를 예방하기 위해 현재는 도시 전역에 설치가 되고 있다.



나. Ecoroofs(옥상정원)

Ecoroof는 주로 도심지역의 주택이나 사무실 건물의 지붕 위에 만든 정원으로 열섬 현상 완화, 건물 내 온도저하, 냉·난방 에너지 절감 효과 및 대기오염 물질 흡수와 산소 방출 등 공기 질 개선과 폭우 때 우수를 저장하였다가 천천히 배수가 되게함으로써 홍수를 예방하고 여름철 폭염으로 인한 주변지역 냉각효과가 있다고 하며 green roof, living roof로 일컫는다. 현재 우리나라도 「건축법」에 따라 건물을 지을 때 법적으로 최소한의 녹지를 제공하여야 하며, 옥상조경도 이를 포함시키며 이를 확대하고 있지만 설치를 위한 인센티브는 부족한 실정이다. 포틀랜드에서는 Ecoroof 설치 확대를 위해 1가구 1주택에서 설치비의 38%에 해당하는 평방피트당 약 6달러를 지원하고 있다.



다. Bull Run Filtration Project(수자원 확보 프로젝트)

이상기후로 인해 포틀랜드는 매년 여름에 심각한 가뭄을 경험하고 있으며 식수 및 농경수 부족으로 어려움을 겪고 있고 심지어 산불이 발생하였을 경우, 소방용수가 부족해 화재를 진압하지 못하는 경우가 발생하고 있다고 한다. 이에 포틀랜드에서는 주 정부 및 연방정부의 안전한 음용수 규정을 준수하기 위해 새로운 음용수 여과 시설 및 파이프라인 구축을 추진하고 있다. 이에 포틀랜드에서는 Bull Run Filtration Project를 통해 상수도 시스템을 보다 탄력적으로 만들어 자연 재해에 대비하는 것이다. 이 프로젝트는 다가올 미래재난(기후변화, 지진 등)에 대비하여 재난 시 물을 더 효율적으로 사용할 수 있도록 하기 위함이다.



2017년에 가뭄대비 수자원 확보의 필요성이 대두되어 최초 사업계획 승인이 난 이후 2027년 완공을 목표로 현재는 연구·조사가 진행 중에 있다. 이 프로젝트에 따르면 총 공사비는 2억 4,700만 달러로 완공 시 일일 수자원 공급량은 1억 4500만 갤런(5.5억 리터)로 포틀랜드 주민은 물론 비상 시를 대비한 공급량으로 부족함이 없다고 한다. 또한 숲, 모래 및 자갈 등 천연재료를 통한 여과 작업을 통해 친환경 수자원 공급시설이 마련된다고 한다.

라. Urban Wildland Interface(도시완화지역) 주택평가

Urban Wildland Interface는 일반적으로 UWI라 불리는데, 이는 산불로부터 위험한 지역을 칭하며 보통 0.5마일(0.8km)로 설정한다. 미국의 경우 7만 개의 마을 또는 4,600만 개의 주택이 WUI 이내에 속해 있으며 2002년부터 2016년 사이에 3천 개 이상의 건물이 산불로 피해로 입었다고 한다. 그럼에도 불구하고 매년 약 200만 에이커 정도 면적이 늘어나고 있다고 한다. 포틀랜드의 경우 도심과 산림이 공존하는 도시로 매년 산불로 인한 피해가 증가하고 있다고 한다. 이에 시에서는 WUI 내의 산불피해를 줄이기 위해 Portland Fire & Rescue와 협력하여 거주자의 요청에 따라 평가가 수행하여 이전 또는 보강 등의 조치를 권고한다고 한다,

1. **Interface WUI** — where structures are adjacent to the wildland vegetation.



2. **Intermix WUI** — where structures intermingle with wildland vegetation.



Graphics: Mark Coolen, PixelXPress

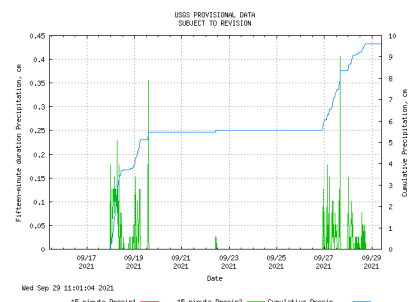
마. Rain Barrel Project(빗물저장장치) 설치

포틀랜드는 연 평균 1,000mm의 비가 내리지만 지형 및 기후 특성상 매년 늦은 10월부터 다음 해 늦은 3월까지 우기에 속하며 이 시기에 80% 이상의 비가 내린다고 한다. 이는 다시 말해 겨울에 폭우가 집중되며 이로 인한 피해도 매년 겪고 있다고 한다. 따라서 포틀랜드에서는 겨울철 폭우로 인한 피해를 최소화하고 여름철 가뭄에 대비하여 겨울철 내리는 빗물을 저장하는 프로그램을 진행하고 있다. 그 중 Rain Barrel Project는 집집마다 빗물저장탱크를 설치하여 겨울철 내리는 빗물을 보관하고 이를 재사용하는 것이다. 이는 현재 보고자가 거주하고 있는 지역(동네)의 일반주택에서도 쉽게 볼 수 있는 것 들이었다.



바. 기후변화로 인한 산사태 예측 및 관리대책

산사태는 포틀랜드에서 흔히 발생하는 만성적인 재난으로 연중 7~8개월 동안 비가 내리는 우기에 특히 더 자주 발생한다. 이는 포틀랜드의 지형적인 특성상 환태평양 고리대에 위치하여 지진에 취약



하고 특히 토질이 겨울철 우기에 많은 물을 흡수하여 그 위험성이 더 높다고 한다. 이에 포틀랜드에서는 1998년과 1996년의 폭우로 인한 치명적인 산사태 재난을 겪은 이후, 연방 및 지방의 연구기관을 통한 지속적인 USGS와 협업을 통해 강우, 지하수 압력, 토양 온도, 토양 수분함량 등 매 15분 간격으로 측정하여 그 데이터를 매일 업데이트하여 모니터링 사이트를 통해 시민들에게 공개하고 있다.



5) Vulnerability Assessment(취약성 평가)

Vulnerability Assessment란 지구 온난화로 인하여 받는 지속적인 악영향에 대해 영향을 얻기 쉬운 레벨 또는 지구 온난화의 피해에 대해 지역사회 단위로 대응하지 못하는 측도 기상노출, 예민도, 대응능력 등을 종합적인 개념으로 사용되며 기상노출이란 각종 체계에 피해를 끼치는 기상적인 자극을 뜻하며, 예민도는 기상적인 자극에 어느 정도 예민하게 대응하는가를 의미한다. 그리고, 대응능력이란 기상적인 자극에 대한 각종 체계의 대응 역량을 통칭한다. 지구 온난화 Vulnerability Assessment는 이상 기상여건에 대해 체계의 대응역량 정도를 비절대적인 수치로 표시한 데이터를 뜻하며, 기본적으로 지구 온난화에 대한 피해가 크고, 대응능력이 작으면 Vulnerability Assessment이 높은 것으로 판단하는데, 포틀랜드에서는 재난 취약성 평가는 크게 3가지(Human, Natural, Infrastructure and the built environment)로 나누어 평가한다.

Table 10. Social determinants of health in Multnomah County

Social determinant	Percent of Multnomah County residents
No high school diploma	10.5%
Living in poverty	17.1%, 33%*
People of color	28.1%
Language other than English used at home	19.6%

Source: U.S. Census Bureau

*Poverty rates have traditionally been derived from those living under the Federal Poverty Level, an indicator based on income and family size. In 2014 Multnomah County commissioned a report on poverty using the self-sufficiency standard. This standard determines the amount needed for a family to meet all basic needs, without government supplements. The report found approximately 1/3 of all County residents cannot meet their basic needs (Multnomah County, 2014).

첫번째 Human 분야에서는 현재의 인구통계학적, 사회적 또는 지리적 상황과 역사적 불평등의 경험으로 인해 저소득, 유생인종, 이민자 및 난민 등은 기후 변화와 관련된 큰 피해가 예상되며 기후변화로 인한 피해의 사회적 결정요인과 관

련된 불평등은 일부 지역사회가 다른 지역사회보다 기후 변화의 영향에 더 취약하다는 결과를 낳는다. 따라서 포틀랜드에서는 기후변화의 정의와 형평성의 원칙에 기초하여 위험성과 취약점 평가를 개발하여 추진하고 있다. 구체적으로 인적 관련 취약성 평가항목을 살펴보면 사회보장보험 가입유무, 교통수단 접근성, 냉난방 활용 가능유무, 주택 소유유무, 지역별 대기질 환경, 도시열섬지역 거주여부, 근로형태, 건강이상 유무 및 연령별 등으로 적용하고 있다. 오른쪽 그림은 포틀랜드 내의 멀노마 카운티에서 조사한 인적관련 평가항목을 적용하여 작성한 자료이다. 이들 지역에 대한 지원이 더욱 강화된다.

두 번째 자연 시스템에 대한 위험과 취약성의 정도를 측정하기 위해 강, 개울, 배수구 및 수로, 숲과 삼림, 초목, 습지, 지하수, 그리고 물고기와 야생동물이 포함된다. 또한 파이프형 스톱워터 슬루션이라고 하는 빗물을 관리하는 포틀랜드만의 독특한 접근 방식이 반영되어 있다. 자연 시스템의 모든 요소가 이 평가항목에 포함되어 있는 것은 아니지만 기후 변화에 대한 자연 시스템의 취약성을 평가하고 준비 및 대비를 위한 조치의 우선순위를 정하는 데 도움이 되는 출발점이라고 할 수 있다. 지역 내에 탄력적인 자연 시스템을 구축하기 위해서는 추가적인 활동이 필요하며, 연방 및 다른 주 및 지역 파트너, 이해관계자 및 개인 토지 소유자의 의지에 따라 달라질 수 있으므로 이런 이해 관계자들의 파트너십 구축에 초점이 맞춰져 있다.

세 번째로 도시기반 시설과 관련된 인프라 분야로 상수도, 교통, 공원 및 빗물, 위생처리시설 등이다. 인간이 살고 있는 도시의 건축 환경에는 건물과 도시 공간, 인프라 시스템, 산업 구조, 에너지 시스템 등이 있다. 이러한 시스템은 인간 및 사회 시스템과 연계되어 있으며 자연 시스템과의 상호작용에 상당한 영향을 미친다. 이상기후로 인한 도시의 피해가 증가하고 지구 온난화로 인한 피해가 결과로 표출되면서 지속가능한 도시를 위한 대응전략의 필요성 역시 요구되고 있다. 이에 포틀랜드 내에 위치한 Multnomah County는 2035년까지 거의 29만 명의 인구와 180,000개의 일자리가 증가할 것으로 예상한다고 한다. 이러한 성장을 수용하기 위해서는 적어도 어느 정도는 건설 환경의 재개발과 확장이 필요할 것이며 이러한 성장에 대한 계획을 세우면 기후 변화 변수와 영향을 향후 구축 환경 개발에 고려하여야 한다. 이에 포틀랜드의 기후변화 예방전략 역시 기후 변화의 주요 원인인 탄소 배출을 줄일 필요성뿐만 아니라 성장과 기후 변화를 계획하는 핵심 노력 중 하나이다.

