



2020.12.31.

국회미래연구원 | 연구보고서 | 20-01호

기후변화 미래영향 대응 기반연구

김은아, 박성준, 정훈



국회미래연구원
NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

기후변화 미래영향 대응 기반연구



국회미래연구원
NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

연구진

▮ 내부 연구진 ▮

김은아 연구위원(연구책임자)

박성준 부연구위원

정 훈 연구위원

- ◆ 출처를 밝히지 않고 이 보고서를 무단 전재 또는 복제하는 것을 금합니다.
- ◆ 본 보고서의 내용은 국회미래연구원의 공식적인 의견이 아님을 밝힙니다.

발 | 간 | 사

전세계는 기후변화로 인하여 전에 없는 이상기후와 그로 인한 재난 수준의 영향을 체감하고 있습니다. 기후변화로 인하여 홍수, 가뭄 등과 같은 자연재해 발생 빈도와 강도가 증가할 것으로 예상되고 있으며, 특히 지구 평균기온 상승 폭이 산업화 이전 대비 1.5°C 이상이 되는 경우 인간에게 미칠 수 있는 위험도가 급격하게 증가할 것으로 전문가들은 내다보고 있습니다. 이러한 위기의식으로 전 세계는 기후변화 완화를 위하여 화석연료에서 친환경 에너지 사용으로의 전환 등을 통한 온실가스 감축을 위해 노력하고 우리나라 또한 올해 2050년 탄소 중립 목표를 발표하였습니다.

그러나 기후변화 완화를 위하여 지금부터 온실가스 배출을 감소시키더라도 다음 몇 세기 동안에는 과거에 이미 배출한 온실가스의 여파가 지속될 것으로 예측됨에 따라 각국은 돌이킬 수 없는 기후변화 영향에 대한 적응능력 및 회복력을 강화하는 전략을 수립하고 있습니다. 따라서 우리는 온실가스 배출 저감을 통하여 그 영향의 크기를 최소화하는 노력과 함께 갈수록 빈도와 파급효과가 커지고 있는 기후위기 현상에 대한 미래대비도를 높일 필요가 있습니다.

이에 국회미래연구원은 우리나라가 기후변화 미래영향에 효과적으로 대응하기 위하여 기후변화가 우리나라에 미치는 영향, 특히 우리 사회의 어느 영역에서 어떠한 모습으로 영향을 미칠 수 있을지를 파악하였습니다. 그리고 그러한 미래 영향에 대비한 정책적 준비 현황을 파악하고, 정책의 기반이 되는 연구에 양적으로 부족한 부분이 없는지를 진단하였습니다. 이러한 진단 결과를 바탕으로 기후변화 대응 미래대비도 향상을 위한 연구주제 및 정책 아젠다를 제안하였습니다.

이 연구를 기획하고 연구책임으로 전체 과정을 진행한 국회미래연구원 김은아 연구위원과 적극적으로 연구에 참여해 주신 박성준 부연구위원(연구·정책 동향분석), 정훈 연구위원(에너지공급 안정성)께 감사를 표합니다. 그리고 코로나19로 진행에 어려움이



있었음에도 4회의 전문가 세미나를 주관하신 한국환경정책학회 운영진과 논의에 참여 해주신 발표자분들께 감사의 마음을 전합니다.

본 연구의 결과물이 우리나라가 기후변화 미래대비도를 향상하는 데에 유용한 기초 자료로 활용될 수 있기를 바랍니다.

2020년 12월

국회미래연구원장 김 현 곤

제1장 서론 1

제1절 연구의 목적 및 배경 3

1. 문제의식 3
2. 연구의 목적 4

제2절 선행연구 검토 6

1. 기후변화 연구·정책 동향 분석 6
2. 토픽 모델링을 이용한 텍스트 분석 9

제3절 연구 범위 및 방법 11

1. 연구 대상 및 분석 틀 11
2. 연구의 차별성 13

제2장 기후변화의 미래영향 15

제1절 환경 23

1. 기상변화 23
2. 생태계 25
3. 환경오염 27

제2절 에너지 29

1. 에너지 수요·공급 29
2. 저탄소 기술·정책 31

제3절 정주여건 33

1. 재난·안전 33
2. 도시 인프라·주거시설 36

목 차

제4절 사회	38
1. 건강	38
2. 1차 산업 영향	39
3. 2~4차 산업 영향	43
4. 정치·외교·통상	46
 제3장 기후변화 국내 연구·정책 동향 분석	49
제1절 분석 방법	51
제2절 분석 대상	53
제3절 분석 결과	60
1. 토픽별 키워드	60
2. 토픽 모델링 결과와 기후변화 영향 세부 분과 비교	70
3. 출처별 토픽의 분포	73
제4절 소결	81
 제4장 기후변화 영향 미래준비도 향상전략	87
제1절 종(種)의 이동	90
1. 기후변화 영향 및 대응 현황	90
2. 기후변화 직간접 영향 미래예측	93
3. 미래준비도 향상전략: 연구	94
4. 미래준비도 향상전략: 정책	97

제2절 에너지 공급 안정성	99
1. 기후변화 영향 및 대응 현황	99
2. 기후변화 직간접 영향 미래예측	103
3. 미래준비도 향상전략: 연구	106
4. 미래준비도 향상전략: 정책	108
제3절 교통시스템	110
1. 기후변화 영향 및 대응 현황	110
2. 기후변화 직간접 영향 미래예측	112
3. 미래준비도 향상전략: 연구	113
4. 미래준비도 향상전략: 정책	115
제4절 보건정책	116
1. 기후변화 영향 및 대응 현황	116
2. 기후변화 직간접 영향 미래예측	119
3. 미래준비도 향상전략: 연구	121
4. 미래준비도 향상전략: 정책	122
제5장 결론 및 제언	125
제1절 미래대비 주요 정책의제	127
제2절 선제대응을 위한 연구주제	131

목 차

참고문헌	135
------------	-----

- | | |
|---------------|-----|
| 1. 문헌자료 | 137 |
| 2. 웹사이트 | 143 |

Abstract	145
----------------	-----

부 록	149
-----------	-----

- | | |
|-------------------------|-----|
| 부록1. 전문가 세미나 프로그램 | 151 |
|-------------------------|-----|

[표 1-1] 기후변화의 미래사회 영향에 대한 분과별 구분	14
[표 2-1] 우리나라 기후변화 리스크	19
[표 2-2] 기후변화의 미래사회 영향에 대한 분과별 구분	22
[표 3-1] 부처별 보도자료의 수	58
[표 3-2] 토픽별 워드 클라우드	63
[표 3-3] 토픽 모델링 결과와 기후변화 영향 세부 분과와의 비교	71
[표 3-4] KCI 게재 논문의 주요 토픽	74
[표 3-5] 국가정책연구포털(NKIS) 보고서의 주요 토픽	74
[표 3-6] 사이언스온(ScienceOn) 국가 R&D 보고서 주요 토픽	75
[표 3-7] 정부 부처 보도자료 주요 토픽	75
[표 3-8] 입법예고 주요 토픽	75
[표 3-9] 토픽 모델링 결과와 세부 분과별 기후변화 영향과의 비교	81
[표 3-10] 문서 출처별 상위 토픽	84
[표 3-11] 국내 연구 및 정책 대비도가 낮은 기후변화 영향(세부 분과)	84
[표 4-1] 세미나 주제영역 및 관련 세부 분야	89
[표 4-2] 습지생태계 서비스 내용	95
[표 4-3] 2040년까지의 최종 에너지 소비 및 총에너지 소비 전망	103
[표 4-4] 건강도시 조건	119
[표 4-5] 기후변화에 의한 건강영향	120
[표 5-1] 기후변화 영향 대응 취약 영역에 대한 미래대비도 향상을 위한 정책 어젠다 ..	130
[표 5-2] 기후변화 영향 대응 취약 영역에 대한 미래대비도 향상을 위한 연구주제	133

그림 목 차

[그림 1-1] 기후변화 국내 연구 및 정책 현황 분석 틀	12
[그림 2-1] 기후변화와 연관성이 있는 분야 간의 네트워크	17
[그림 2-2] 대륙별 기후변화 영향	18
[그림 2-3] RCP4.5와 RCP8.5 조건에서 2010~2099년 우리나라 수문학적 특성 예측 결과 ...	24
[그림 2-4] RCP2.6과 6.0 시나리오에 대응하는 대기 중 CO ₂ 농도를 달성하기 위하여 필요한 저탄소 에너지 점유율 변화	31
[그림 2-5] 탄소세 도입 조건에 따른 온실가스 배출량 추세 예측(OECD-2008: OECD 모든 국 가가 탄소세 \$25/CO ₂ -eq톤 적용, Delayed-2020: 모든 국가가 2020년부터 탄 소세 적용, Phased-2030: OECD는 2008년, BRIC은 2020년, 2030년부터 모든 국가가 탄소세 적용, 450ppm: 대기 중 온실가스 농도가 450ppm으로 안정화되는 경로)	32
[그림 2-6] 전 세계 재난 발생 건수 비교(1980~1999 vs. 2000~2019)	34
[그림 2-7] 2001~2010년 대비 2051~2060년 예상 최대 어획량 변화: 기후변화 수준으로 중 간~심각을 가정함.	40
[그림 2-8] 농작물(밀, 옥수수, 쌀, 콩)이 주요 분석 대상임.) 생산량 변화율 예측 결과(21세기 후 반으로 갈수록 생산량 편차가 심화되며 생산량이 증가하는 곳보다 감소하는 지역의 비중이 높아지는 경향을 보임.)	40
[그림 3-1] 출처별 문서의 숫자와 비율	54
[그림 3-2] 연도별 문서의 수	55
[그림 3-3] 연도별/출처별 문서의 수	56
[그림 3-4] 분야별 KCI 논문	57
[그림 3-5] 법률안 처리 결과	59
[그림 3-6] 토픽의 수에 따른 coherence score (C_V)	61
[그림 3-7] 토픽의 분포 시각화(pyLDAvis)	69
[그림 3-8] 기후변화 영향 분과별 전체 분석 문건이 차지하는 비율	73
[그림 3-9] KCI 게재 논문이 기후변화 영향 분과별 차지하는 비율	77