2. Preparing for Climate Change in Oregon(기후변화 적응 기본계획)

2010년에 오레곤(Oregon) 주(State)에서는 ‘Oregon Climate Change Adaptation Framework(기후변화 적응 기본체계)’을 발표했다. 또한 2021년 1월 19일에는 주민, 자연 생태계 그리고 경제가 기후변화의 영향으로부터 적응할 수 있도록 다른 주 및 관련 기관과의 협력을 통해 지침을 마련하여 발표하였다. 먼저 ‘Oregon Climate Change Adaptation Framework 2021’에 대해 살펴보면 이 체계(Framework)는 총 5개의 분야로 나누어진다. ① 이유 및 목적, ② 기후변화 적응 종합실행, ③ 주제별 기후변화 영향 및 전략적 대응, ④ 향후계획, ⑤ 오레곤 기후평등 청사진이다. 또한 3개의 장(Part)으로 6가지의 주제(경제, 자연, 기반시설, 공중보건, 문화유산, 사회관계 시스템)별로 구성된 수많은 실행 가능한 적응 전략과 접근 방식을 구체적으로 설명하고 있다. 이 지침은 24개의 주 정부 기관으로 구성된 실무자 그룹에 의해 개발되었다. 이는 주 정부 및 기관의 업무협력 강화와 기후 평등, 다양성 및 각종 프로그램의 실행에 중점을 두었다. 또한 많은 사람들이 새로운 기회에 참여하고 사람과 환경을 보호하며 한정된 주 정부의 예산을 효율적인 방식으로 사용하려는 목표를 제시하고 있다.



이 체계에 따르면 먼저 1장에서는 기후변화로 인한 날씨 및 해양에 대한 전망을 나타내고 있으며 주 정부 및 관련 기관들의 협업을 통한 기후변화 적응과 완화 노력을 지원하기 위한 3가지 기본 원칙(정책 유연성, 불확실성, 평등성)을 설명하고 있다. 2장에서는 각 기관과의 협력과 조정의 중요성과 기후변화 평등, 다양성 및 프로그램 계획과 실행에 대한 포용성을 강조하고 있으며 기후변화 적응 전략의 수립 및 실행을 위해 필요한 5가지 사항(협업체계 구축, 모범사례 적용, 취약성 평가, 기관 간 정보공유, 통합대응)이다. 3장에서는 6개 분야의 주제에 대한 기후변화 영향, 취약성 및 잠재적 적응 전략의 제도화를 규정하고 있다.

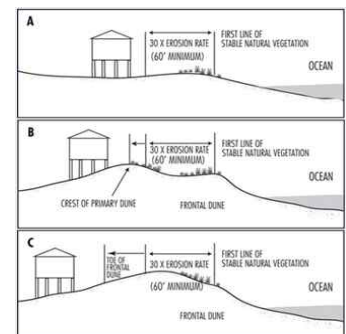
먼저 “경제 분야”에서는 소규모 기업 및 각 기업들이 재생에너지 및 천연자원 등의 신규사업에 평등하게 참여할 수 있도록 지속적이며 탄력적인 지원에 대해 규정하고 있다. “자연 분야”에서는 자연생태계 유지를 위한 지원과 지속적인 모니터링 그리고 해수면 상승과 피해 완화 및 산림 복원 프로젝트와 협력하여 녹색

기반 시설을 촉진하도록 정하고 있으며, “기반시설 분야”에서는 모든 도시 기반 시설이 기후변화에 대응하여 견딜 수 있도록 표준을 정하고 취약지역에 대한 지원 강화를 정하고 있다. “공중보건 분야”에서는 기후변화와 관련된 질병을 줄이고 지역사회 회복력 증진을 정하고 있다. 이를 위해 오레건에서는 인종 및 사회경제적 격차의 근본 원인을 조사하는 맞춤형 접근 방식을 택하고 있으며 지역 사회의 협력강화를 포함하고 있다. “문화유산 분야”에서는 지방정부와 협력하고 데이터 수집 및 관리 계획을 통해 취약한 역사적, 문화적, 고고학적 자원에 대한 피해를 줄이고, 문화경관에 미치는 기후 변화의 영향에 적응하는 것을 강조하고 있다. “사회관계 시스템”에서는 기후변화에 취약한 지역사회를 식별하고 지역사회 구성원이 의사 결정 과정에 참여할 수 있는 기회를 제공하는 등 형평성과 참여 강화를 정하고 있다.

‘Preparing for Climate Change in Oregon’는 기후변화 적응과 관련된 약 122개의 추진사업과 목표가 포함되어 있으며 다시 세부적인 분야로 살펴보면 농업(Agriculture), 생물다양성(Biodiversity), 해양관리(Coasts & Oceans), 재난대비(Emergency preparedness), 산림관리(Forestry), 기반시설 관리(Infrastructure), 공중보건(Public health) 및 물관리(Water) 과 같은 분야를 나누어 진다. 이 중 기후변화로 인한 재난대응과 관련된 분야는 재난대비, 산림관리, 기반시설 관리, 공중보건 및 물관리로 들 수 있다.

1) 재난대비

2011년에 오레곤주는 해수면 상승에 대비하여 해안가에 위치한 주거용 건축 및 재건축에 대한 주 정부의 건축 표준규정을 마련하였다. 새로운 표준에는 설계 높이(즉, 100년 단위 홍수위험의 높이보다 1피트) 이상으로 구조물을 높이도록 요구하고 해안가로 부터의 이격거리 및 완충지역 설정 등 추가적인 규제사항을 정하고 있다. 또한 오레곤 해안 관리 프로그램(OCMP)을 마련하여 해수면 상승 노출과 홍수 위험에 대한 다양한 시나리오를 연구하고 있으며 2009년 1월에 Climate Ready Communities: A Strategy for Adapting to Climate Change on the Impacts on Oregon Coast를 발표하였다. 이는 주 정부 기관과 해안가 지역사회가 재난에 더욱 탄력적으로 협업하기 위한 계획 프로세스를 정하고 있다.



2) 산림관리(산불대비)

이 체계에서는 기후변화로 인해 오레곤 주가 직면할 산불의 위험증가를 경고하고 있다. 또한 산림 서식지 보호, 도시 지역의 산불 대응 능력 향상, 기후변화 고려 사항을 산림관리 계획에 통합하여, 산불이 발생하기 쉬운 지역에 대한 보다 엄격한 기준의 개발과 관련된 목표가 포함하고 있다. 기후변화로 인한 산불위험에 대비하기 위해 2010년 4월, 주 정부에서는 산림 기후 변화 실무자 그룹을 설립하여 국가 적응 활동을 수행하였다. 2013년에 오레건주 산림 위원회는 국유림 및 사유림에 대한 산불피해에 대비하는 데 필요한 연구와 모니터링 및 대응 계획을 마련하기 위한 시스템도 마련하였다. 또한 기후변화로 인해 산불이 어떻게 악화되며 산불로 인한 위험을 줄이기 위한 전략을 담고 있다. 또한 미국은 각 국립공원마다 산불관리계획을 수립하고 있으며 산림화재 진압과 목적을 위해 활용되는 산림화재 전략, 예비, 산림화재 생태계 연구, 산불에 취약한 제거를 위한 인위적인 방법 등을 포함하고 있으며 산불 발생 시 대응방법은 3단계(피난, 대응, 복구)로 구분하여 관리하고 있다.

가. 피난

산불은 3단계 대피 알림 시스템을 따르며, 각 시스템은 준비의 필요성과 위험 수준에 따라 구성되어 있다. 안전을 위해 최선의 결정을 내리는 데 도움이 되는 현재 수준과 그 의미를 아는 것이 중요하다. 안전하지 않다고 느껴지면 알림을 기다리지 말고 대피하는 것을 강조하고 있다.



나. 대응

산불을 국가 재난으로 인식하고 매우 체계적인 방법으로 대응하고 있다. 연방정부와 지방정부의 산불관리법이 상이함에도 불구하고 총체적인 산불 관리는 국립기관협력산불센터(National Interagency Fire Center)에서 전담하고 NFPA(National Fire Protection Association)에서는 국가소방기준(National Fire Codes295)을 마련하여 미국 전역에서 같은 방식으로 대응하고 있다. 미국은 지난 1970년대 캘리포니아 대형산불 이후 산불진화 장비를 현대화하고 FIRE SCPE를 만들어 화재진압 시스템을 개발하여 산불진화 대응의 표준화를 가져왔다.



다. 복구

산불진압 후 복구를 위해 다음과 같은 절차를 수행한다. 잔해정리 및 위험요인 제거(나무제거 등), 피해평가, 대피소 운영 및 주택 복구, 피해조사 및 지원 순으로 이루어진다. 또한 오레곤 주민서비스국(Department of Human Services, ODHS)에서는 산림화재로 영향을 입은 시민들을 돕기 위해 재해 관리 서비스 회사와 재해 관리 프로그램 계약을 체결하여 운영하고 있다. 이 프로그램은 산불 생존자들의 완전한 복구를 위한 서비스 지원 및 자금을 제공한다. 재해 관리 회사는 산불 생존자들을 돕기 위해 3개 단체 (Catholic Charities of Oregon, Santiam Hospital, Glide Revitalization)와 협력하고 이들의 활동을 관리 감독한다. 지원에는 산불 피해자들에게 가정용품 및 가구 지원 임시 및 영구 주택 찾기, 구직 활동 지원 등이 포함된다.

3) 도시기반시설 관리

기후변화(고온, 해수면 상승 및 산사태 포함)로 인한 기반시설에 대한 위험을 평가하고 위험 상황 이후 손상된 기반 시설을 수리할 수 있도록 오레건 주의 대응능력을 개선하고자 마련된 것으로 오레건 주의 모든 고속도로, 2,700개의 다리 및 기타 중요 기반 시설을 관리하는 오레건주 교통부(ODOT)에서는 기후변화 적응전략 보고서를 통해 도시기반시설에 대한 기후 변화 영향의 예비 평가를 제공하고 적응 전략을 제공하고 있다. 이 모든 기반 시설은 산사태, 홍수, 해안 침식 및 산불 발생률 증가와 같은 기후 변화의 영향에 잠재적으로 취약하다는 인식 하에 각 기관이 프로젝트를 계획 및 개발하고 비상사태에 효율적으로 대응하기 위한 평가를 수행하고 있다.

특히 오레건 주는 해수면 상승(2050년까지 55cm 상승), 잦은 폭풍해일, 온도상승으로 산불위험 증가, 강수량 변화, 홍수 위험 증가, 계절 유량 변화 및 산사태 등에 취약한 것으로 평가되고 있다. 기후변화와 관련된 정책 중 ODOT에서 추진하는 사업 중 하나는 2014년에 기후 변화 취약성 평가 및 적응 연구를 수행하였고 기후변화로 인해 취약해진 해안지역의 교통 인프라 개선을 추진하고 있다. 이 사업의 일환으로 교통 인프라를 조정하기 위한 프로젝트 추진 우선순위 결정에 영향을 미칠 수 있는 잠재적인 재정 및 법적 고려 사항을 강조하여 이익-비용 분석을 수행하고 국토사용 정책을 포함한 규제 정책을 반영하였다.

4) 공중보건

공중보건과 관련해 ‘Oregon Climate Change Adaptation Framework’에서는 기후변화의 위협(폭염, 전염병, 산불로 인한 연기)에 대한 대응 목표를 정하고 있다. 또한 프레임워크에는 폭염 및 쿨링 센터에 대한 정보 전달을 개선하고 도시 지역에 더 많은 쿨링 센터를 설립하는 것과 같이 고립되고 취약한 주민들에 초점을 맞춘 권장 사항도 포함되어 있다.

2013년, 오레곤 보건당국(OHA)는 Oregon Climate and Health Program을 발표했다. 이 프로그램에는 오레곤 주의 공중보건국, 지역단위의 보건 부서, 기타 지역사회 파트너가 다양한 기후 위험 요소와 스트레스 요인에 대한 회복력을 구축할 수 있는 전략이 담겨있다. 이 프로그램은 정책 우선 순위를 정하기 위한 보건 취약 주민의 목소리를 담고 다양한 지역사회 파트너와 적극적으로 참여할 것을 권장하고 있다. 정기적으로 기후 및 건강 지표를 모니터링하고 기후 관련 건강 위험으로부터 환자를 보호하는 데 필요한 정보를 의료 파트너에게 제공하고 있다. 2020년 OHA는 기후 변화 영향으로 인해 건강상의 문제를 야기되거나 악화시킬 수 있는 요인들에 대한 오레곤의 기후 변화 및 건강 보고서를 발표했다. 이 보고서는 신체적, 정신적 건강에 대한 위험을 논의하고 경제적 영향 및 이재·이주와 같은 교차 위험뿐만 아니라 열, 홍수, 화재 및 질병과 같은 기후 위험을 다루고 있다.