[그림 3-10] 국가정책연구포털(NKIS) 자료가 기후변화 영향 분과별 차지하는 비율	78
[그림 3-11] 사이언스온(ScienceOn) 자료가 기후변화 영향 분과별 차지하는 비율	78
[그림 3-12] 정부 부처 보도자료가 기후변화 영향 분과별 차지하는 비율	79
[그림 3-13] 입법예고 자료가 기후변화 영향 분과별 차지하는 비율	79
[그림 3-14] 연도별 기후변화 영향 분과의 비율(%)	80
[그림 4-1] 생물다양성 감소 현황	91
[그림 4-2] 1980년대와 2010년대 과일 재배지 변화	92
[그림 4-3] 기후변화 시나리오별 해양생물 다양성 변화 예측 결과	94
[그림 4-4] 1950~2019년 기간의 세계 1차 에너지 수요, 인구, GDP 추이	100
[그림 4-5] 에너지 부문별 일자리 창출 효과 및 CO2 감축 비용	101
[그림 4-6] '18년 기후기술별 투자 현황	102
[그림 4-7] '18년 및 '40년 부문별 최종 소비 부문별 에너지 소비 비중	104
[그림 4-8] '19~'24년 기간 동안의 코로나19 영향을 반영한 총에너지 수요 전망	105
[그림 4-9] 시나리오별 일자리 수 전망 결과	106
[그림 4-10] 에너지 분야 부문별 온실가스 배출량	111
[그림 4-11] 폭염이 건강에 미치는 영향	117

요 약

1 서론

□ 연구의 목적 및 방법

● 연구의 목적

- 기후변화로 인하여 홍수, 가뭄 등과 같은 자연재해 발생 빈도와 강도가 증가할 것으로 예상됨에 따라 온실가스 배출 저감을 통하여 그 영향의 크기를 최소화하고, 돌이킬 수 없는 기후변화 영향에 대한 적응능력 및 회복력을 강화할 필요가 있음.
- 기후변화 미래영향에 효과적으로 대응하기 위하여 우리나라의 정책적 준비 현황을 파악하고, 정책의 기반이 되는 연구에 부족한 부분이 없는지를 진단하여 이를 바탕으로 미래대비도 향상전략을 수립해야 함.
- 본 연구는 국내 연구·정책 현황을 정량적으로 파악하고, 이를 기후변화 영향과 비교하여, 양적으로 부족한 관련 연구 또는 정책을 보완하기 위한 연구주제 및 정책 어젠다를 제안함.

● 연구의 범위 및 분석 방법

- 기후변화 영향에 대한 국내 미래대비 현황을 ① 연구, ② 행정부 정책, ③ 입법부 정책 세 부문으로 구분하여 분석함.
- 연구부문은 KCI 등재지 논문, 사이언스온(ScienceOn) 국가 R&D 연구보고서, NKIS 연구보고서를 대상으로 분석하였고, 행정부 정책은 부처별 보도자료로 대상으로, 입법부 정책은 입법예고 자료를 대상으로 텍스트 분석 기법을 사용하여 주요 키워드와 토픽을 분석함.
- 기후변화 미래대비 영역을 파악하기 위하여 공신력 있는 기관에서 다양한 영역에 걸쳐 분석한 기후변화 영향 및 리스크 내용을 정리함.

- 기후변화 영향과 토픽 분석 결과를 비교하여 연구 또는 정책 내용에 포함되지 않거나 양적으로 부족한 기후변화 영향들을 ‘미래대비 취약 분야’로 정의함.
- ‘취약 분야’의 국내외 현황 및 우리나라에 필요한 연구·정책 주제에 대하여 전문가 의견을 수렴하고, 이를 바탕으로 미래대응도 향상을 위한 연구주제 및 정책 어젠다를 제안함.



기후변화 국내 연구 및 정책 현황 분석 틀

2 기후변화의 미래영향

- 기후변화가 우리의 삶에 미치는 영역을 ‘자연’에 가까운 영역에서부터 ‘인간’까지 크게 4개의 영역으로 나누어 기후변화가 자연, 인간, 사회에 미치는 영향에 대하여 위험 요소를 중심으로 정리함.

기후변화의 미래사회 영향에 대한 분과별 구분

분과 구분	자연	자연 ↔ 인간		인간
	환경 분과	에너지 분과	정주여건 분과	사회 분과
세부 분과	기상변화, 생태계, 환경오염	에너지 수요·공급, 저탄소 기술/정책	재난·안전, 도시 인프라 ·주거시설	건강, 1차 산업 영향, 2-4차 산업 영향, 정치·외교·통상

□ 환경

● 기상변화

- 지표면과 해수면의 온도는 산업화 이래 장기적인 추세로 증가하고 있으며 전반적으로 1950년대부터 극한 기상현상의 변화가 자주 관측됨.
- 대표적 영향: 극한 기상현상, 강수 패턴 변화, 눈·얼음 감소 등

● 생태계

- 해수면 상승에 따른 연안지역의 침식 및 범람으로 동식물 서식지 파괴와 생태계 교란 피해가 심화될 수 있으며 지구와 해수면 온도 상승으로 지상생물과 해양생물 생태계 파괴가 진행되고 있음.
- 대표적 영향: 해양의 물리·화학적 환경 변화, 생태계 교란, 종의 이동 및 멸종 등

● 환경오염

- IPCC 평가보고서에서는 기후변화에 의한 환경오염 위험성을 명시적으로 드러내지는 않으나, 최근 기후변화가 대기오염을 악화시키는 중요한 요인으로 밝혀지는 등 기후변화가 환경오염에 미치는 영향에 대한 이해가 높아지는 추세임.
- 대표적 영향: 대기질 악화, 수질 악화 및 부영양화, 해양환경 오염 등

□ 에너지

● 에너지 수요·공급

- 전력 공급 시설은 극한 기상현상에 의하여 안전성이 위협을 받을 수 있으며, 기후 재난으로 발생한 발전시설 손상 등은 전력 생산비 증가 및 공급 안정성 악화로 이어질 수 있음.
- 국내외 탈탄소 정책 강화에 따라 에너지 수요량 및 공급 에너지원에 변화가 예상됨.

- 대표적 영향: 전력 수요 변화, 전력 생산비용 증가, 에너지 시설 불안정성 증가, 에너지 믹스 변화

● 저탄소 기술·정책

- 국내 저탄소 에너지 기술과 정책은 기후변화 완화 전략이면서 기후변화 적응 전략의 일부를 구성함.: 국제적으로 저탄소 전환을 향한 모멘텀이 강화됨에 따라 강화된 목표를 달성하기 위한 방향으로 정책 변화와 공격적인 기술개발이 예상됨.
- 대표적 영향: 온실가스 포집/저장/활용 및 재생에너지 기술개발 활성화, 탈탄소 정책 강화

□ 정주여건

● 재난·안전

- 기상 재난은 정주여건에 직접적인 영향을 미치며, 최근 수십 년간 기후변화와 관련된 재난으로 인적·물적 피해가 늘어나고 있음.
- 산업화 이전 기온 대비 1.5℃을 기준으로 극한 기상현상이 발생할 가능성이 높은 수준으로 올라감에 따라 정주여건에 2차적인 피해 영향도 강화되는 추세가 예상됨.
- 대표적 영향: 산사태, 지반침하, 인프라 침수·파괴, 화재 발생 등

● 도시 인프라·주거시설

- 기후변화는 도시 인프라와 주거시설의 변화를 이끄는 여러 요인 중 하나이거나 촉진하는 요인으로 다른 자연환경과 사회환경 변화의 맥락에서 종합적으로 분석할 필요가 있으며, 기후 재난 이외의 점진적인 환경 변화 또한 도시 인프라 또는 주거시설에 간접적으로 영향을 미침.
- 대표적 영향: 도시 열섬효과, 물 부족, 건축물 손상, 교통 수요 변화 등

□ 사회

● 건강

- 폭염 등 극심한 더위와 관련한 사망률이 증가하거나 재난에 의한 물리적인 피해로 사상/사망 피해가 증가하고, 기온변화와 강수 변화가 수인성 전염병의 발생 지역 분포에 변화를 줌.
- 대표적 영향: 온/냉열 질환, 감염병 등 유병률 증가, 부상/사망률 증가 등

● 1차 산업 영향

- 기후변화 영향은 직간접적으로 인간의 경제활동에 영향을 주게 되는데, 자연자원을 직접적으로 채취하거나 생산하는 1차 산업에의 영향이 특히 두드러지는 것으로 나타남.
- 대표적 영향: 산림자원 양·질 변화, 수산업 생산성 저하, 농·축산 비용 증가, 농작물 생산 여건 변화, 식량 가격 안정성 악화 등

● 2-4차 산업 영향

- 기상현상의 변화, 생태계 변화, 환경오염 영향, 에너지 수요 및 공급에 미치는 영향, 저탄소 기술/정책, 정주여건 영역에 미치는 영향, 건강영향은 종합적으로 2~4차 산업 활동에 영향을 줄 수 있음. 그러나 기후변화의 직접적인 영향으로 평가하기보다 인과관계의 가능성 정도로 볼 수 있음.
- 대표적 영향: 근로자 생산성 저하, 제품 유통 및 원자재 공급 불안정, 개발 규제 강화, 제품가격 상승 등

● 정치·외교·통상

- 기후변화에 의한 극한 기후현상 및 자연재해 등은 인간의 건강, 에너지 소비량, 정주여건, 경제활동에 직접적인 영향을 미치며, 고령화, 부의 양극화 등 사회경제적인 여건 변화와 결합하여 정치·외교·통상 부문에서 제3의 영향이 나타날 수 있음.
- 대표적 영향: 부의 불평등 심화, 복지비용 증가, 외교적 마찰, 폭력적 분쟁·충돌 등

3 기후변화 국내 연구·정책 동향 분석

□ 분석 방법

- 토픽 모델링(topic modeling)을 사용해서 논문, 보고서, 정부 정책자료, 국회의 입법예고 자료를 분석함.
- 토픽 모델링 방법으로 LDA(Latent Dirichlet Allocation)를 이용하였으며, 토픽별로 분류한 후, 각 토픽이 어떠한 주제를 담고 있는지 살펴보고, 시간에 따른 토픽의 변화, 자료의 출처에 따른 토픽의 차이 등을 분석함.

□ 분석 대상

● 텍스트 분석 대상 문건

- ‘기후변화’와 ‘온난화’를 검색어로 사용하여 2000년 1월 1일부터 2020년 10월까지 발간된 논문, 보고서, 정부 정책자료, 국회의 입법예고 자료를 수집함.(단, KCI의 경우 2002년 이후, 부처별 보도자료는 2008년 이후 자료가 이용 가능하였으며, 입법예고 자료는 20대 국회까지의 자료만을 포함함.)
- KCI 등재지에 게재된 논문은 총 5,473편, 사이언스온(ScienceOn)에서 수집한 국가 R&D 연구보고서는 총 5,072편, 국가정책연구포털에서 수집한 보고서는 총 1,282편, 부처별 보도자료는 총 7,464편, 입법예고 자료는 총 499편으로, 이 중 중복 문건을 제외한 총 19,024편을 대상으로 분석함.