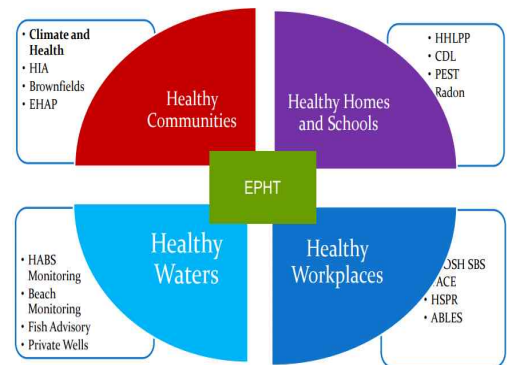
Extreme Weather, Climate and Health Symposium
1.30.2013

Oregon's Climate and Health Program:
Preparing Local and State Public Health to Address the Impacts of Global Climate Change

Jae P. Douglas, Ph.D., MSW
Principal Investigator
Research & Education Services
Center for Health Protection
Oregon Health Authority



Oregon's Climate and Health Program



5) 비상사태 대비

이 계획에는 8가지의 기후변화로 인한 자연재해 발생 시 비상사태 대비에 관한 사항을 담고 있다. 첫 번째 Disaster Assistance(재해 지원)에서는 재난 발생 시 연방 및 주정부의 재난 지원을 제공하는 것을 담고 있다. 재난 발생 후, 지방정부, 특별 지구, 특정 민간 비영리 단체 및 지역사회 정부는 재난에 신속하게 대응하고 복구하도록 지역 커뮤니티의 역량을 향상 시키는 목표로 하고 있다.

두 번째는 Grant Opportunities(보조금 지원)으로 비상관리성과 교부금(연방정부의 보조금을 주, 지방정부가 모든 위험에 대비하는 데 사용), 위험완화 프로그램(위험 완화 계획, 프로젝트 및 위험에 대한 지역사회의 취약성을 줄이기 위한 기타 활동을 지원하기 위해 연방 정부로부터 자금 지원), 국토안보 교부금 프로그램(재난계획, 조직, 장비 구매, 교육 및 연습 활동에 자금을 지원), 연료 저장시설 호환성 기금 교부금, 주정부 사고 대응장비 보조금 프로그램(비상 대비를 위해 지방정부 및 유관기관에게 장비 제공) 등을 운영하고 있다.

세 번째는 Mutual Aid Resources(상호지원)은 비상사태는 종종 지방 정부의 능력을 압도하고 관할 구역을 초월할 수 있기 때문에 인명, 재산, 환경 보호 및 사고 안정화를 위해서는 정부 간 조정이 필수적이다. 따라서 상호 협력을 통해 가용 자원을 최대한 활용할 수 있도록 관련 규정을 담고 있다. 오레곤 자원 조정 지원 계약(ORCAA)에 따라 협약된 지역은 비상사태 또는 재난을 예방, 완화, 대응 또는 복구하기 위해 또는 훈련과 함께 다른 협약된 지역에 지원을 요청할 수 있다. 있습니다. 협약된 지역의 모든 자원(대응인력, 서비스, 장비 및 용품)은 다른 지역에서 사용할 수 있다. 그 예로 비상 관리 지원 협약(EMAC)으로 EMAC 는 재난 발생 시 국가가 자원을 공유할 수 있도록 하는 국가간 상호 원조 협정으로 EMAC는 회원국의 지원을 요청하는 주에 시기 적절하고 비용 효율적인 대응방법을 제공한다. 이 협약은 연방 재난 대응 시스템을 보완하는 역할을 한다. 또한 태평양 북서부 비상 관리 협정(PNEMA)은 국경을 넘는 협정으로 이 협정을 통해 EMAC(비상 관리 지원 협약)에 따른 상호 원조와 유사하게 태평양 북서부의 주와 지방 간에 자원을 공유하고 있다.

네 번째는 Oregon Emergency Preparedness Workshop (비상대비 워크숍)으로 비상 관리, 공공 안전 및 건강 대비 관련 파트너가 네트워크를 형성하고, 새로운 교훈과 모범 사례, 비상 관리의 모든 단계와 관련된 프로그램 및 현재 문제에 대한 정보를 배울 수 있는 기회를 제공한다. 각종 재난과 관련된 재난안전교육 시스템은 모든 위험상황을 고려한 위험 기반 비상관리체계를 기반으로 이루어 지고 있다. 오레곤 주는 2020년 3월 16일부터 20일까지 제7회 연례 Oregon Emergency Preparedness Workshop을 개최하여 참가자들에게 프로그램, 현재 문제, 배운 교훈 및 비상 관리의 모든 단계와 관련된 모범 사례에 대한 교육 및 정보를 제공하였다. 특히 급작스럽게 또는 복합적으로 변화하는 환경에 대

2020 Oregon Emergency Preparedness Workshop		
Monday, March 16		
10:00 am - 5:00 pm	Homestead	REGISTRATION DESK OPEN
10:00 am - 5:00 pm	Homestead 1	MGT-312 Senior Officials Workshop for All-Hazards Preparedness
1:00 - 5:00 pm	Homestead 1	Oregon Training and Exercise Planning Workshop (TEPW)
6:00 - 8:00 pm	Landmark	Welcome Reception
8:00 pm	Fazio	
Tuesday, March 17		
7:30 am - 5:00 pm	Homestead	REGISTRATION DESK OPEN
8:00 - 9:30 am	Sage Springs Pavilion	BREAKFAST - Opening Ceremonies
9:30 - 9:45 am		BREAK - Networking/Displays
	Homestead 1	Preparing for Mass Gatherings in Lane Co. - From Concerts to Football to Track & Field
	Homestead 2	Listos - How to Effectively Prepare Spanish-Speakers for Disasters
9:45 - 10:45 am	Homestead 3	Exercise Design, Execution and Evaluation
	Great Hall	No Spots About It, Messies is Back: Lessons learned from the 2019 Multnomah and Clark County measles outbreaks
	Heritage	Oregon National Guard Cyber Capabilities
10:45 - 11:00 am		BREAK - Networking/Displays
	Homestead 1	USDA Food and Nutrition Service
11:00 am - noon	Homestead 1	Communications in Emergency Planning: PIOs at the table
	Homestead 1	An Invitation for Partners: Growing Pathfinder as an all-hazards, full-scale exercise

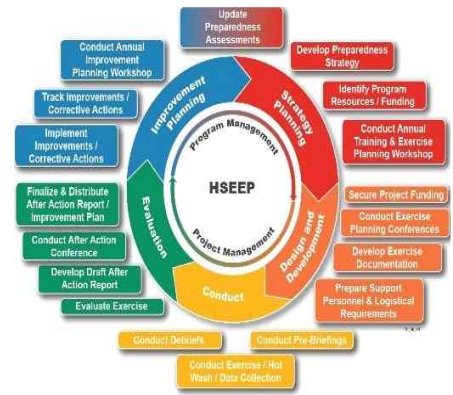
응하기 위해서 자연재해 또는 인위적인 재해가 발생하기 전인 예비 스텝에 해당하는 교육, 훈련, 대국민 홍보를 하고 있다. 또한 이전에 일어난 재난 재해 대처에 관한 데이터 모집과 평가 및 분석을 통하여 미래의 대처력을 증가시키는 교육에 포커스를 두고 있다. 현재 미국은 각 주 또는 도시마다 교육 및 훈련방법은 다를 수 있으나, 일반적으로 초·중·고등학교 및 대학의 정규 교육과정과 관련 내용을 편성하여 이루어지고 있으며, 학생들을 대상으로 한 효과적인 교육을 위해 FEMA, 교육당국 및 적십자가 협업을 통해 교재를 제작하고 이를 오픈여 각급 학교나 지역사회에 효율적으로 활용할 것을 독려하고 있다. 또한 지역사회, 사업체 등 공동체 단위의 교육, 학부모 또는 자원봉사단체를 위한 교육 등 다양한 교육을 실시하고 있다. 아래의 강좌는 현재 포틀랜드에서 실시하고 있는 대표적인 지진대비 교육 강좌를 나열한 것이다.

- Take the Online Basic Preparedness Training
- Cascadia Earthquake Education Online Course for Teachers
- International Field Experience(Learn from Earthquake)
- Emergency Preparedness Community Training
- Prepping Schools for a Major Earthquake(PDX Parent)

다섯 번째는 오레곤비상대응시스템(Oregon Emergency Response System, OERS)으로 정부와 민간 부문간의 다중 관할권 협력을 포함하는 자연재해 및 각종 사건사고와 관련된 비상사태에 대응하여 국가 자원을 조정하고 관리하는 것이다. OERS는 모든 공공 기관에서 주정부에 비상사태 또는 재난 알림을 제공하거나 주 또는 연방 자원에 대한 요청을 하는 주요 연락 창구이며 주 전역의 위험 물질 사고에 대응하는 정부기관 간의 커뮤니케이션 및 조정을 하고 있다. 또한 자연 재해와 수색 및 구조 임무와 같은 비상사태에 대응하는 "모든 위험"에 대한 대응 시스템이 마련되어 있다.

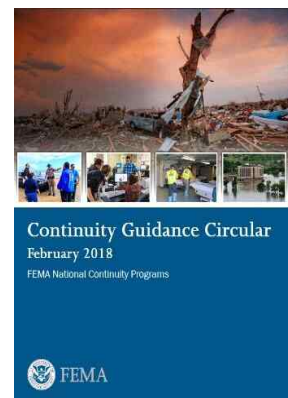
여섯 번째는 Plans and Assessments(계획 및 평가)로 OEM은 주에서 직면한 위험과 위협을 평가하고 계획하도록 하고 있다. 오레곤 주의 비상 관리 프로그램의 기본 문서는 종합 비상 관리 계획(자연재해 완화 계획, 주정부 대비 계획, 비상작전계획, 재난복구 계획을 담고 있다)이다. 오레곤 주에서는 재난기금을 받거나 이러한 기금의 직접적인 혜택을 받는 모든 지역은 National Incident Management System(NIMS)을 준수해야 한다. 따라서 OEM은 이러한 표준 및 평가를 통해 비상 사태 또는 재난의 영향을 받았을 때 피해를 최소화하기 위해 노력하고 있다.

일곱 번째는 State Exercise Program(재난훈련)으로 재난훈련은 지역사회와 재난관리 전문가 및 지역주민의 계획과 능력을 테스트 및 검증하고 능력 격차와 개선 영역을 모두 식별할 수 있도록 함으로써 재난대비에 중요한 역할을 한다. 이는 사전에 계획된 매뉴얼에 따라 각 기관별·분야별로 재난에 즉각 대응을 시행하며 주민들의 피난 및 대비를 유도하고 상황관리활동과 복구지원업무를 수행하는 능력을 향상시키기 위해 반드시 필요하다. 잘 설계된 재난훈련은 기능을 테스트하고 직원에게 역할과 책임을 익히고 조직 전체에서 의미 있는 상호 작용과 의사 소통을 촉진할 수 있는 위험이 낮을 수 있다. 또한 재난 발생 시 지역사회를 한데 모으고 대응능력을 강화시킨다. 오레곤 주는 연방 국토 안보 운동 및 평가 프로그램(HSEEP)의 훈련방식을 따르고 있다. 이는 재난관리 강사 양성 프로그램, 비상관리책임자 및 지역사회 구성원 훈련 프로그램으로, 총 8가지의 코스로 구성되어 있다.



- ① Incident System to Command
- ② Single Resources and Initial Action Incidents, ICS for
- ③ NIMS, The National Incident Management System
- ④ NRP(The National Response Plan), An introduction
- ⑤ Hazard Mitigation, Protecting Your Home(Business) From Disaster
- ⑥ Public Assistance Program and Eligibility
- ⑦ The Public Assistance Delivery Model Orientation
- ⑧ Hazmat Awareness, Weapons of Mass Destruction Awareness

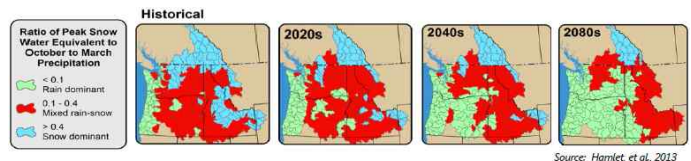
여덟 번째로 Toolkits for Emergency Managers(재난관리책임자 매뉴얼)로 자연재해가 발생하였을 때 지역 재난관리책임자가 평가하고 수행하여야 할 사항들을 담고 있다. 또한 모든 수준의 정부와 민간 및 비영리 부문의 개인이 커뮤니티의 위험에 대비할 수 있는 온라인 협업 환경이며 대비 활동을 효율적이고 쉽게 실행하고 이 작업을 다른 사람과 공유할 수 있는 방법을 제공하고 있다. FEMA에서 제공하는 프로그램으로 전국의 지역사회 재난관리 책임자에게 제공하고 있다.



6) 수자원 공급 및 수질관리

수자원 공급과 수질에 대한 기후 영향에 대비하여 특히 기후 변화와 함께 가뭄의 위협이 증가함에 따라 수자원 보관 및 공급에 관한 사항이 담겨 있다. 수자원에 대한 실시간 예측과 수자원 재사용에 관한 기술 및 인센티브 제공 등 극심한 가뭄 상황에 대비한 포괄적인 관리 계획을 담고 있다. 2015년에 오레곤 주의 주지사는 행정명령으로 기후 변화가 가져오는 도전 과제를 충족하기 위해 주 기관이 가뭄에 대한 회복력을 계획하도록 지시하였다(EO 15-09). 주요 내용을 살펴보면

지하수 관리, 산사태 발생 이후 지하수 사용에 관한 지침, 산불로 인한 수자원 피해 최소화 방안,

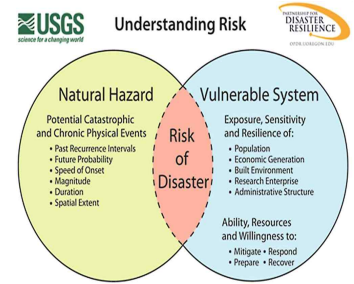


Climate Resilience Evaluation and Awareness Tool (CREAT) Risk Assessment Application for Water Utilities를 통한 수자원 인프라 구축과 Sustainable Infrastructure Planning Projects(지속 가능한 인프라 계획 프로젝트, SIPP)를 통한 자금지원과 수도시스템 개선, 가뭄조기경보시스템 등을 추진하고 있다. 또한, 기후변화로 인한 수자원에 미치는 영향 및 산불과 가뭄이 수자원에 주는 영향 등 다양한 연구도 동시에 수행하고 있다.

또한 시설 확충을 통해 오버플루에 의한 빗물의 역반입을 해결하고, 누수방지 작업으로 지하수 및 지표수에 의한 침수 문제를 개선하였다. 그리고 전기선을 침수선 위쪽으로 제작함으로써 각종 전기제품과 통신·통화라인이 외부로 들어나는 파트를 개선하는 등의 연관된 기술을 개발한 것이다. 또한 각종 건물과 지역사회에 인증된 기성제품을 출품하는 등 효능의 평가와 인증 시스템을 추진하고 있다. 또한 실제 크기의 시험이 되는 장치를 설치하여 건물의 벽, 창문틀, 수도 및 전기배관 등을 복합적으로 평가하고 있는 것이다. 또한 홍수에 대비하여 오래된 건물을 수리할 때 사용할 수 있도록 하는 내용으로 구성하고 각종 자문을 적극적으로 이용하고 있다. 더불어 건물의 로케이션 데이터와 이전의 홍수 데이터를 이용하여 재난발생 가능성을 평가하고, 관련된 재난 발생 시 피해규모와 복구에 필요한 예산, 보험료 등을 계산하는 등 건물 단위 데이터 마련을 통한 관리를 확충하고 있다. 이와 더불어 계속적이며 반복적인 홍수에 대응하기 위하여 콜롬보시에서는 수관의 Pump System 교체를 장기적인 정책과제로 추진하고 있다. 그리고 나무나 조경물을 통해 빗물을 흡수하도록 하고 있으며 시민들의 휴식공간이 되는 공원 같은 곳에 호수를 마련하여 빗물을 저장하는 등 별도로 관리하고 있다.

3. Oregon Natural Hazards Mitigation Planning(자연재해 위험경감 계획)

오레곤 주의 자연재해 피해경감 프로그램의 목표는 자연재해로부터 인명 및 재산피해를 최소화하고 장기적으로 경제에 미치는 영향을 줄이는 것이다. 이는 지방정부와 지역사회가 직면할 가능성이 가장 높은 위험을 식별하고 계획함으로써 지역사회의 안전을 구현하는데 목표를 두고 있으며 다른 주 및 연방기관과 협력하여 데이터 및 기타 위험 계획 정보를 제공하고 있다. 또한 피해경감 프로그램을 통해 재난 발생 후 필수 서비스를 사용할 수 없는 시간을 단축하고 중요 시설을 보호하며 경제적 어려움을 줄이고 복구 속도를 높이고 건설 비용을 절감하며 자연재해와 관련된 위험 및 취약성을 식별하고 미래의 재난으로부터 인명, 재산 및 환경을 보호하기 위한 장기적인 전략을 개발하고 있다. 오레곤 주의 자연재해 피해경감 계획(NHMP)은 발생할 가능성이 높은 자연 재해 6가지(홍수, 산사태, 지진, 쓰나미, 해안침식 및 산불)가 인명, 재산 및 환경에 미치는 영향에 대해 평가하고 이러한 영향을 줄이기 위한 피해 경감 전략을 담고 있다. 오레건 주는 1992년에 처음으로 NHMP을 수립하고 시행하고 있으며 5년마다 계획을 업데이트하고 FEMA의 승인을 받고 있다. 현재 시행 중인 오레곤 주의 NHMP는 2020년에 승인되었다.



이중 기후변화와 관련된 자연재해의 피해경감 정책을 살펴보면 홍수, 산사태 그리고 산불이다. 먼저 홍수로 인한 피해를 최소화하기 위해 비상대처계획을 수립하여, 홍수 위험지도 및 비상 대피지도 등 재해지도 제작과 홍수 재해관리시스템을 운영하고 있다. 산사태에 대비하여서는 미국지질조사국(USGS)과 협업하여 산사태 대비 및 재난방지 시스템과 연방 산사태 영향저감 시스템(NLHMS)을 추진하고 있으며 산사태가 일어날 수 있는 지역을 효율적으로 관리하고, 일기예보에 의한 산사태 사전 예보제를 운영하고 있다. 산불과 관련해서는 관할이 워낙 넓고 땅도 연방 및 주 정부 또는 개인이 다양하게 소유하고 있어 산불진화에 있어 체계적이고 합리적인 방법이 필요하였다. 이에 시스템적인 산림화재 진압조직 구성과 협조체계, 최첨단화된 통신장치와 체계적으로 훈련된 인력, 24시간 어떠한 케이스에서도 대응할 수 있는 진화지휘체계가 체계적으로 마련되고 있고, 과거부터 축적된 데이터를 기초하여 마련된 연방 산불위험척도시스템(National Fire Danger Rating System)는 지금도 효율적으로 이용되고 있다. 이와 더불어 산림생태계의 회복력 증진을 위한 사업도 추진하고 있다.

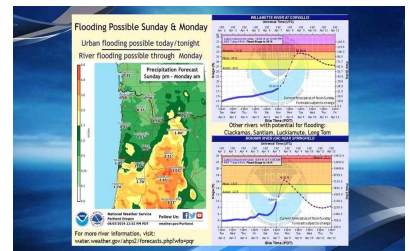
4. 포틀랜드의 기후변화로 인한 자연재해 유형별 대응 사례

1) 폭우(홍수)

포틀랜드는 지형상 미국 서부의 태평양 인근 및 두 개의 큰 강(Willamette, Columbia)에 접해 있어 과거 수차례의 대홍수를 경험한 이후 이로 인한 피해를 줄이기 위한 다양한 정책을 추진하고 있다. 사실 홍수 피해 규모를 결정하는 것은 강우량이지만 이뿐만 아니라 상하수도 및 침수예방시설과 같은 도시 인프라의 영향이 큰 만큼 홍수 피해를 사전에 예측하기에는 많은 어려움이 있다. 따라서 포틀랜드에서는 홍수피해 예측 시나리오와 관련된 정책연구를 시행함과 동시에 홍수예보를 통해 그 피해를 줄이는 데 노력하고 있다. 강수를 신속하고 정확하게 관측하기 위하여 도시 곳곳에서 강우측정장치를 설치·운영하고 있으며 강우측정장치 통합 관제를 통하여 관측자료를 취합하고, 지역별 강우량을 측정하여 홍수예보를 위한 자료로 활용하고 있다. 또한 강우량 뿐만 아니라 강이나 하천의 유량 및 수위와 인접한 도시나 지역의 날씨, 강우량과 강물 높이에 대한 다양한 정보도 감지하여 수집된 데이터는 업데이트되어 일반인에게 공개하여 사전에 대비할 수 있도록 하고 있다.



또한 강우예보와 더불어 지역별 홍수위험지도를 만들어 특별위험지역(Special Flood Hazard Area, SFHA)를 설정하여 강우량 및 수위 분석을 통해 매일 공개하고 있다. 이는 강이나 하천의 범람으로 인한 홍수 피해를 사전에 시민들에게 알리고 예방하기 위한 지도이다. 기후변화로 인해 수백년 단위로 올 법한 많은 양의 강우량을 재난시나리오에 반영하여 제공하고 있다. 또한 홍수재난 위험지역에 대해서는 사전에 최적의 대피경로를 주민들에게 알려주고 훈련이나 교육을 통해 업데이트하고 있다. 또한 FEMA 및 기상관련기관과의 협업을 통해 홍수위험 조기경보 시스템을 운영하여 위험지역에 거주하는 시민들에게 1시간 이내에 대피할 수 있도록 알려주고 있다. 그리고 'FirstNet'이라는 미국의 독립된 국가 기관에서는 경찰·소방서와 치료기관과 같은 긴급 구조 조직을 지원하기 위한 네트워크를 마련하여 미국에서 발생하는 각종 재해의 초기 대응 조직만을 위한 네트워크를 제공하여 재난 발생 초기에 유관기관간의 상호 업무협조 및 지원이 잘 이루어지도록 하고 있다.



2) 산불

2019년 11월에 오레곤 주지사가 한국의 산림청을 방문하여 한국의 산불진화 체계 및 장비에 대한 설명과 시연을 하였다는 언론을 접한 적이 있었다. 이 자리에서 오레곤 주지사는 “미국도 산불이 많이 발생해 오레건도 Hotshots Team (산불특수진화대)을 파견하는데, 한국은 전국 어디서나 산불 발생 시 50분 내에 출동하여 산불진화에 투입할 수 있는 시스템을 갖추고 있는 것이 인상 깊다.”고 말했다고 한다. 여기서 Hotshots Team은 우리나라의 산불특수진화대와 비슷한 개념의 출동대로 Hotshots Team 산림화재 발생 단계에 기본적인 방어선을 마련하기 위해 지상에 배치되어 땅에 흙을 파거나 나무를 베어 방화선 또는 경계선을 만든 뒤 맞대응 불을 활용하여 화재를 진압하거나 풍향을 활용하여 진압하는 등의 방식으로 산림을 진압하며 지금은 미국 전역에 대략 2만여명이 활동 중이라고 한다. 잠깐 미국의 산불진화 체계를 살펴보면 연방정부 및 주정부로 나누어져 있지만 산불진화는 체계적이며 합리적인 방법을 사용한다. 먼저 산불관리를 총괄하는 National Interagency Fire Center(국립산불센터)가 있으며 미국의 경우 워낙 넓은 범위로 산불이 발생하다보니 주택가 지역에서는 소방차를 사용하지만 주로 소방항공기나 소방헬기를 활용하여 진압한다.