● 연도별 문건 수 변화

- 2000년대 후반부터 기후변화와 관련된 자료의 수가 급증하다 2010년대 초반 이후 전반적으로 감소 추세에 있음. 이러한 경향은 행정부 업무와 밀접하게 관련 있는 부처별 보도자료와 NKIS에서 두드러지게 나타나며, 이는 2008~2012년도 국정전략으로 추진되었던 ‘저탄소 녹색성장’의 영향일 수 있음.
- 반면, 국제적으로 큰 변화를 가져온 파리협정(2015년 12월 채택)은 국내 연구 및 정책 문건 생산에 별다른 영향을 미치지 않음.

토픽 모델링 결과와 기후변화 영향 세부 분과와의 비교

분과	세부 분과	토픽 모델링
환경	기상변화 생태계 환경오염	토픽 16(기상현상), 토픽 19(산림), 토픽 24(미래 시나리오), 토픽 25(수자원), 토픽 27(환경오염), 토픽 28(이상기온), 토픽 33(기상예보), 토픽 41(해양), 토픽 42(생태계)
에너지	에너지 수요·공급 저탄소 기술 및 정책	토픽 1(온실가스 감축), 토픽 6(저탄소 기술), 토픽 10(에너지), 토픽 11(친환경 연료), 토픽 30(친환경 건축)
정주 여건	재난·안전 도시 인프라·주거시설	토픽 5(정보시스템), 토픽 7(기후변화 리스크), 토픽 18(지역관리· 거버넌스), 토픽 23(도시계획), 토픽 25(수자원), 토픽 30(친환경 건축), 토픽 35(재난·안전)
사회	건강 1~4차 산업 영향 정치·외교·통상	토픽 2(법·제도), 토픽 4(기후협약), 토픽 12(건강), 토픽 15(농업생산성), 토픽 17(산업), 토픽 19(산림), 토픽 31(산업: 정책 영향), 토픽 32(농업), 토픽 34(녹색성장), 토픽 36(기술 실증화), 토픽 38(혁신성장)
기타	기타	토픽 3(사업·과제 평가), 토픽 9(사업·과제), 토픽 21(기술개발), 토픽 22(기후정책), 토픽 29(정부계획), 토픽 37(연구개발), 토픽 39(홍보·국민참여)

● 출처별 토픽의 분포

- KCI와 사이언스온(ScienceOn)에서는 온실가스 감축, 저탄소 기술 같은 기술적 요소와 기상현상, 생태계 등의 자연환경 변화와 관련한 학술연구 주제를 폭넓게 포함하며, 국가정책연구포털 보고서는 산업(정책 영향), 녹색성장, 기후정책, 기후변화 리스크 등 사회과학 분야 또는 정책 영역의 토픽이 더욱 선명하게 드러남.
- 정부 부처 보도자료에서는 기후협약, 1차 산업 영향, 홍보 및 국민참여와 같은 주제가 다수를 차지하며, 입법예고 자료에서는 법·제도, 재난·안전의 비율이 높다는 것이 특징적임.

- 토픽 모델링으로 파악하기 어려운 세부 주제영역은 토픽별 해당 문건의 내용을 참고하여 ① 종의 이동(환경 분과), ② 에너지 공급 안정성(에너지 분과), ③ 교통시스템(정주여건 분과), ④ 보건정책(사회 분과)을 ‘미래대비 취약 분야’로 선정함.

문서 출처별 상위 토픽 분포

출처	토픽 1	토픽 2	토픽 3	토픽 4
KCI	온실가스 (19.48%)	미래 시나리오 (8.95%)	이상기온 (5.50%)	수자원 (3.67%)
국가정책연구포털 (NKIS)	온실가스 (10.45%)	산업(정책 영향) (7.44%)	녹색성장 (7.44%)	기후정책 (7.24%)
사이언스온 (ScienceOn)	저탄소 기술 (7.93%)	기상현상 (7.21%)	기술 실증화 (7.21%)	농업생산성 (6.88%)
부처 보도자료	기후협약 (8.09%)	산림 (7.78%)	홍보·국민참여 (6.83%)	농업 (6.1%)
입법예고	법·제도 (24.85%)	재난안전 (12.42%)	에너지 (6.81%)	친환경 연료 (6.61%)

4 기후변화 영향 미래준비도 향상전략

□ 종(種)의 이동

● 기후변화 미래영향

- IPCC와 IPBES 등의 기후변화 전문기관이 발간한 보고서에 따르면 기후변화로 인하여 2050년까지 기온이 2~3℃ 상승하는 경우 전 지구 생명체의 20~30%가 멸종 위기에 처하고 산호초의 경우는 10~30% 감소할 것으로 예상함.
- 도시화의 진행으로 습지 소멸 추세가 지금과 같이 지속될 경우 기후변화 영향을 완충하기 어려운 정주여건이 조성될 것으로 예상됨.

- **미래준비도 향상전략: 정책**

- 그린 인프라 구축을 촉진하기 위한 전략으로서 인공습지 조성에 인센티브를 부여하거나 관련 법령에 도시습지 조성을 제도화하는 내용을 반영
- 제도화를 위한 기반 작업으로 인공습지로 사용할 수 있는 공간 기준, 습지 조성 가이드라인, 습지 가치 정량평가 방법, 유지관리 방법 마련 필요
- 생물다양성과 생태계 서비스에 대한 시민의식 변화를 유도하고 생태지향적 의식을 함양하는 교육 필요

- **미래준비도 향상전략: 연구**

- 생태계 변화에 대한 정보화, 특히 새로운 기후변화 시나리오 조건에서 멸종 위기종과 서식지 변화에 대한 예측 정보 구축
- 기후변화 완화 전략이면서 동시에 적응 전략으로 활용될 수 있는 도시녹지(습지 포함) 관련 정책을 추진하는 데에 근거자료를 제공할 수 있도록 도시녹지 영향에 관한 과학적인 분석 연구 필요

□ **에너지 공급 안정성**

- **기후변화 미래영향**

- 에너지 부문은 기후변화 완화와 저감 정책이 유기적으로 얹혀 있어 에너지 다변화, 분산전원, 효율 향상 등의 온실가스 저감 정책 방향성은 에너지 공급 안정성 확보, 수요관리 등의 적응정책과 영향을 주고받음.
- 우리나라 에너지 소비량은 2040년까지 꾸준히 증가하며, 2040년에도 화석연료 비중이 80%에 달할 것으로 예상됨.
- 재생에너지 투자 증가는 재생에너지 산업, 전력망 관련 산업, 전력거래 등과 관련한 산업 성장과 일자리 창출 여력을 증가시킬 것으로 예상됨.

- **미래준비도 향상전략: 정책**

- 2050 탄소중립 목표 달성이라는 목적하에서 실현가능한 에너지 전환 로드맵이 필요하며 변화를 촉진하는 제도적, 정책적 수단이 마련될 필요가 있음.

- 신재생에너지 발전비율 확대 등과 같은 에너지 공급원 중심의 에너지 전환 정책에서 에너지 수요를 저감할 수 있는 도시공간 설계와 시장 메커니즘 활용방안 등 소비자가 고려된 정책으로의 전환이 필요함.
- 수요를 효과적으로 조절할 수 있는 전력/연료 가격조정 및 제반 제도를 정비할 필요가 있으며 관련 정책 수립 시 지자체와 국민의 참여를 중요한 절차로 고려해야 함.
- 에너지 전환으로 발생하는 일자리 변화에 국민이 대비할 수 있도록 인력 양성 및 재교육 등의 지원 정책 마련 필요

● 미래준비도 향상전략: 연구

- 온실가스 감축의 실효성 제고 차원에서 산업계 지원 및 기술 실증화 연구 활성화 필요
- 원료 생산부터 사용, 폐기 과정에서 발생하는 온실가스 배출 전 주기 평가 (LCA) 방법 고도화 연구를 통하여 생산자와 소비자에게 탄소발자국 정보 제공 필요
- 신재생에너지 사용에 필요한 인프라 구축과 관련한 연구가 필요하며, 이때 에너지 수요·공급 시나리오 연구가 선행되어야 함.

□ 교통시스템

● 기후변화 미래영향

- 기후변화의 영향은 코로나19와 같은 보건재난까지 포함하며, 감염병 대응을 위한 인간의 삶의 방식의 변화에 따라 교통 사용 패턴에도 변화가 감지되고 있으며, 감염병 대응력을 강화하는 도시의 형태는 지금과 다른 교통시스템을 도입할 수 있을 것으로 예상됨.
- 미세먼지 문제는 오염물 배출이 없는 친환경 에너지 차량의 전환과 관련한 교통정책과 연계가 되며, 새로운 수송 수단 보급은 그에 필요한 교통인프라 구축을 요구함.

- 친환경 수송 수단과 관련한 국내기술 및 관련 산업의 상대적인 우위에 따라 기술의존도 및 수출 경쟁력 문제(국가 경제 문제)로 이어질 수 있음.
- 기후변화로 인하여 홍수, 가뭄 등과 같은 자연재해 발생 빈도와 강도가 증가함에 따라 교통인프라의 침수, 파손, 운행중지 등의 문제가 심화될 수 있음.

● 미래준비도 향상전략: 정책

- 미래 교통시스템을 준비하기 위해 교통수단 사용자의 사용 패턴 변화를 고려하는 것이 중요하며, 포스트 코로나 시대의 교통 수요 및 이동양상의 변화 예측에 기반한 도시계획 및 교통정책이 필요함.
- 대기오염으로 인한 피해를 줄이고 온실가스 배출을 줄이는 목적의 교통정책과 관련한 정부기본계획 내용 수정 필요
- 기후 재난에 취약한 기후인프라의 위험성을 재평가하여 정부 및 지자체의 관리 수준을 재조정하고 도시의 회복력을 높이는 정책 필요

● 미래준비도 향상전략: 연구

- 기후변화로 인한 다양한 문제(자연재해, 환경오염, 감염병 출현 등)와 디지털화와 같은 사회변화가 교통시스템에 미치는 영향에 대한 기초연구 필요: 도시·비도시 주민의 이동패턴과 교통수단의 수요 변화에 대한 예측에 기반하여 대중교통, 자전거, 전동차, 자가용 등의 운행 최적화 모델 개발

□ 보건정책

● 기후변화 미래영향

- 기온 상승, 폭염, 재난, 재해와 같은 기후변화의 직접적인 영향으로 신체적·정신적 건강 피해가 지속적으로 증가할 것으로 예측됨.
- 기온 상승에 따라 곤충 동물 매개 감염병, 수인성·식품 매개 감염병 발생 위험이 증가하며, 코로나19와 같은 인수공통 전염병 위험도 상승 가능
- 노년층 인구 증가로 기후변화 취약계층이 지속적으로 증가할 것이며, 자연 재난에 대비하는 수준이 지역별, 개인별로 차이가 커짐에 따라 기후불평등 문제가 심화될 수 있음.

- **미래준비도 향상전략: 정책**

- 코로나19와 같은 건강 재난 상황에 대응하기 위한 지역의료체계의 개편안 마련이 시급함.
- 기후보건평가의 실효성을 높이는 등 기후변화의 건강영향에 대한 시급성을 재평가할 필요가 있으며, 기후변화를 재난의 수준으로 정의하고 그에 걸맞은 대책 및 선제적 투자가 필요함.
- 폭염 영향과 관련 보건정책은 지금의 일괄 기준 적용 방식에서 취약계층 밀착형 지원 방식으로의 전환 방법을 모색할 필요가 있으며, 관련하여 ‘건강도시’ 정책을 고려해볼 수 있음.

- **미래준비도 향상전략: 연구**

- 신종 감염병과 관련이 있는 동물 매개체, 병원체에 대한 연구와 매개체 전파경로 역학조사와 같이 인간-동물-자연환경 간의 복잡한 상호작용에 대한 과학적인 연구 필요
- 기후변화로 인한 인간 건강 위해요소 정보가 대중들이 이해하기 쉽게 제공될 수 있도록 지역별로 건강 위해요소 정보를 축적하고, 시각화 툴을 개발

제 1 장

서론

제1절 연구의 목적 및 배경

제2절 선행연구 검토

제3절 연구 범위 및 방법

제 1절 연구의 목적 및 배경

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

1 문제의식

2018년 여름 우리나라는 최고 기온(41℃)과 최다 폭염 일수(31.5일)를 기록하고, 올해는 중부지방의 경우 장마가 총 54일 동안 지속하는 기록을 세우는 등 해가 갈수록 극한 기상현상을 경험하는 빈도수와 정도가 커지고 있다. 이러한 변화의 배경에는 단기적인 환경요인도 있지만, 2012년 기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC) 특별보고서(IPCC, 2012)에서도 밝힌 바와 같이 기후변화로 인하여 홍수, 가뭄 등과 같은 자연재해 발생 빈도와 강도는 앞으로 계속 증가할 것으로 예상된다. 2018년 채택된 IPCC 특별보고서(IPCC, 2018)에서도 산업화 이전 대비 2100년까지 기온 상승 폭이 1.5℃를 넘을 경우(파리협정에서 목표로 설정한 2℃ 수준을 포함) 많은 지역에서 극한 온난화, 일부 지역에서 호우 또는 가뭄의 빈도와 강도가 증가할 것으로 예상하였다.

기후변화 대응 전략은 크게 완화와 적응으로 나뉘며, 가능하다면 기후변화의 근본 원인을 차단하는 것(즉 완화 전략)이 가장 안전한 해법이다. 기후변화 완화를 위하여 전 세계는 화석연료에서 친환경 에너지 사용으로의 전환 등을 통한 온실가스 감축을 위해 노력하고 있다. 2015년 파리협정의 가장 중요한 합의 사항은 산업화 이전 대비 2100년까지 지구 평균기온 상승 폭이 2℃ 이하로 유지되는 것을 목표로 설정한 것이다. 최근 전 세계적으로 기후변화에 대한 위기의식이 높아지는 추세에 따라 그동안 탄소 순 배출 넷제로(net-zero) 목표에 유보적인 견해를 가지고 있었던 우리나라와 일본이 2050년까지 탄소 감축 목표로 순 배출 넷제로를 선언하였고, 중국은 2060년까지 탄소중립 목표를 선언하였다.

그러나 불행히도 IPCC는 2007년에 발간된 4차 평가보고서(IPCC, 2007)에서 기후변화 완화를 위하여 지금부터 온실가스 배출을 감소시키더라도 다음 몇 세기 동안 기후변화는 피할 수 없으며 과거에 이미 배출한 온실가스의 여파가 지속될 것으로 예측하였다. 생

물다양성과학기구(IPBES, 2019)의 평가보고서에서는 현재 800만 종의 동식물 중 이미 100만 종이 멸종 위기에 처해 있으며, 세계자연기금(World Wildlife Funds, WWF)가 분석한 지구생명지표(Living Planet Index) 추세(WWF, 2020)는 2016년까지 척추동물 개체수가 1970년 대비 68% 감소한 것으로 보여주고 있다.

따라서 우리는 온실가스 배출 저감을 통하여 그 영향의 크기를 최소화하는 노력을 해야 할 뿐만 아니라 막을 수 없는 기후변화 영향에 대한 적응능력 및 회복력을 강화할 필요가 있다. 기후변화가 국민의 삶에 미칠 수 있는 영향 영역은 건강, 의식주, 안전, 자원생산, 경제 등 전방위라고 말할 수 있으며, 각 영역에 미칠 수 있는 중장기적 영향에 대비하여 국가적 차원의 치밀한 준비가 필요하다.

2 연구의 목적

기후변화는 국민의 삶에 영향을 주는 미래환경 변화의 주요 메가트렌드로서 다양한 영역에서 중장기적 변화 요소에 효과적으로 대응하기 위한 정책이 적시에 도입되어야 한다. 새로운 정책 도입 또는 기존 정책의 수정보완을 위해서는 그것을 뒷받침할 만한 기반연구가 선행되어야 과학적인 정책 입안이 가능할 것이며, 이때 기후변화가 우리나라에 미치는 영향, 특히 우리 사회의 어느 영역에서 어떠한 모습으로 영향을 미칠 수 있을지를 파악하고 예측하는 것이 중요하다. 아울러 그러한 미래에 선제적으로 대비하여 우리는 어떠한 정책적인 준비를 하고 있는지, 그리고 그 기반이 되는 연구에 부족한 부분이 없는지를 진단하고 그에 대한 준비 전략을 세워야 한다. 이와 같이 기후변화가 우리 삶에 미칠 수 있는 중장기적인 영향에 대비하기 위한 준비과정을 아래와 같이 정리해보았다.

- (1) 기후변화 국내 시나리오 연구
- (2) 기후변화에 의한 국내 사회환경 영향(기후변화의 간접적 영향) 연구 및 예측
- (3) (1)~(2)에 대응하는 국내 정책 준비도 분석
- (4) 기후변화 영향에 대한 연구 및 정책 취약점 분석
- (5) (4)에서 도출된 취약점을 보완하기 위한 방안 마련

여기서 (1) 기후변화 국내 시나리오는 IPCC 평가보고서에서 전 세계에 걸친 변화와 함께 지역별 전망에 대해서 폭넓게 다루고 있으며, 국내 기상청과 국립기상과학원에서 국내 기후변화 시나리오에 대한 연구를 진행하고 있다. (2) 기후변화에 의한 국내 사회환경 영향에 대한 연구 및 예측은 국토, 경제, 보건, 환경 등의 개별 영역별로 관련 연구기관이 수행하고 있으나, 기후변화로 인한 직접적인 영향에 중점을 두고 있으며 간접 영향까지 포함한 사회 파급효과에 대해서는 상대적으로 연구가 미흡한 상황이다.

본 연구는 (1)과 (2)에 해당하는 국내 연구 및 국내 정책과 관련한 다량의 자료를 효과적으로 분석할 수 있는 텍스트 마이닝 기법을 사용하여 국내 연구·정책 현황을 파악하고, IPCC 평가보고서와 국내 연구기관에서 분석·예측한 기후변화 영향의 내용을 비교하였을 때 관련 연구 또는 정책이 양적으로 부족한 분야를 ‘취약 분야’로 정의하였다. 여기서 도출된 취약 분야를 보완하기 위한 연구주제 및 정책 어젠다에 대한 의견을 전문가 세미나 및 토론의 방식으로 수렴하였다. 본 연구 결과는 그동안 미처 대응하지 못한 기후변화 영향에 대한 정책의제를 발굴하고 선제대응을 위한 연구과제를 기획하는 데 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

제2절

선행연구 검토

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

제2절에서는 기후변화 관련하여 전 세계적으로 기념비적인 파리협약(2015년) 전후 기간을 포함한 지난 20여 년간의 연구와 정책 동향에 대하여 분석한 선행연구를 리뷰하여 국내 연구·정책 동향에 관한 본 연구의 분석 결과와 비교할 수 있는 대상으로 활용하고자 한다. 이와 더불어 제3장에서 사용하는 토픽 모델링 방법이 다량의 문헌(텍스트) 분석에 활용된 예를 살펴보고 본 연구에서 적용되거나 발전된 부분에 관하여 서술하고자 한다.

1 기후변화 연구·정책 동향 분석

국내에서는 기후변화와 관련한 특정 연구 분야의 동향에 대한 분석 연구(구희성, 2009; 이재경 외, 2012; 장서연·신동훈, 2013; 하종식, 2014)가 눈에 띄며 기후변화 전반의 영역을 아우르는 분석은 몇몇 논문에서 확인할 수 있었는데, 분야의 방대함 때문에 분야 ‘전체’에 대한 정의도 조작적으로 이루어져 논문 간의 비교 분석을 하기보다는 각 논문에서 얻은 주요 결론을 중심으로 정리를 하였다.

김청일·오윤경(2018)은 웹 오브 사이언스(Web of Science)에서 얻을 수 있는 논문 서지정보를 이용하여 기후변화 완화와 적응 영역에서의 시간에 따른 연구 분야, 수행 국가, 피인용 횟수 변화 등을 분석하였고, 정책적 동향이 연구 동향의 변화에 미치는 영향에 주목하였다. 또한 텍스트 마이닝 방법을 사용하여 키워드 네트워크를 분석하였다는 점이 특징적이다. 연구 결과에 따르면 기후변화 완화와 적응 모두 2000년까지 10건 미만에 머물러 있었고, 2000년대 후반부터 급속하게 증가하는 경향을 보여주었으며, 특히 적응 분야의 연구는 1990년대 후반에서야 등장하기 시작하여 2010년대에 들어서 완화 분야의 연구와 비견할 만한 수준으로 올라왔다. 이는 완화 중심의 연구 동향에서 이후 적응 영역의 자연과학 및 공학적 연구가 증가하는 경향성을 보인다는 최충익·강보영(2012)의 연구

결과와 일맥상통한다. 피인용 횟수를 기준으로 가장 주목을 받은 주제는 기후변화 시나리오와 식량안보였으며, 키워드 분석 결과 기후변화 완화 분야에서는 온실가스/에너지/기술/비용 등이, 기후변화 적응 분야에서는 물/수용력/회복력/지역사회 등이 높은 빈도로 출현하였다.