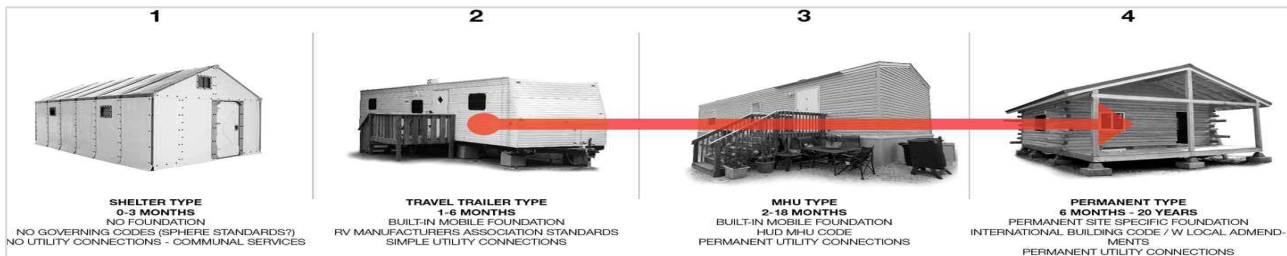


또한 인명대피를 위해 오레곤에서는 발화지의 위치와 지형, 기상조건 등의 자료를 활용해 산불확산 경로를 예측하고 과거의 산불발생 이력 및 기후변화로 인한 산림 생태계 변화 분석자료 및 도시기반시설 등의 관련데이터를 종합하여 시뮬레이션을 통해 최적의 대피경로를 제공하는 정책을 추진하고 있으며 산불은 물론 자연재해 발생 시 스스로 준비할 수 있도록 대피매뉴얼을 주민들에게 교육하고 홍보하고 있다.

Level 1 Get Ready	Pack your valuables. Include important documents such as passports, birth certificates, insurance information, medications, medical equipment and animal vaccination records.
Level 2 Be Set	Monitor the news. Follow Multnomah County Sheriff's Office and Multnomah County Emergency Management's social media pages, local tv and radio news broadcasts.
Level 3 GO!	Evacuate - information will be provided regarding where you can go to get information, resources, and support.

그리고 산불로 인해 통신시설이 마비되는 경우도 있어 현재 포틀랜드 인근의 워싱턴 주에서는 시범적으로 운영하고 있는 것이 '스타링크(Starlink)'이다. 이는 스페이스X가 운영하는 위성 인터넷으로 인공위성을 통해 광대역 인터넷을 제공하는 것이다. 이로 인해 화재가 발생한 지점, 자원과 물품을 받을 장소 등 추가 피해를 줄이기 위한 현장 지휘도 수월하게 진행되었다고 한다.

또한 산불발생 시 반드시 필요한 것이 이재민의 임시거주시설 운영이다. 사실 임시거주시설과 관련하여 미국과 우리나라의 큰 차이는 개인을 위한 공간을 제공(미국)하느냐 대형시설을 활용한 효율성(한국)의 차이일 것이다. 산불재해는 특성상 피해가 발생하였을 경우, 주거지로 복귀하는데 까지는 짧게는 몇 개월 길게는 몇 년에 걸쳐 복구가 이루어지는 만큼 임시거주시설은 아주 중요한 요소 중 하나이다. 미국에서는 2005년에 발생한 허리케인 카트리나(Katrina)를 토대로 각종 재난재해 후 필요한 임시 주거시설과 연관된 사항들에 대해 FEMA에서 정책을 보장하였고, 그 정책 일환으로 2009년에 연방 재난지원 주거마련 지침(National Disaster Housing Strategy)이 마련되어 미국의 모든 지방정부에서 동일하게 적용되고 있다. 이 지침에 따르면 임시주거(대피)시설 형태는 언더그라운드 대피시설(in-ground shelter), 특정목적용 피난시설(single-use shelter), 멀티용 대피시설(multi-use shelter)과 교육용, 종교용, 근린생활 및 공공청사 등 지역 커뮤니티 대피주민들이 대피할 수 있는 로컬 커뮤니티 대피시설(community shelter)로 나누고, 대피시설 및 위치 결정, 플랜마련 시 위치의 안전성, 대피가 가능한 경로와 접근여부, 활용할 수 있는 공간의 면적, 조명장치와 비상시 활용가능한 전력, 계시판, 출입할 수 있는 곳의 개수나 위치 등 종합적인 사항을 고려하고 있다.



포틀랜드를 포함한 미국 전역에서는 거주기간에 맞춘 임시거주시설 제공과 재해구호주거지침에 따라 재난약자를 고려한 환경 또한 제공하고 있다. 임시대피시설 플랜스테이지에서 시설 위치나 관련된 체크 기준부터 주차공간 및 탑승 공간, 피해주민 등록 및 임시 거주(대기)공간, 공동생활 및 가족단위 공간, 휴식이나 식사를 위한 공간, 치료 등 의료서비스 공간, 지원팀 공간 등을 제공하고 있으며 장기화에 대비한다. 또한 스테이션, 운동장, 대형 회의시설 등 대형 규모의 인프라 시설 각종 재해·재난 발생 후 대피공간으로 임시 사용될 상황을 대비하여 재난약자 우선 고려, 가족단위 보호를 위한 공간 마련, 활용용도에 따라 생활공간, 공동공간, 패밀리공간, 위생공간, 세척공간, 샤워실, 세탁실 등으로 구분하고 있다. 그리고 또한 시설보수관리, 치료를 위한 의료, 유·아동 임시위탁 등과 같은 서비스도 포함하고 있다.

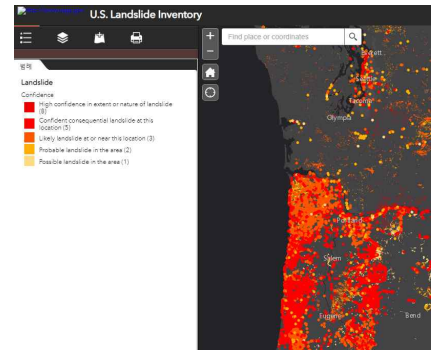
3) 산사태

포틀랜드는 지진과 같은 자연재해가 빈번히 발생하는 환태평양 고리대에 위치하고 있어 산사태와 같은 재해가 자주 발생하고 있다. 또한 최근 들어 기후변화로 인한 이상기후로 겨울에 많은 비와 눈이 내려 이로 인한 지반약화로 산사태의 위험과 경계가 더욱 높아지고 있다. 이와 관련된 포틀랜드의 정책을 살펴보면

먼저 산사태가 발생하였을 때 건물 내 토사 유입을 방지하고 대피경로 확보 등 추가적인 피해를 방지하기 위해 포틀랜드에서는 지역별 공원이나 대형 주차장에 주민이나 건물주가 비상사태에 대비할 수 있도록 모래와 모래주머니를 상시 비축하여 무료로 제공하고 있다.



또한 미국지질조사국(USGS)와 협업하여 포틀랜드 및 인근도시의 시간별 예측 강우량을 분석하고, 토사의 수분함량과 산사태 원격 감시장치를 설치하여 산사태 발생 가능 지역을 사전에 파악하여 주민들에게 대피 또는 사전준비를 알려주고 있다. 오레건 주에서는 1996년과 1998년 폭풍우 동안 발생한 치명적인 산사태 이후, 오레곤 주의 산사태 문제를 조사하고 대비하기 위해 오레곤 지질산업부(DOGAMI)(Oregon Department of Geology and Mineral Industries)를 통해 지속적인 연구를 실시하고 있다. 이곳에서는 오레곤 주의 지역별로 지질상태를 정기적으로 산사태 취약성을 평가하고 이를 건축 또는 도시기발시설 확충 시 활용하도록 하는 ‘Landslide Inventory Maps’를 발간하고 있다.



그리고 산사태로부터 피해를 최소화하기 위해 무엇보다 시민 스스로 위험을 인지하고 대피하는 것이 중요하다는 것을 인지하고 ‘산사태 발생 시 의심해야 할 사항’, ‘산사태 취약지역의 협조사항’, ‘폭우 전 점검사항’ 및 ‘대피 장소 미리 알아두기와 응급 생필품 미리 준비’, 산사태 경보 발령 시 행동요령 등 시민 스스로 위험을 인지할 수 있도록 교육하고 있다.

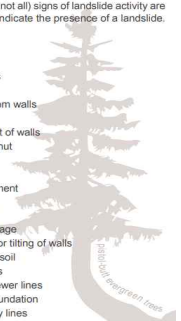
LOOK FOR WARNING SIGNS ON YOUR PROPERTY
If you live on or near a steep slope, evaluate your property for signs of landslide movement. Many (but not all) signs of landslide activity are listed below. A high score may indicate the presence of a landslide.

INSIDE YOUR HOME:

- Cracks in walls
- Nails popping out of walls
- Bulging walls
- Separation of chimney from walls
- Creaking/popping noises
- Light switches coming out of walls
- Doors/windows hard to shut
- Twisted beams
- Cracks in floors
- Water seeping into basement

OUTSIDE YOUR HOME:

- Changes in surface drainage
- Bulges in retaining walls or tilting of walls
- Cracks developing in the soil
- Pistol-butted or bent trees
- Broken water, utility, or sewer lines
- Cracks in sidewalks or foundation
- Stretched or leaning utility lines

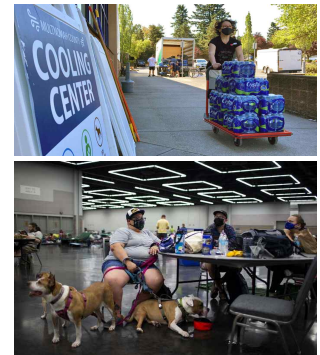


4) 폭염

포틀랜드의 2021년 6월 28일 오후 기온은 섭씨 46.1℃를 기록하며 역대 최고치를 경신했다고 한다. 이에 오레건 주지사는 비상사태를 선포하기도 하였다. 이번 폭염의 원인으로 ‘열돔현상’이 거론되는데 이는 대기가 고립되어 정지된 고기압이 지열로 달아오른 뜨거운 공기를 무거운 밥솥의 뚜껑과 같이 압력을 가해 압축하여 폭염을 발생시킨다는 것이다. 하지만 앞으로는 기후변화로 인해 북극의 이상고온현상이 자주 발생하면서 이런 형태의 열돔 현상이 자주 일어날 수 있다는 것이다.



이에 포틀랜드는 폭염과 관련된 재난정책을 추진하고 있으며 이와 연관된 매뉴얼을 업데이트하여 일반에 공개하고 있다. 또한 폭염에 대비하여 정부기관, 도서관, 교회, 학교, 커뮤니티 센터 등 공공시설에 쿨링센터(Cooling Center)를 운영하고 있으며 자가용 차량이 없는 사람을 위해 무료 이동서비스도 제공하고 있다. 또한 코로나 팬데미 상황이지만 마스크는 착용하되 일시적으로 거리두기를 완화하고 있다.



그리고 도심의 열을 식히기 위해 소화전의 물을 사용하는 것을 임시적으로 허용하며 공원 등 야외에는 음수대를 설치하여 누구나 쉽게 음수를 할 수 있도록 하고 있다. 또한 폭염에 가장 필수적인 냉방시설 사용의 부담을 줄이기 위해 한시적으로 전기요금 등 유틸리티 비용을 보조하고 있으며 냉방시설을 구매할 수 없는 시민을 위해 쿨링센터 운영시간을 연장하고 있다. 그리고 비영리단체인 211 정보센터²⁾를 운영하여 폭염과 관련하여 육아 등 가정보호, 유틸리티 비용 지원, 응급 의료서비스, 음식, 공중보건, 대피소 운영 서비스 등을 24시간 무료로 제공하고 있다. 또한 폭염이 발생하였을 때는 임시적으로 일정시간대에 대중교통 요금을 받지않고 이동식 냉각 센터로 활용하는 등의 정책을 추진하고 있다.



2) 오레곤과 일부 워싱턴 주에서 기부금 등으로 자금을 지원하는 지역사회 기반 비영리 단체

5. 미국의 기후변화 및 재난대응 교육과 사회적 약자배려 안전정책

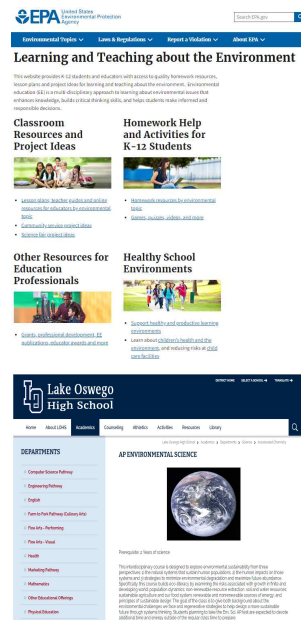
1) 기후변화 교육

한국지리환경교육학회에서 2012년에 발간한 ‘한국과 미국 학생의 환경문제 인식 통계’ 자료에 따르면 한국은 초등학교를 제외하고 환경을 선택과목으로 보지만 미국은 핵심교육과정으로 통합적인 환경교육을 실시하고 있다고 한다. 또한 한국은 교과서 중심의 수업인 반면, 미국은 교과서 수업과 더불어 환경에 대한 실습교육 및 기타 비디오·컴퓨터 교육을 추진하고 있으며 자연을 체험하는 기회와 이와 관련된 복합적인 환경을 제공하고, 다른 수업과 연계하여 교육시킴으로써, 미국의 일반적인 학생들은 자연교육에 일반적으로 만족하고 있지만, 책을 중심으로 일반적인 교육을 받고 있는 우리나라는 환경수업에 만족하지 못하여 자연에 대한 흥미와 참여도 정도가 낮은 것으로 나타났다고 한다.

자연과 같은 교육의 필요성을 깨달은 미국은 전 세계에서 처음으로 1970년대부터 환경교육법을 제정하여 환경교육을 위한 기틀을 마련했다. 현재 미국정부의 교육정책 목표에 의거 환경보호청(EPA)을 중심으로 자연교육이 진행되고 있다.

자연교육 전담조직인 환경교육국을 별도로 운영하고 있으며, 자연교육 지원금, 자연교육 자문·정책위원회와 대책위원회를 갖추고 있다. 학교와 같은 교육기관에는 자연교육을 수립하거나 지원하고 있으며, 중학교 교육과정 이후의 사람들에게 환경과 관련된 직업을 경험할 수 있는 기회를 제공하고 있다. 특히 최근에는 환경교육 분야에 모바일 기술을 접목하여 교육방식과 시민 참여의 새로운 플랫폼을 제공하고 있으며 학습자료, 프로젝트 아이디어, 출판물 제공 및 교사를 위한 환경교육 자료뿐 아니라 학습자료, 게임 등 다양한 정보를 제공하는 환경교육 전문 웹사이트

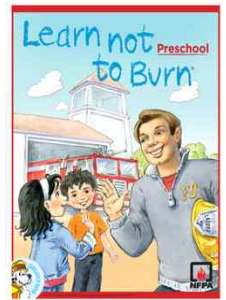
(<https://www.epa.gov/students>)도 운영한다. 또한 보고자 자녀가 다니는 Lake Oswego 고등학교에서는 우리가 직면하고 있는 환경 문제에 대한 배경과 시스템 사고를 통해 보다 지속 가능한 미래를 설계하는 것을 목표로 환경교육을 필수과목으로 지정하여 운영하고 있다. 또한 기후변화의 심각성이 더해지면서 환경교육 분야가 점점 복잡해지고, 세분화됨에 따라 환경교육협회에서는 교육의 신뢰성 및 전문성을 확보를 위해 ‘환경교육자 인증제’를 추진하고 있다.



2) 재난안전 교육

미국에서는 ‘생존’이라는 단어가 일상생활과 친숙한 개념이다. 이는 넓은 영토, 낮은 인구밀도, 극심한 기후변화 등 국민들의 생존에 관한 높은 인식 등으로 인해 다른 나라와 차이를 많이 보인다. 다른 국가에서 이것은 비현실적이라고 판단하는 것들도 미국에서는 생존과 관련된 Forum의 토의 주제가 되는 경우가 많다. 실제 미국 국민의 78%는 재해재난 대응요령이 개인적으로 숙지되어 있다는 연구결과가 있을 정도로 미국 내에서의 생존과 관련된 재난안전 교육은 특별하다 할 수 있다.

미국은 3세부터 재난안전 교육을 받는다. 그 예로 미국 화재보험협회(National Fire Protection Association, NFPA)의 Learn Not To Burn(LNTB) 프로그램을 통해 화재와 생활안전 메시지를 학습시킨다. 또한 어린이들의 특성과 특징을 포함하여, 각종 문학적 연기 등을 이용해 교육경험을 할 수 있도록 하고 있으며 부모들의 참여를 장려하는 게 특징이다. 지역의 소방관서와 자원봉사단체, 커뮤니티 및 종교단체, 은퇴자를 위한 공동체 등 지역 사회 내 각종 커뮤니티를 이용해 실현되며 주택방문이나 단체 발표 등을 통해 화재피난이나 대응요령을 전달한다. 또한 청각장애인이거나 난청노인을 위한 교육도 빠지지 않는다.



또한, 대형지진이나 쓰나미의 경우 도시의 도로, 수도, 전기, 가스, 통신, 의료, 음식, 위생 등등 도시 인프라 붕괴로 이어지기 때문에, 이런 상황들을 가상하고 대비하기 위하여 “2 WEEKS READY” 프로그램을 개발하여 교육하고 있다. 이는 간단히 설명하면 지진이나 쓰나미가 발생하였을 경우, 최소 2주 동안은 정부 및 공공분야의 긴급구조·구호 서비스 및 지원이 없을 것으로 예상되므로 이를 극복하기 위해 개인 및 지역 공동체 단위로 사전에 적극적으로 계획하고 준비하는 것이다. 또한 각종 재난과 관련된 미국의 재난안전교육 시스템은 모든 위험상황을 고려한 위험기반 비상관리체계를 기반으로 이루어지고 있다. 또한 복잡적이며 갑자기 변화하는 환경에 스스로 대응하기 위해 재해재난이 일어나기 전인 예방 스텝에 해당하는 교육, 체험 및 훈련, 대국민 홍보를 하고 있다. 그리고 이전에 발생한 피해에 어떠한 대응을 했는지에 대한 데이터 모집과 평가를 통해 미래의 대피 및 대응능력을 증가시키는 교육에 포인트를 두고 있다.



3) 사회적 약자를 배려하는 안전정책

가. Disability Program 운영

포틀랜드에서는 장애인 등 사회적 약자의 대피계획·구조와 관련된 데이터 제공과 함께 이들의 협력을 이끌어 내는 역할을 위하여 Disability Program을 운영하고 있으며 이를 위한 전담기구에서는 다음과 같은 업무를 수행하고 있다.



1. 사회적 약자의 요구에 관해 관련 정부 기관과 상호협력
2. 사회적 약자의 권익을 대표하는 단체와 협의
3. 성공사례와 대피 계획 모델을 전파
4. 재난 시 사회적 약자의 요구에 관한 훈련 자료를 개발
5. 재난시 구호에 대한 정보로써 응급통신, TV 및 기타 프로그래밍과 인터넷 사이트 등 같은 비상통신 기술의 접근성을 향상
6. 사회적 약자가 이용 가능한 모빌리티 방식을 이용할 수 있도록 보장
7. 불편함이 있는 사람들에게 재난 이후 대피 및 재입주 옵션을 제공할 수 있도록 노력

또한 사회적 약자를 위한 사회 서비스와 합칠 수 있도록 지침을 발간하여 운영하고 있으며, 구체적으로는 사회적 약자를 위한 재해대비준비, 모의훈련 등을 통한 재해대응 효율성 평가, 응급 재난 대피공간 마련, 임시대피 및 안식처 제공, 응급재해 치료지원 및 응급서비스 등의 프로그램을 추진하고 있다.

나. 비상알림시스템(Public Alerts)

비상알림시스템은 거주지역 내의 주민들에게 우편, 전화, 문자메시지 또는 이메일을 통해 알림을 보낼 수 있는 시스템이다. 재난 등 피해가 발생할 것이 예상되거나 발생하였을 경우, 긴급구조대원들은 이 시스템을 이용해 비상사태가 발생했을 때 피해가 예상되는 사회적 약자 및 해당 사업장 등에 통보한다. 이 시스템은 통신회사와 미리 프로그래밍이 되어 있으며 본인의 자발적인 선택에 따라 911 요원(경찰 및 소방)과 공유되기도 한다.

다. NET(Neighborhood Emergency Team)

※ 관련사이트 : <https://www.portlandoregon.gov/pbem/31667>

NET는 쉽게 표현하면 우리나라의 의용소방대 또는 자율방재단으로 표현할 수 있다. 지진과 같은 자연재해가 지역에 발생할 경우 도시기반시설의 붕괴로 인해 경찰관이나 소방관의 현장접근은 한계가 발생할 수 있다. 따라서 최소 1주일 이상 가구는 자체적으로 대비할 필요가 있다. 이웃들도 자급자족할 준비가 필요하다. 이때 NET 회원은 자체 지역 내에서 긴급 재해 지원을 제공하도록 교육받은 포틀랜드 주민으로 NET 회원은 전문 구조대원이 도착할 때까지 생명과 재산을 구할 수 있도록 교육을 받는다.

라. Emergency Preparedness Online Training and Workbook

※ 관련사이트 : <https://www.portland.gov/sites/default/files/2020/video-training-workbook.pdf>

지진과 같이 예고없이 찾아오는 자연재해가 있는가 하는 반면에 폭염이나 폭우와 같은 예견이 가능한 재난이라도 이들 앞에서는 사회적 약자의 입장에서는 삶과 죽음의 문제가 될 수 있다. 실제로 허리케인 카트리나와 같은 다른 재난 상황에서도 사회적 약자들은 가장 큰 피해를 입었고 사상자도 가장 많았다. 미리 계획하는 것이 중요하기 때문에 준비를 해야 한다. 특히 포틀랜드에서는 이들을 위해 비디오 교육 및 소책자를 발간하여 교육자료를 제공하고, 자원봉사를 통한 지원 그룹을 만들고 교육용 키트를 제작하고 계획을 세우고 있다. 이 자료는 오레건 주정부의 보건 사무소와 협력하여 개발된 Ready Now 교육을 기반으로 작성되었다.