이길상 외(2019)는 재난재해에 대응한 국내 회복력 연구 동향을 텍스트 분석 기법을 활용하여 연구하였는데, 이는 기후변화 적응에 해당하는 연구 분야로 앞서 언급한 김정일·오윤경(2018)에서 보인 트렌드와 유사하게 2000년대까지는 기후변화와 관련한 ‘회복력’ 연구는 드물게 나타났고 2010년도부터 급속도로 활발하게 진행된 것을 확인할 수 있었다. 대상 논문에 대한 토픽 분석 및 중심성 분석 결과, “지역”과 “사회”를 중심으로 키워드가 연결이 되어 있으며 “재난”과의 연결도가 전 기간에 걸쳐 높게 나타났다.

전의찬 외(2019)의 연구에서는 2010년부터 ‘한국기후변화학회지’ 단일 저널에 게재된 논문을 대상으로 키워드 빈도분석 및 토픽 분석 등의 텍스트 분석을 수행하였으며, 저널이 다루는 연구 영역 특성상 주로 기후변화 완화 영역에 관한 연구 동향을 확인할 수 있었다. 온실가스 배출 중심으로 “지역정부”와 “적응”이 높은 빈도로 연결되어 있다는 점과, 관련 연구 영역은 연도별로 유의미한 변동성 없이 이어지고 있다는 점이 특징적이다.

하종식(2014)은 적응 분야 중 건강에 관한 연구 동향을 정성적으로 분석하였는데, 국가과학기술지식정보시스템과 정책연구관리시스템에서 얻을 수 있는 49편의 연구보고서를 대상으로 하였다. 기후변화가 건강에 미칠 수 있는 경로 또는 인과관계를 기존 공신력 있는 기관의 분석 결과를 참고하여 건강영향 요인을 폭염·한파, 기상재해, 대기오염, 알레르기 유발물질, 화학물질, 매개체로 구분하였다. 각 건강 요인별로 연구수행기관과 수행시점을 분석하였으며 단일 건강영향 요인 중 폭염·한파와 같은 기온에 의한 건강영향 연구가 주를 이룬 것으로 확인되었다. 최근 코로나19로 인해 주목을 받게 된 매개체 감염병에 관한 연구는 2009~2011년 총 8건으로 기후변화가 생태계에 미치는 영향이 간접적으로 인간 건강에까지 이어질 수 있다는 연결고리가 10여 년 전부터 논의되어 왔으나 그에 대한 대응방안에까지 이어지지 않은 것으로 분석하였다. 이외에 다양한 기후변화가 건강에 간접적으로 미치는 영향에 대한 연구가 부족한 것으로 확인되었다.

이재경 외(2012)는 기후변화 영향에 대한 영역 중 수자원 분야에 집중하여 연구 동향을 분석하였는데 주제영역(향후 전망, 영향평가, 적응대책), 기상변수(강수, 온도, 증발산

량), 수문변수(지표수, 지하수, 홍수, 가뭄)로 구분하여 각 변수를 다루는 프로젝트 보고서와 연구논문의 비율을 분석하였다. 분석 결과 주제영역에서는 향후 전망과 영향평가에 치중되어 대책과 관련한 연구는 부족한 것으로 나타났고, 기상변수는 강수와 온도에, 그리고 수문변수는 지표수와 홍수에 연구가 집중된 것으로 나타났다. 그리고 수자원 분야 취약성 평가, 적응 전략 및 경제성 분석에 관한 연구가 상대적으로 부족한 것으로 드러났다.

국내의 기후변화 전반에 관한 정책 동향을 분석한 연구는 학술저널에서 찾을 수가 없었고, 기후변화 당사국 회의(COP) 또는 협약체결에 따른 정책적 시사점 및 국제통상·협력 환경 변화와 같은 인접영역에 관한 연구가 일부 존재하였다. 국가정책연구포털에서 “기후변화” and “정책동향”으로 검색한 결과 41건의 보고서가 추출되었으며, 그중 기후변화 대응 국내 정책에 밀접하게 관련된 연구보고서는 “2019 기후변화 대응 건축도시 정책동향”, “신기후체제하에서의 산업정책적 제언을 위한 연구-기후변화 관련 국내 산업정책 동향” 2건으로 기후변화 전반에 걸친 국내 정책 동향에 대한 연구는 전무한 것으로 드러났다.

이은석 외(2019)에서는 국내 건축도시 관련 정책에 대한 정량적인 분석이 아닌 최근 국내외에서 발견할 수 있는 특징적인 정책적 변화에 대하여 정성적인 분석 결과를 제시하였다. 기후변화가 생활환경에 미칠 수 있는 정책 영역으로 온실가스 감축, 안전, 미세먼지, 녹색건축 정책 등을 다루었다. 특히 회복탄력성 관점에서 녹색건축 정책과 지역안전지수 정책 수립 과정 및 현황을 서술하였다.

유이선 외(2017)의 연구에서는 국내의 기후변화 대응 정책 전반에 대한 검토를 포함하고 있으며 지속가능발전, 녹색성장, 온실가스 감축, 자원관리 등의 영역에 대한 정책을 분석하고 제도화된 정책 부문에서 관련 법령(지속가능발전법, 녹색성장법, 배출권거래법, 자원순환기본법 등) 및 계획(지속가능발전 기본계획, 녹색성장 5개년 계획, 기후변화대응 기본계획, 배출권 할당계획 등)을 분석하였다. 그리고 주요국의 정책에 대한 현황을 분석하고 국내 정책에 영향을 주는 국제 협약 및 정책의 맥락에 대해서 정리하였다.

2 토픽 모델링을 이용한 텍스트 분석

토픽 모델링을 활용한 연구를 분류하는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있으나, 원자료에 따라 분류하면 크게 뉴스 자료를 활용한 연구와, 논문 자료를 활용한 연구로 나누어볼 수 있다. 뉴스 자료를 활용하는 연구들은 뉴스 기사로부터 사회적인 논점에 대한 시각을 파악하는 경향이 있고, 논문 자료를 활용한 연구는 연구의 동향을 파악하는 경향이 있다. 한편, 기술 동향을 파악하고자 시도하는 연구에서는 특허 자료를 활용하기도 한다.

LDA(Latent Dirichlet Allocation) 방법론은 Blei(2003)가 제안한 이후 텍스트 자료의 분석에 광범위하게 사용되고 있다. Blei(2003) 이후로 다양한 토픽 모델링 기법이 등장하였으나, 현재까지도 LDA는 토픽 모델링의 대표적인 기법으로 자리하고 있다. 아래에서는 LDA 기법을 활용한 국내 토픽 모델링 연구를 검토한다.

강범일 외(2013)는 18대 대선 후보들에 관한 뉴스 자료를 분석하였다. 이 연구에서는 진보 성향의 일간지와 보수 성향의 신문을 각각 2개씩 선정하여 자료를 수집한 후 토픽 모델링(LDA)을 활용하여 뉴스의 주제를 추출하고 신문의 성향에 따라 주제를 비교하였다. 주제를 추출한 후에는 주제별로 네트워크 분석을 수행하여 역시 일간지의 성향에 따른 차이를 분석하였고, 마지막으로 시간에 따른 각 주제의 분포를 성향별로 분석하였다.

박승정 외(2017)는 박근혜 정부 시절의 이슈소유권을 신문 사설을 이용하여 분석하였다. 토픽 모델링 방법론으로는 역시 LDA 기법이 사용되었고, 강범일 외(2013)와 마찬가지로 진보 성향의 일간지와 보수 성향의 일간지를 하나씩 선정하여 두 매체의 토픽에 어떠한 차이가 있는지 살펴보았다.

구정우·조성권(2017)은 공적개발원조(ODA)와 관련된 신문 기사를 바탕으로 토픽 모델링(LDA)을 수행하였다. 앞의 두 연구와 마찬가지로 성향(진보, 보수, 경제)에 따라 6개의 언론사를 선정하였고, 검색을 통해 수집한 신문 기사의 주제를 파악하기 위해 토픽 모델링 기법을 적용하였다. 그 후에는 도출된 주제들이 시기별, 신문사 성향별로 어떠한 차이점이 있는지를 분석하였다.

신문 기사를 통한 사회적 이슈의 파악에 중점을 둔 연구도 찾아볼 수 있다. 박현정 외(2017)는 뉴스 기사에서 LDA를 통해 토픽을 추출하여 학생인권조례와 관련된 이슈를 파악하고자 하였다. 한편, 문동지·연다인·김희웅(2018)은 LDA 기법으로 신문 기사를 분석

하여 노인의 행복 또는 불행과 관련된 토픽을 추출하고 네트워크 분석을 통해 시각화를 시도하였다.

토픽 모델링을 통해 연구 동향을 분석하기 위한 연구는 다양한 학문 분야에서 시도되었다. 박자현·송민(2013)은 문헌정보학 분야 주요 학술지의 초록을 바탕으로 토픽 모델링을 수행하여 연구주제를 분석하였다. 이 연구에서는 토픽 모델링을 통해 추출한 주제를 기존의 주제 분류표와 연결하려 시도하였다. 또한, 시간에 따른 주제의 변화, 학술지에 따른 주제의 차이 등을 분석하였다.

박자현·송민(2013)이 특정 학술지들을 선정하여 분석을 수행하였다면, 박종도(2019)는 보다 다양한 학술지 자료를 통해 다문화 연구의 동향을 분석하였다. 이 연구에서는 KCI 등재 및 등재 후보 학술지에 게재된 다문화 관련 논문을 대상으로 토픽 분석을 수행하여 주제를 도출한 뒤 시간의 흐름에 따른 주제의 변화를 관찰하였다.

한편, 박주섭 외(2017)는 과학기술의 동향을 파악하고 예측하기 위해 토픽 모델링을 활용하였다. 이 연구에서는 AI와 관련된 미국 특허 문서의 초록을 분석하여 20개의 기술을 분류하고, 시간에 따른 변화를 살펴봄으로써 앞으로 유망한 기술 분야를 선정하였다.

위에서 검토한 연구들은 신문, 논문, 특허 등의 대규모 문서 자료를 주제별로 분류하기 위해 LDA 기법을 활용하였다. 그리고 개별 문서의 출처 또는 개별 문서의 생성(발간) 시기를 분석함으로써 출처에 따른 주제의 차이, 시간에 따른 주제의 변화 등을 분석하였다는 공통점이 있다. 본 연구에서는 선행연구의 분석 대상에 없었던 연구보고서, 보도자료, 입법예고 자료 등 다양한 종류의 문헌자료를 포함한 기후변화 국내 연구·정책 자료에 LDA 기법을 적용하여 주요 주제영역을 확인하고, 그들이 출처에 따라, 시간에 따라 어떠한 경향성을 보이는지 분석하였다.