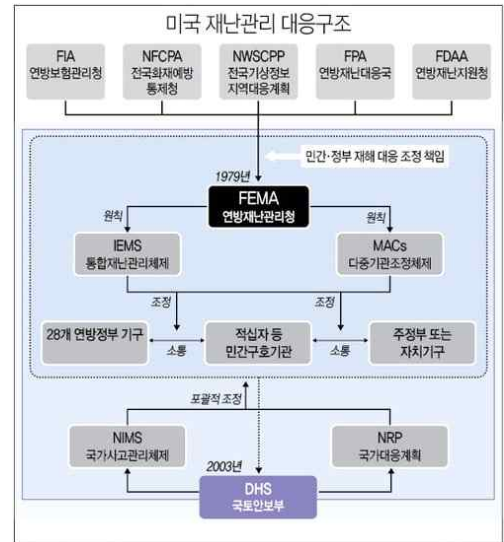


그 내용을 자세히 살펴보면 크게 8가지로 구분하고 있다.

- ① 비상 대비를 위한 10단계
- ② 어떤 응급상황을 예상할 수 있는가
- ③ 개인 능력 자가 평가
- ④ 개인 지원 그룹 개발 방법
- ⑤ 비상 연락처 목록
- ⑥ 비상 시에 대비한 필요물품
- ⑦ 동물 및 애완동물 서비스 준비
- ⑧ 비상 대피 계획

6. 미국의 자연재해 대응 및 재난관리 체계

우리나라에서는 대규모 재난과 사고가 발생할 때마다 재난관리 및 대응에 관하여 컨트롤타워의 부재에 대해 지적하고 개선을 요구한다. 이것은 우리나라만의 어려움은 아니다. 2001년 9월 11일 테러를 겪은 미국 역시 재난관리 기관 간 상호 정보공유 미흡으로 제대로 된 총괄 조정과 지원이 이루어지지 않아 질타를 받은 바 있다. 2001년 9월 11일 테러 이후 재해 및 위기대응을 관리하는 국토안보부와 재난관리청을 만들었다. 그리고 정부기관의 지원을 계속적으로 향상함으로써 재해발생 중심의 관리 및 지휘시스템을 만들고, 컨트롤타워의 대응능력을 향상시키는 것이 집중하였다. 미국에서는 재해나 재난이 일어날 경우 현장을 책임지는 Local정부가 초기대응을 하는 것은 물론 복구까지 전반적인 것을 추진한다. 연방정부와 State정부는 재해 예방과 대비, 대응 및 복구를 서포트하는 것이 이들의 기본원칙이다. 재해재난이 일어나기 전 예방과 대비, 경감과 보호를 위한 일련의 활동도 역시 Local정부가 컨트롤 타워가 되어 추진하며 연방정부와 State정부는 이를 지원하는 역할을 한다.



하지만, 전역에 피해가 발생하거나 영향이 있을 수 있는 전염병이나 테러 같은 공격이 우려되거나, 기후변화와 같은 시간이 흐름에 따라서 Local정부의 한계를 넘는 대규모로 재해가 발생할 경우에는 연방정부가 협의를 통해 바로 개입할 수 있도록 관련 법인 “재난관리 기본법”에서 정하고 있다. 미국의 자연재해를 포함한 모든 재난관리 조직의 정점에는 국토안보부(Department of Homeland Security, DHS)가 있다. 국토안보부는 2002년에 다른 연방 부처(22개)와 조직 및 기관을 일원화하여 마련된 기관이다. 각종 위협으로부터 국가를 수호하기 위해 국경·항공안전에서부터 사이버보안까지 각종 비상 대비의 여러 가지 업무에 현재 24만 명 이상이 활동하고 있다고 한다. 국가안보에 관한 임무는 광범위하지만 ‘철저한 재난복구’ 역시 그들의 핵심임무 중 하나이다. 국토안보부는 기후변화와 관련된 자연재해나 각종 테러 그리고 기타 비상상황이 발발하면 그 즉시 효율적이며 효과적인 대응을 위해 연방, State, Local 및 민간분야와 힘을 합쳐 연방 차원의 관리 및 종합적 대비방법을 제공한다. 그리고, 재난상황 공유,

협동체계 강화, 지원금 활용, 계획 수립, 학습 등을 통해 재난회복 및 복구를 담당하는 역할을 맡는다. 그리고 역시 재난관리청(Federal Emergency Management Agency, FEMA)이 존재한다. 2006년, 방사능과 관련된 대비 대책과 화학물질과 관련된 대비 업무도 FEMA로 이관하였다. 재난관리청에서는 '재난(disasters)이 일어나기 전(before), 진행 중(during), 발생 이후(after)에 시민들을 대피시키고 재난을 회복하는 업무를 담당한다. 업무 영역은 예방, 대비, 구호, 대응, 회복 및 복구라는 다섯가지의 부문으로 나누어 지며, 기후변화 같은 자연재해·인위적인 재해로 인한 다양한 위협에 대비하기 위한 종합적 비상 관리시스템을 마련하고 있다. 재난관리청은 연방정부, state정부, local정부와 민간조직과 재해의 크기에 따라 재난현장의 관리 및 지휘체계를 마련하고, 정부부처 및 기관과 협동하여 단일화된 대응과 복구 및 회복을 담당할 수 있도록 지원하는 역할을 한다. 그리고 국가사건관리시스템에 의거하여 발생가능한 다양한 재난을 표준화하고, 예산과 인명 피해를 줄일 수 있도록 물적자원과 전문인력에 대한 효과적인 할당 시스템을 갖추고 있다.

연방재난관리청은 재난관리 활동을 위해 대응복구기관, 임무지원기관, 미국소방청, 행정기관, 적응기관, 최고자문관실, 10개의 지역청, 교회와 같은 종교와 지방의 DHS센터를 산하에 두고 있다. 연방재난관리청은 연방정부, state정부, local정부, 봉사자원기관, 민간분야의 파트너십을 통해 긴밀하게 협조하기 위해 종합적 재난대응체계를 마련하고 있다. 또한, 연중 24시간 협조 및 지원을 통해 모든 재난에 빠르고 결단력 있게 응하고 긍정적인 여건을 조성하고 있으며, 응급 대응기술에 대한 학습과 인증제도를 통해 인력들을 지속해서 전문화하고 있다. 외부의 다른 기관이나 조직과 협력하여 표준화를 추진하며 업데이트하여 재난 초기 대응자를 위한 지원을 지속해서 향상하고 있다. 연방재난관리청은 민간이나 공공영역의 전략적 파트너십, 기부자와 계약업체와 협조하여 미래형 재난 대비 및 대응 자원 지원 시스템을 마련하고, 재해 피해자와 응급 대응자 등에게 요구되는 지급품을 전달할 수 있도록 플랜과, 구분, 조회시스템을 갖추고 있다. 그리고 역시 중요한 연방재난관리청의 업무는 재난 발생 전, 진행 및 완료 이후에 일원화된 재난통신 체계를 구축하거나 지원하는 것이다. 그 밖에도 이재민과 같은 피해자와 재난관련 파트너 및 이해 관계자에게 확실하고 일관되게 효율적인 정보를 제공하는 공적분야의 재난소통, 비상 관리자·경찰·소방관·선출공무원 및 관리자, 그리고 기타 비상 대응자를 대상으로 하는 교육지원 프로그램 수행 및 연관된 국가인증시스템 마련도 연방재난관리청의 업무이다.

5 정책건의 및 제안사항

1. 시·도간 자연재해 예방대책 및 위험관리 평가 공유(협의)제 도입

기후변화는 과학적이며 기상학적인 영역이지만 기후변화로 인해 미래에 발생가능한 피해에 관해서는 불확실성과 예측불가성이라는 변수로 인해 재난학적으로 통합 관리할 필요가 있다. 예를 들어 시·도가 공유하고 있는 산간 지역에서는 여름철 집중호우로 산사태가 일어날 수 있으며, 겨울철에는 폭설로 인한 피해가 발생할 수 있다. 또한 댐이나 강, 하천에서는 폭우로 인해 댐 붕괴 또는 강물이 나 하천수가 넘쳐 인명 및 재산피해가 발생할 수 있다. 이는 다시 말해 자연재해가 발생할 수 있는 지역은 서울이 아니지만 그 피해는 입을 수 있다는 것이다. 따라서 현재 「자연재해대책법」에 따라 시행하고 있는 ‘자해영향평가’에 대해 평가과정 및 평가결과에 대해 시·도 또는 자치구간 상호 공유하고 협의를 통해 진행할 필요가 있으며 ‘자연재해 예방대책’과 같은 정책 개발 및 추진 시 인근 시·도 또는 자치구에 미칠 수 있는 영향(피해)에 대해서도 사전협의 및 정책 공유를 통한 협업으로 피해를 최소화할 필요가 있다.

이에 대해 세계은행에서는 기후변화에 따른 위험을 관리할 수 있는 방안으로 몇 가지를 제시하고 있는데 이와 관련된 제안사항을 살펴보면 다음과 같다.

① (공동 위험과약) 위기발생 시 계획 없이 임시방편의 대응을 하는 것보다 사전에 대책을 강구하고 국가 간 협력을 통해 체계적이고 통합적인 위험관리를 하는 방향으로 변화하는 것이 필요하며 효율적이며 효과적인 의사결정을 위해 철저한 사전조사와 정보공유 및 협력 등을 통해 미래의 불확실성을 제거할 수 있다.

② (민관협업 필요) 단순히 위험요인을 파악하는 것만으로 충분하지 않으며 민간과 공공분야의 협업을 통해 위험관리에 대한 Trade offs(공유)와 장애물도 파악되어야 하며, 위험관리는 다양한 책임단계에서 개인, 지역사회, 국가, 국제기구 등의 단계에서 상호보완적인 활동이 필요하다.

③ (위험관리 공유) 개인이나 지역사회가 홀로 감당할 수 없는 기후변화 자연재해 위험에 대해서도, 상호 공유된 활동과 책임관리는 사회의 다양한 수준에서 필요하며 정부는 공유된 정책에 대해 실행할 수 있는 환경을 제공하고, 국민들은 위기에서 쉽게 회복할 수 있는 개발 프로그램에 대해 지속적인 관심이 필요하다.

2. 기후변화 위기대응을 위한 재난관리 기관 및 민관협력 강화 필요

재난을 담당하는 기관 및 민간의 협동시스템이 약화된 상태에서 우리의 예상과 예측을 초과하는 재해가 일어나면 효과적인 지원과 대책을 하기 어렵다는 것은 이미 국내외 재난사례에서 쉽게 찾아볼 수가 있다. 더군다나 예측하기 어려운 기후변화로 인한 자연재해는 더욱 그렇다. 미국도 9.11 테러 당시 현장지휘장소에 뉴욕의 고위경찰 관계자가 참석하지 않는 등의 문제를 겪었다. 우리나라도 2015년 메르스 사태 때 정보공유 문제로 중앙정부와 지방정부 간 문제가 발생한 사례가 있다. 이런 사례에서 보듯 중앙과 지방정부, 비영리단체(NGO), 민간의 협력체계 약화는 다른 유형의 ‘재난’이 될 수 있다.

특히 자연재해는 공공영역만으로 대응하기에는 많은 문제가 많다. 미국에서도 핵심자원의 많은 부분 중 재난관리를 위해 민간에서 공급받고 있으며, 이를 위해 정부와 민간의 상호네트워크를 강화해 나가고 있다. 정부기관과 민간의 협력체계를 향상시키기 위해서는 서로간의 신뢰를 구축하는 것이 필요하다. 지역재난에 대한 예방과 대비, 대응, 복구의 모든 단계마다 민관협력을 끌어내기 위해서는 지방자치단체장의 의지가 중요하며 이를 위한 새로운 인센티브를 개발하여 민관협력을 강화할 필요가 있다. 그리고 기초지방자치체가 컨트롤 타워가 되어 지역 특성에 알맞은 플랜을 마련하고 지역사회에 대한 홍보를 강화하고, 인근에 위치한 기초지방자치단체와의 협력을 통해 효과적이고 신속한 재난대비와 대응을 통하여 인명과 재산상의 피해를 최소화 할 수 있도록 시스템의 변화가 필요하다.