제3절

연구 범위 및 방법

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

1 연구 대상 및 분석 틀

본 연구에서는 기후변화 영향에 대한 대한민국의 미래대비 현황을 ① 연구, ② 행정부 정책, ③ 입법부 정책 세 부문으로 구분하여 진단해보았다. 기후변화로 인한 미래사회 영향에 우리나라가 얼마나 대비를 잘하고 있는지 알아보기 위하여 국내외 공신력 있는 기관에서 예측한 기후변화 영향 내용 중 국내 연구와 정책이 양적인 측면에서 어느 영역에 집중되어 있고, 어느 영역에서 상대적으로 부족함이 있었는지를 분석하였다. 여기서 공신력 있는 국외 자료로 기후변화에 관한 정부 간 패널(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) Working Group II이 발간한 기후변화 영향, 적응, 취약성 분야 평가보고서(IPCC, 1990; IPCC, 1995; IPCC, 2001; IPCC, 2007; IPCC, 2014a)를 활용하였고, 국내 정책자료로 제2차와 제3차 국가기후변화적응대책(관계부처합동, 2015; 관계부처합동, 2020) 및 관련 연구보고서(박창석 외, 2014; 환경부, 2020)를 활용하였다. 관련 문헌 분석과 텍스트 분석을 통하여 '양'적으로 부족한 분야를 취약 분야로 정의하고, 해당 분야를 주제로 전문가 세미나 및 토론을 진행하였고 여기에서 기후변화 영향에 대한 미래대비도 향상을 위해 보완되어야 할 연구주제와 정책 어젠다를 도출하였다. 전체 분석 틀은 [그림 1-1]과 같다.



[그림 1-1] 기후변화 국내 연구 및 정책 현황 분석 틀

〈[그림 1-1]의 분석틀에 대한 단계별 설명〉

- 1단계: IPCC 평가보고서(Assessment Report)에서 기후변화의 영향을 평가한 내용과 국내 연구기관에서 발간한 보고서 및 학술논문 내용을 바탕으로 세부 분과별로 정리하였다.
- 2단계: 텍스트 분석 기법을 사용하여 기후변화와 관련한 국내 연구 문헌 총11,582건 (KCI 등재지 논문 5,473편, 사이언스온(ScienceOn) 국가 R&D 연구보고서 5,072건, NKIS 연구보고서 1,282건, 중복 자료 245건), 부처별 보도자료 7,464건, 입법예고 자료 499건의 주요 키워드와 토픽을 분석하였다.
- 3단계: 1단계의 기후변화 영향과 2단계 분석 결과 토픽에 포함된 분야를 비교하여 둘 사이의 차이를 분석하고, 연구 또는 정책 내용에 포함되지 않은 미래영향들을 '기후변화 영향에 대한 미래대비 취약 분야'로 정의하였다.
- 4단계: 3단계에서 발견한 취약 분야를 주제로 전문가 그룹의 세미나 및 토론을 실시하여 우리 사회에 필요한 정책 어젠다와 연구주제에 대한 의견을 수렴하였다.

본 분석은 기존 연구 및 정책이 기후변화로 인한 영향 대응에 질적으로 충실한지에 대한 내용은 포함하지 않으며, 세부 분야별 기후변화 영향평가 및 미래대응 현황에 대한 질적 분석은 추가로 진행될 필요가 있다고 본다.

텍스트 분석 결과는 기후변화 관련 다양한 분야에 걸친 다량의 정보를 큰 틀에서 분류

하고 상대적인 집중도를 분석하는 데 활용하였으며, 상대적 집중도가 떨어지는 영역 내에서 텍스트 분석으로 잡아내지 못한 세부적인 연구주제 및 정책 어젠다는 전문가 세미나, 토론 및 자문을 통하여 조사하였다. 이러한 일련의 분석과정 및 의견 수렴 과정을 종합하여 본 보고서 마지막에 기후변화 영향 대비 취약 분야에서 보완되어야 할 연구주제 및 정책 어젠다를 제안하였다.

2 연구의 차별성

기후변화 관련 연구 동향을 분석한 기존의 연구 중에 기후변화 전반을 포함하는 경우는 드물게 발견할 수 있었으나, 기후변화 연구 영역을 ‘완화’와 ‘적응’과 같이 큰 범주로 나누어 분석을 수행하였고, 그렇지 않은 경우 특정 연구 분야에 집중하여 분석하였다. 따라서 기후변화의 다양한 주제영역에 대한 연구 동향을 전체 기후변화 연구 맥락에서 파악하기 어려운 한계점이 있었다. 국내 정책 동향에 대한 연구도 마찬가지로 기후변화 전반에 걸쳐 동향을 분석한 연구는 찾을 수 없었다.

본 연구에서는 기후변화가 우리의 삶에 미치는 영역을 ‘자연’에 가까운 영역에서부터 ‘인간’까지 크게 4개의 영역(환경, 에너지, 정주여건, 사회)으로 나누어 기후변화 주제영역을 최대한 포괄적으로 담고자 하였다. 각각의 영역에 포함되는 세부 분과는 국내외 연구보고서에서 기후환경 영향에 해당하는 내용을 추출하여, 그들 간의 유사성에 기반하여 아래 [표 1-1]과 같이 구분하였다.

[표 1-1] 기후변화의 미래사회 영향에 대한 분과별 구분

분과 구분	자연	자연 ↔ 인간		인간
	환경 분과	에너지 분과	정주여건 분과	사회 분과
세부 분과	기상변화, 생태계, 환경오염	에너지 수요·공급, 저탄소 기술·정책	재난·안전, 도시 인프라 ·주거시설	건강, 1차 산업 영향, 2~4차 산업 영향, 정치·외교·통상
분과 공통	정보통신(정보 서비스) 등 혁신 기술, 인력 양성, 재정정책, 거버넌스 등			

포괄적인 영역에 대한 다량의 문헌을 효율적으로 분석하기 위하여 텍스트 마이닝 기법을 사용하였고 기후변화에 포함되어 있는 다양한 주제영역에 대한 분석을 위하여 토픽 분석 방법을 사용하였다. 텍스트 분석 결과 도출된 토픽을 위의 [표 1-1]에서 구분한 세부 분과로 재분류하여 정량분석을 수행하였다. 이러한 분석 방법론을 국내 연구, 행정부 정책, 입법부 정책 세 개의 부문 각각에 적용하여 부문 간 비교도 수행하였다.

본 연구 결과는 우리나라의 기후변화 연구와 정책 전반을 파악하는 데에 유용한 정보를 줄 수 있을 것으로 기대하며, (1) 국내 연구, (2) 행정부 정책, (3) 입법부 정책이 다뤄왔던 이슈들의 상대적 집중도를 비교할 수 있다는 점에서 과거 연구와 차별이 된다. 또한, 국내 연구·정책 현황을 ‘기후변화가 환경과 인간에 미치는 직·간접 영향’¹⁾의 맥락에서 비교 분석을 하고, 이를 통해 우리나라가 미처 대응하지 못한 기후변화 영향이 무엇인지 파악하려는 시도를 했다는 의의를 가진다. 더 나아가 본 연구에서 도출된 취약 분야에 대한 관심을 제고하고 보완 방안을 제시함으로써 우리나라의 기후변화 영향에 대한 미래대비도를 향상하는 데 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

1) IPCC 평가보고서와 국내 연구 결과를 바탕으로 제2장에 정리하였다.

제2장

기후변화의 미래영향

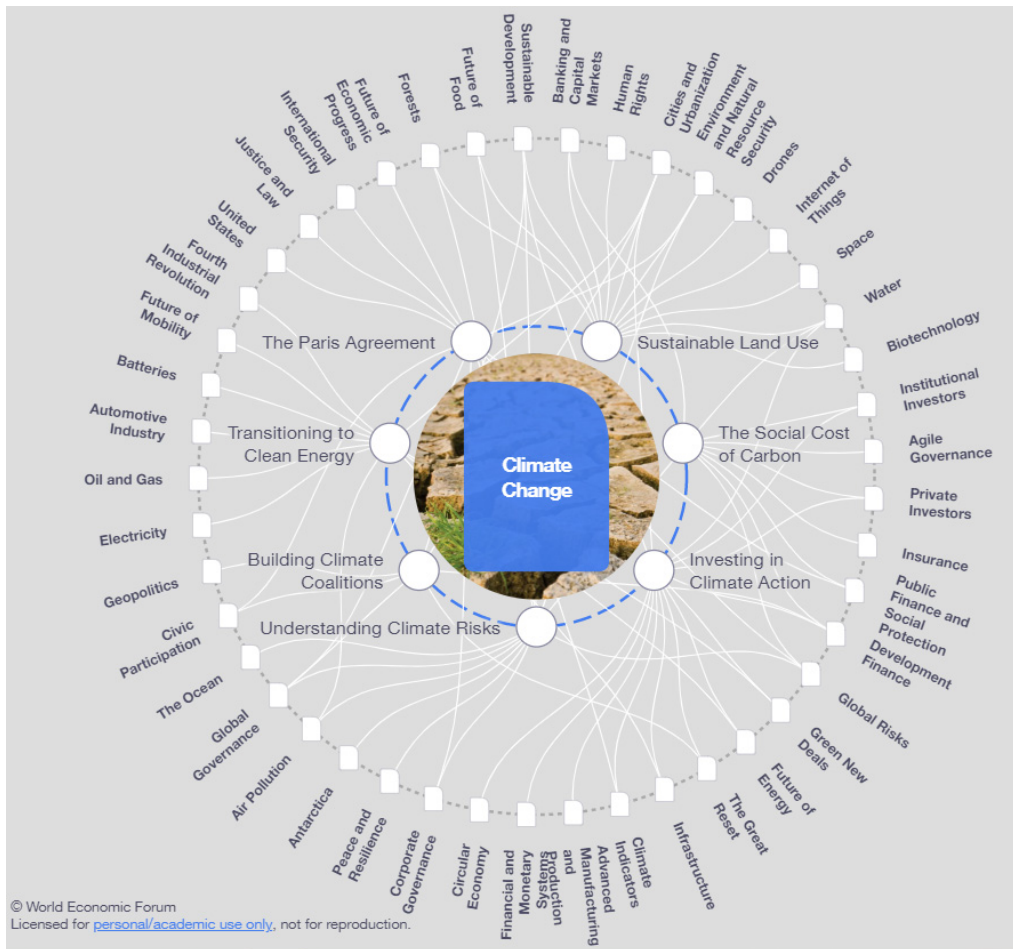
제1절 환경

제2절 에너지

제3절 정주여건

제4절 사회

기후변화는 자연환경과 사회의 여러 분야에 직간접적으로 영향을 미치며 그로 인한 인간 활동의 변화가 다시 기후변화에 영향을 주게 되는 순환 구조 시스템을 구성한다. 아래 [그림 2-1]은 세계경제포럼(World Economic Forum)의 Strategic Intelligence²⁾에서 기후변화를 검색하여 얻은 상관관계 맵을 보여준다. 여기서도 사회의 각 영역이 기후변화와 직간접적으로 연결되어 있음을 확인할 수 있다.