또한 효율적인 재난대응을 위해서는 상호 협력이 필요하다. 이를 위해 ‘대한민국시도지사협의회’와 ‘기초자치단체장협의회’를 ‘통합방위협의회’와 같이 재난관리 분야에 활용할 필요가 있다. 미국에는 국가안보 전문가로 이루어진 국가비상관리연합(NEMA)이 있다. 이는 대통령이나연방의 상하의회, 주지사 또는 민간업체나 군조직 그리고 준 정부조직과 합동하여 재해의 대비, 경감, 복구를 위해 파트너십 개발, 전문인력 및 자원을 지원하고 정보를 상호 교환하는 것을 제공한다. 또한, State정부의 재난대응총괄자자가 NEMA의 중추적인 구성원이며, 연방정부와 NGO 등 비영리단체 등도 구성원으로서 핵심적 업무를 담당하고 있다. 또한 네트워크를 형성하기 위해 중앙정부, 공공기관, 비영리단체, 민간기업 등이 상호 협력하고 지방자치단체 간 물적자원 또는 전문인력에 관한 정보를 효율적으로 공유하며, 의용소방대 등 자율적인 방재조직의 참여가 효과적으로 이루어질 수 있도록 파트너십을 강화할 필요가 있다.

3. 재생에너지 저장장치(설비) 증가에 따른 재난대응 매뉴얼 개발 필요

재생에너지'는 '그린에너지'라고도 한다. 이는 기존의 화석연료에서 환경파괴의 위험 가능성이 낮은 에너지로서 태양, 풍력, 물, 조력(조수), 파도, 지열과 같은 재생가능한 자원에서 얻는 에너지이다. 이는 기후변화의 원인이 화석연료에서 나오는 이산화탄소와 같은 온실가스라는 것을 인식하고 이를 줄이기 위한 것이다. 이를 위해 전 세계적으로 전기 또는 수소연료 전기차 등과 같은 친환경 전기동력 차량과 태양열, 풍력 및 수력 등 자연을 활용한 재생에너지의 활용비율이 점차 확대되어 관련된 설비 및 장치 역시 증가하고 있는 추세이다. 재생에너지 활용 비율을 높이기 위해서는 반드시 필요한 것이 에너지 저장장치(Electric power Storage System, ESS)로 수백 kWh 이상의 전력을 미리 저장해 두었다가 필요할 때 사용하는 것이다. 한국에너지공단의 보고자료에 따르면 재생에너지 사용이 증가하면서 세계의 ESS 시장 규모는 2023년이면 131억 달러(약 15조 원)를 넘어설 예정이라고 한다.

하지만 대부분의 에너지저장장치는 리튬이온과 같은 물질을 사용하여 제조하고 있어 화재에 취약하며 폭발가능성이 있다는 단점이 있다. 또한 화재진압 시 기존의 물을 사용하여 진압할 경우, 리튬과 같은 금속성 물질과 화학반응하여 화재가 확대될 수 있다는 어려움도 있다. 실제 2017년 미국에서는 한 제조사가 만든 전기차의 충돌사고에서 배터리가 폭발하여 운전자가 사망한 사고가 있었으며, 전기차 화재로 인해 소방서의 한달치 소방용수를 사용하였다는 언론보도도 있었다. 2021년 소방청 국정감사 자료에 따르면 소방청과 국립소방연구원 등의 전기차 관련 시험 결과 전기자동차는 충전장치 특성상 화재가 발생하면 쉽게 꺼지지 않으며 질식 소화약제를 활용해도 완전히 진화하는 데 2시간에서 때로는 16시간 35분까지 걸린 것으로 나타났다. 최근 5년간(2016~2020) 국내 전기차 화재는 총 95건으로 매년 증가하고 있는 추세라고 한다. 하지만 아직까지 전기차 등 ESS 화재에 대한 진압방법 연구는 없는 실정이다. 산업통상자원부의 '2021년 9월 자동차산업 동향'자료에 따르면 현재 국내 전기차는 20만대로 2030년에는 1천만대가 될 것이라고 예상하고 있다. 따라서 국내의 산업 동향이 빠르게 전환되고 있는 가운데 소방관의 안전과 화재진화와 인명구조기술의 자립적 기반을 마련하기 위해 차량에 장착하는 배터리 및 재생에너지 저장장치에서 발생하는 화재에 대한 실증실험 및 화재진압기술과 장비개발 등 표준작전절차 마련은 반드시 필요하다.

4. 기후변화 및 자연재해에 대비한 재난관리 전문가 양성 필요

지구 온난화로 인한 기후변화가 심각해지면서 기상예측이 어려워지고 있으며, 이로 인해 사전예고 없이 발생하는 해일이나 태풍, 홍수, 폭우, 폭설 등 인위적인 것이 아닌 자연적인 현상으로 발생하는 재해, 그리고 인위적인 화재나 건물붕괴, 화학물질 폭발, 교통사고와 같은 재난이 빈번하게 발생하고 있다. 이에 계속되는 재난에서 찾아볼 수 있는 공통점이나 주요요인 등을 평가하고 분석하여 필요한 대비 및 대응책을 마련하고 다양한 재해에 대응하는 기술을 마련해 주는 프로세스나 전략을 개발하며 피해를 최소화하고 재난의 예방이나 대비, 그리고 대응, 복구 및 경감 등으로 단계를 나누어 업무를 담당할 재난관리 전문가의 역할이 중요해 지고 있다.

이에 해외의 사례를 살펴보면 1990년대 초부터 미국의 연방재난관리청에서는 재난과 관련된 인력을 양성하기 위해 제도적이며 정책적 노력을 해 왔으며 매년 약 5,000여명의 실무자들을 대상으로 교육, 훈련을 제공하기 위해 FEMA 산하의 재난관리교육원(EMI)을 두고 있다. 그리고 2021년 현재 1,000 여개의 대학에 재난과 관련된 학과를 개설하고, 운영하고 있으며 재난관리교육원(EMI)에서는 전문인력 확충을 위한 고등과정의 학습프로그램(Higher Education Program)운명을 수행하고 있다. 미국 노동부 노동통계국은 미국에서 짧은 기간에 빠르게 성장하는 20가지 직업분야에 재난관리 분야가 속한다고 분석했고, 이것은 전 지구적인 추세라는 것을 예상하고 있다. 사회적 여건에 따라 급속히 성장하는 영역들의 공통점은 재해 및 재난관리를 비롯하여 전문화를 확대하기 위해 기술적 및 교육적 프로그램의 확대가 가속화된다는 것이다. 재난관리자 양성교육 발전을 통해 미국의 재난관리 발전이 이루어지고 있다는 것을 알 수 있는 부분이다.

사실 서울시에서도 시민안전과수꾼 양성 사업을 통해 서울시민이 재난 및 사고 등이 발생한 상황에서 위기상황판단 및 응급처치를 통해 자신은 물론 이웃을 안전하게 대피시키고 효과적으로 대응할 수 있도록 하는 생활밀착형 재난관리 전문가를 양성하는 사업을 하고 있기는 하나 아직까지 우리나라는 재난전문가에 대한 인식이 부족하고, 전공자의 취업이나 장래 연계 프로그램 부족으로 대학과 같은 교육기관에서 전문 인력 양성을 위한 교육과정 오픈에 소극적이다. 따라서 서울시의 실질적인 재난관리 역량을 개선하는 데 도움이 되고 체계적인 안전관리 정책을 수립하기 위한 재난관리 전문가 양성에 정책적인 지원과 관심이 필요하다.

6] 참고문헌(자료)

1. 참고문헌

- 1) 기후변화에 따른 재난관리 정책의 오늘과 내일(2015, 정근영)
- 2) 2050 온실가스 감축 추진계획(2020, 서울특별시)
- 2) 우리나라 산불 대응체계 개선방안 연구(2017, 양철근)
- 3) 주요 외국의 환경교육 비교 연구 보고서(2018, (사)한국환경교육학회)
- 4) 환경과 교육과정의 국제비교 연구(2005, 이미옥, 최돈형)
- 5) 미국의 국가재난 대응 체계 및 총괄조정방식 연구(2019, 오영석)
- 6) 대한의학회 뉴스레터(2016, NO 76, 기후변화와 소화기질환, 이현정)
- 7) IPCC 기후변화 평가보고서(1990, 1995, 2001, 2007, 2015, 2021)
- 8) Global desertification vulnerability to climate change and human activities(2020, Land degradation & development)
- 9) Oregon wildfire response protocol for severe smoke episodes(2017, Oregon Department of Environmental Quality)
- 10) Wildfire risk modeling(2021, Oliveira, Sandra)
- 11) Climate Change and Infectious Diseases(2020, Brock William)
- 12) 2000~2019년 세계 재해 보고서(2020, 유엔 재난위험경감사무국)
- 13) 기후변화와 자연재해, 그리고 기후변화 적응(2016, 명수정)
- 14) 기후변화 및 사회적 특성을 고려한 자연재해 취약지역 유형화(2016, 이달별)
- 15) 한국 기후변화 평가보고서(2020, 기상청)
- 16) 한반도 기후변화 전망보고서(2021, 기상청)
- 17) 미래안전이슈 17호(2021, 국립재난안전연구원)
- 18) Building Powerful Partnerships: Lessons from Portland's Climate Action Collaborative(2017, Allen, Jennifer H)
- 19) Portland climate action plan recognized(2016, Portland)
- 20) An analysis of green infrastructure implementation strategies in Portland and other global leaders in climate action(2018, Rachel L.R. LeMont)
- 21) 기후변화를 통한 코로나바이러스 감염증 추정 및 분류(2021, 김운수)

2. 관련 기관 및 홈페이지

- 1) 대한민국 행정안전부(<https://www.mois.go.kr>)
- 2) 대한민국 기상청(<https://www.weather.go.kr>)
- 3) 대한민국 소방청(<https://www.nfa.go.kr>)
- 4) 국립기상연구원(<http://www.nims.go.kr>)
- 5) 환경정책평가연구원(<http://m.library.kei.re.kr>)
- 6) 국립재난안전연구원(<https://www.ndmi.go.kr>)
- 7) 세계기상정보 서비스(<http://worldweather.wmo.int/kr>)
- 8) 오레곤 산불정보시스템(<https://www.oregon.gov/odf/fire>)
- 9) 캘리포니아 산불정보시스템(<https://www.fire.ca.gov>)
- 10) 미국 연방재난관리청(<https://www.fema.gov>)
- 11) 미국 국립기관협력산불센터(<https://www.nifc.gov>)
- 12) 미국 화재보험협회(<https://www.nfpa.org>)
- 13) 미국 공공안전 광대역 네트워크 기구(<https://www.firstnet.com>)
- 14) 미국지질조사국(<https://www.usgs.gov>)
- 15) 미국 환경보호청(<https://www.epa.gov>)
- 16) 유엔환경계획 한국협회(<https://unep.or.kr/main>)
- 17) 유엔 정부간 기후변화 패널(<https://www.ipcc.ch>)
- 18) 오레곤 비상관리국(<https://www.oregon.gov/oem>)
- 19) 오레곤 지질산업부(<https://www.oregongeology.org>)
- 20) 오레곤 멀노마 카운티(<https://www.multco.us>)
- 21) 오레곤 클라카마스 카운티(<https://www.clackamas.us>)
- 22) 포틀랜드 비상관리국(<https://www.portlandoregon.gov/pbem>)
- 23) 포틀랜드 지역재난대비 기구(<https://rdpo.net>)
- 24) 오레곤 기후변화 연구소(<https://blogs.oregonstate.edu/occri>)
- 25) 오레곤 주립대학교(<https://oregonstate.edu>)
- 26) 포틀랜드 주립대학교(<https://www.pdx.edu>)
- 27) 포틀랜드 211 정보센터(<https://www.211info.org>)
- 28) 지역주민 긴급대응팀(<https://www.portlandoregon.gov/pbem/31667>)