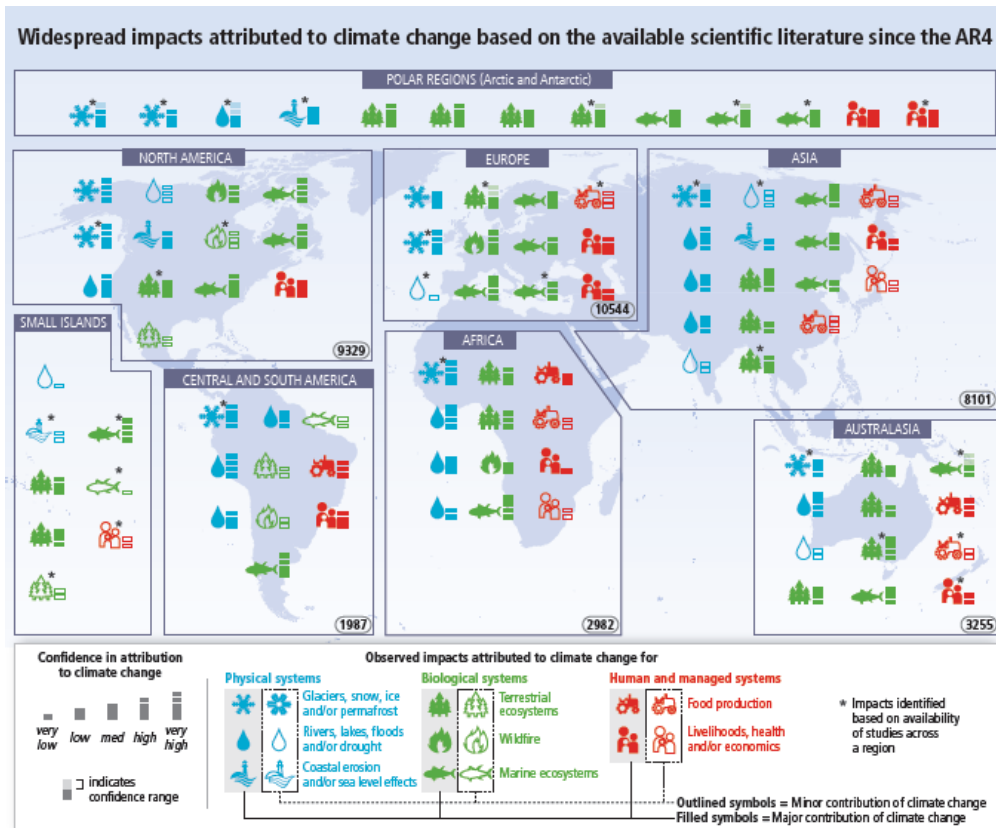
[그림 2-1] 기후변화와 연관성이 있는 분야 간의 네트워크

출처: World Economic Forum, Strategic Intelligence: <https://intelligence.weforum.org/>, 검색일: 2020.11.28.

2) <https://intelligence.weforum.org/>

IPCC 평가보고서(Assessment Report, AR)는 전 세계 기후변화 학자들이 각 분야의 연구 결과를 종합하여 주기적으로 발간하는 보고서로 지금까지 5권이 발행되었으며, 본 보고서에서는 이들 보고서에서 언급되었던 기후변화 영향을 정리하였다. 아래 [그림 2-2]는 대륙별로 기후변화가 미치는 영향을 물리적 시스템(강, 해양, 빙하 등), 생물 시스템(육상생물, 해양생물, 들불), 인간 사회 시스템(식품, 건강, 경제 등)으로 구분하여 나타낸 것이며, 아시아 지역에서 주요한 위험 요소는 아래와 같다.

- 홍수로 인한 인프라, 생계활동, 정주여건에 피해 영향 증가
- 열(폭염)로 인한 사망
- 가뭄으로 인한 물 부족, 식량 부족 위험성 증가



[그림 2-2] 대륙별 기후변화 영향

출처: IPCC(2014b), Climate Change 2014-Synthesis Report, p. 7.

2007년 4번째 IPCC AR이 발간된 이후로 다양한 영역에서 기후변화 영향이 새롭게 발견되었고, 본 보고서에서는 가장 최근에 발간된 IPCC AR5에서 기술된 기후변화 영향을 중심으로 정리하되 IPCC AR 1~4권의 내용에서 필요한 내용을 추가하였다. IPCC AR에서 기후변화 영향에 대한 예측 신뢰도는 high/medium/low confidence로 구분하였는데 본 보고서에서는 신뢰도 구분 없이 정리하였으며, 지엽적인 내용은 제외하고 필요에 따라 포괄적인 단위로 묶어서 정리하였다.

그러나 IPCC AR 기후변화가 전 세계에 미치는 영향을 다루기 때문에 우리나라 환경의 특성을 고려한 국내 영향을 파악하는 데에는 충분하지 못하다. 따라서 IPCC AR은 기후변화의 전반적인 영향을 정리하는 데 활용하였으며, 본 연구의 주요 대상인 기후변화가 국내에 미치는 영향은 국내 자료를 중심으로 정리하였다. 특히 2020년 12월에 발표된 제3차 국가기후변화적응대책(2021~2025)에 정리된 기후변화 리스크 항목([표 2-1])과 한국 기후변화 평가보고서 2020(환경부, 2020)에 기술된 ‘관측된 영향’ 및 ‘영향 전망’ 내용을 중요한 참고자료로 활용하였다. 또한, IPCC AR에 정리된 기후변화 영향은 주로 기후변화에 직접적인 영향을 받는 자연환경 변화에 해당하는 것이 대부분으로, 간접적 영향에 해당하는 사회 영향에 관한 내용은 주로 국내 연구 결과를 이용하였다.

박창석 외(2014)는 국내 신문 기사에서 기후변화 영향의 원인과 영향이 미치는 대상을 분석하였는데, 기후변화 영향이 발생하는 주요 원인은 호우(21%), 태풍(17%), 눈(9.0%), 대설(7.5%), 폭염(5.7%) 등과 같은 기상현상이 주를 이루며, 아주 일부이지만 적조(0.6%), 해수면(0.2%)과 같은 자연환경의 변화도 포함되는 것으로 나타났다. 그리고 기후변화가 영향을 주는 대상 영역으로 건강, 식량 생산, 생계, 홍수, 건축물, 인프라 등에 주로 집중된 것으로 드러났다.

[표 2-1] 우리나라 기후변화 리스크

대분류	중분류	리스크명
물관리	홍수	폭우로 인한 하천 및 유역의 홍수피해 증가
		폭우로 인한 하천/호소로의 오염물질 유입 증가
		폭우로 인한 댐과 하천의 기반시설 안정성 저하

대분류	중분류	리스크명
생태계	가뭄	가뭄으로 인한 하천의 건천화 심화
		기온 상승 및 가뭄으로 인한 하천/호소 수질 악화
		가뭄으로 인한 물 공급 능력 저하
		기온 상승 및 가뭄으로 인한 지하수 함양량 감소
	수질, 수생태계	해수면 상승으로 인한 하구 및 연안 물관리 취약성 증가
		강우량 변동 폭 증가에 따른 댐/저수지 관리 취약성 증가
		폭염에 의한 수생생물 열 스트레스 증가
	생물종	기온 상승 및 강수량 증가로 인한 식물 변화
		기온 상승 및 강수량 변동으로 인한 아고산대 변화
		기후변화에 의한 외래종 증가 및 질병 증가
		기후변화에 의한 멸종 위기종 및 희귀/보호종 감소
		이상기후로 인한 생물종 및 개체수 증가
		가뭄 및 기온 상승으로 인한 산림의 탄소 흡수량 감소
		기후변화로 인한 임산물 피해
생태계	생물 서식지	기온 상승 및 강수량 증가로 인한 척추/무척추 동물 개체수 감소 및 서식지 축소
		기온 상승 및 강수량 변화에 따른 담수 생물 개체수 감소 및 서식지 축소
		기온 상승으로 인한 산림 생물 서식지 변화
		극한 기상에 의한 생태계 변화
		기온 상승 및 강수 변동, 가뭄으로 인한 토양 미생물 변화
		폭우 및 가뭄으로 인한 산림 계류수의 변화
		기온 상승 및 해수면 상승으로 인한 도서 생태계 변화
		기후변화로 인한 습지 면적 감소, 육화 및 생물상 변화
		강우 패턴 변화 및 해양 산성화로 인한 연안 및 하구역, 해양생태환경 변화 및 피해
		해수면 상승으로 인한 조간대 및 하구생태계 변화
국토, 연안	정주공간	폭우로 인한 저지대 침수 위험 증가
		폭우로 인한 주거지역 비탈면 붕괴 위험성 증가
		폭우, 해일, 파랑, 해수면 상승으로 연안지역 침수 범람 위험 증가
		파랑 및 해수면 상승으로 인한 백사장, 사구, 연안, 갯벌, 수림지의 침식
		폭우로 인한 도시 침수 피해 증가
	기반시설 및 건축물	폭우, 폭설로 인한 육상교통 운행 중단 및 사고 증가
		기온변동성 증가로 인한 포장도로 조기 파손 현상 증가
		폭염으로 인한 철도 레일 변형 및 탈선 위험 증가

대분류	중분류	리스크명
		이상 기상현상으로 인한 항만시설, 공항 시설물 파손 및 운영 정지
		이상 기상현상으로 인한 전기/통신시설 피해 증가
		강우 패턴 변화로 인한 배수시설 기능 저하
		폭설, 강풍으로 인한 노후 불량 건축물 파손 증가
		폭염으로 인한 주거지역 열 스트레스 증가
		해일, 강풍, 파랑, 해수면 상승으로 인한 연안 시설물 피해 증가
농수산	식량자원	극한사황으로 인한 작물 생산성 변동
		기온 상승으로 인한 작물 생산성 저하
		기온 상승으로 인한 작물 품질 저하
		기온 상승 및 강우일수 변화로 인한 작부체계 변화
		기온 및 강수량 상승으로 인한 작물 재배 적지 변화
		폭염, 기온 상승 및 습도 증가로 인한 가축 생산성 저하
		폭염, 저산소화, 한파, 태풍으로 인한 양식업 피해
		해수온 상승 및 저산소화로 인한 수산자원의 변화
	생산환경 기반	폭염 및 한파로 인한 축사 에너지 사용량 증가
		폭설 및 강풍으로 인한 시설 피해 증가
		기온 및 강수량 상승으로 인한 농작물 병해충 피해 증가
		한파 및 온도 상승으로 인한 가축 질병 발병
		폭우로 인한 농경지 침수 및 토양유실, 농업용수 수질오염
		가뭄 및 기온변화로 인한 농업수리시설의 수자원 공급 안정성 증가 및 수질 저하
		강수량 증가에 따른 농업용 수리시설 홍수 대응력 저하
		강우일수 증가로 인한 농기계 활용 저하
		해양기상환경 변화로 인한 조업환경 변화
건강	감염병	기온 상승에 의한 매개체 질환 증가
		기온 상승에 의한 수인성 질환 증가
		기후, 환경 변화로 인한 신종 감염병 발생 증가
	건강 질환	대기오염에 의한 심뇌혈관계 질환 증가
		기온 상승에 의한 심뇌혈관계 질환 증가
		기온변동 폭 증가로 인한 심뇌혈관계 질환 증가
		기상재해로 인한 정신건강 질환 증가
		대기오염에 의한 호흡기계 알레르기 질환 증가
		대기오염에 의한 정신건강 질환 증가
		기온 상승에 의한 호흡기계, 알레르기 질환 증가

대분류	중분류	리스크명
산업, 에너지		폭염에 의한 정신건강 질환 증가
		폭염에 의한 신장질환 증가
		폭염에 의한 온열 질환 증가
	산업	폭염, 한파, 폭우로 인한 제조업 생산성 감소
		강풍으로 인한 생산시설 피해
		극한 기상현상으로 인한 건설업 피해 증가
		기온 상승 및 강풍으로 인한 관광자원 훼손 위험
		기온 상승, 폭염, 폭우, 가뭄으로 인한 관광객 및 매출 감소
		기후변화로 인한 소비자의 소비패턴 변화
	에너지	강풍 및 태풍 시 태양광 발전 설비 손상
		기온 상승, 강우량 증가, 바람 패턴 변화로 인한 풍력 발전 변동성 심화 및 풍력 자원 유효지의 이동
		해일 및 해수면 상승으로 인한 발전소 안정성 악화
		기온 상승, 폭염, 폭우, 강풍으로 인한 송전/변전 효율 저하 및 시설 손상
		폭염 및 한파로 인한 냉난방 에너지 사용 증가
		폭염 및 한파로 인한 전력 수요 증가와 정전 위험

출처: 제3차 국가기후변화 적응대책

제2장에서는 기후변화가 자연, 인간, 사회에 그동안 어떠한 영향을 주었으며, 미래에는 어떤 영향이 있을 것인지 위험 요소를 중심으로 정리하였다. 여기서 기후변화 영향은 [표 2-2]에서 구분한 세부 분과 단위로 묶어서 정리하였다. 이것은 제3장에서 기후변화와 관련한 국내 연구·정책 현황과 비교하여 위험 요소에 대한 대비(연구 또는 정책적으로)가 어떤 부분에 상대적으로 집중되어 있고, 어떤 부분이 향후 보완이 되어야 할 것인지를 판단하는 데에 활용하는 것을 목적으로 한다.

[표 2-2] 기후변화의 미래사회 영향에 대한 분과별 구분

분과 구분	자연	자연 ↔ 인간		인간
	환경 분과	에너지 분과	정주여건 분과	사회 분과
세부 분과	기상변화, 생태계, 환경오염	에너지 수요·공급, 저탄소 기술·정책	재난·안전, 도시 인프라·주거시설	건강, 1차 산업 영향, 2~4차 산업 영향, 정치·외교·통상

제 1 절 환경

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

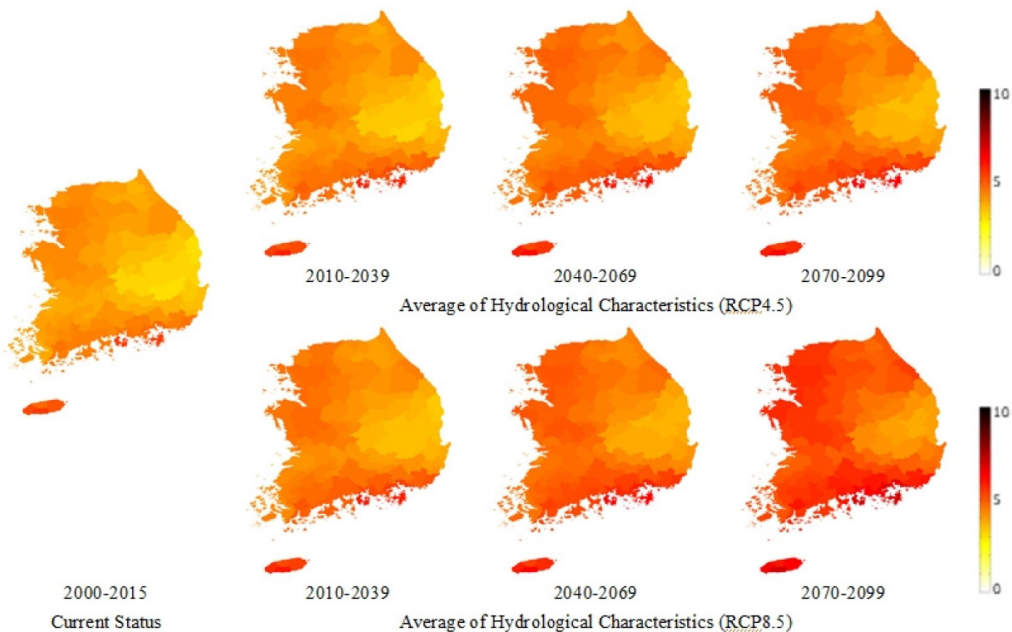
1 기상변화

지표면과 해수면의 온도는 산업화 이래 장기적인 추세로 증가하고 있으며 이러한 온도 변화는 수문학적인 변동성을 가져옴에 따라 지구 곳곳은 전에 없는 기상현상을 경험하고 있다. 기상변화의 정도는 지역별로 상이하나 글로벌한 수준에서 공통점을 찾을 수 있고, 아시아 지역에서 특히 눈에 띄는 변화도 존재하며, 전반적으로 1950년대부터 극한 기상 현상의 변화가 자주 관측되었다. 아래는 IPCC 평가보고서 1~5권(IPCC, 1990; IPCC, 1995; IPCC, 2001; IPCC, 2007; IPCC, 2014a; IPCC 2014b)과 국내 정책자료 및 연구보고서(관계부처합동, 2015; 관계부처합동, 2020; 박창석 외, 2014; 환경부, 2020)를 토대로 기후변화로 인한 기상변화 영향을 정리한 내용이다.

- 폭염 현상 증가 및 혹서 현상의 감소
- 눈, 얼음, 빙하 감소
- 다수 지역에서 호우 발생 빈도 증가
- 대류권 습도 증가
- 1970년 이래 북대서양 지역 태풍 강도 증가
- 강수량 변화 정도는 지역에 따라 다름.
 - RCP3)8.5 시나리오에서 중위도와 아열대 건조지역 평균 강수량은 감소하고 중위도 습윤지역의 평균 강수량은 증가할 가능성이 높으며 지구 평균기온 증가 폭이 클수록 극한 기상현상이 증가할 것으로 예상됨.

3) RCP(Representative Concentration Pathways)는 기후변화 시나리오를 온실가스 농도를 기준으로 4가지로 구분한다.
 - RCP2.6(이산화탄소 농도 420ppm), RCP4.5(이산화탄소 농도 540ppm), RCP6.0(이산화탄소 농도 670ppm), RCP 8.5(이산화탄소 농도 940ppm). 여기서 이산화탄소 농도가 낮을수록 온실가스 저감 정책이 높은 수준으로 실현되는 경우에 해당하며, RCP8.5는 현재 수준이 그대로 이어지는 경우(business as usual 시나리오)에 해당한다.

- 모든 RCP 시나리오에서 몬순지역의 강수량은 증가할 것이며 엘니뇨 남방진동 (El-Ninõ-Southern Oscillation)에 영향을 받는 강수량 변동 폭이 심화될 것으로 예상됨.
- 우리나라의 경우 1971~1980년과 2001~2010년 사이 평균기온은 0.7℃ 상승하였고, 연강수량은 140.5mm 증가함.
 - 1912년 수준과 비교했을 때 2010년 연강수량은 217mm 증가, 강수일수는 18% 감소하여 강수 집중도 또는 강도가 증가
 - RCP4.5와 RCP8.5 조건에서 2010~2099년 우리나라는 극한 강수량(1일/1시간 /10분 최대 강수량, 1일 강수량이 80mm 초과한 일수)은 전반적으로 증가 추세에 있음.([그림 2-3])
- 우리나라의 극한 기후현상(폭염, 집중호우, 열대야 등)이 발생한 일수가 증가하는 추세임.
- 강수량 변동 폭 증가, 폭우, 폭설, 해일, 파랑, 강풍, 태풍 등 이상 기상현상 발생



[그림 2-3] RCP4.5와 RCP8.5 조건에서 2010~2099년 우리나라 수문학적 특성 예측 결과

출처: 김모정·김광섭(2018), 26 GCM 결과를 이용한 미래 홍수피해액 예측, p. 1156.

기후변화가 기상현상에 미치는 영향

폭염, 폭설, 폭우, 홍수, 태풍, 폭풍해일, 강풍, 이상 기상현상, 극한 기후, 기온 상승, 강수 패턴 변화 (강우량 변동 폭 증가), 눈, 얼음 감소(빙하 감소), 대류권 습도 증가

2 생태계

기후변화에 의한 눈, 얼음(빙하) 감소는 해수면 온도 상승과 해수면 상승으로 이어지며 이러한 현상은 이미 진행되고 있다. 해수면 상승은 그 자체로의 문제보다 그로 인한 연안 지역의 침식 및 범람으로 서식지를 파괴하고 영향을 받는 지역의 생태계를 교란하는 2차 영향이 더욱 광범위하고 심각한 피해를 가져올 수 있다.

아래는 IPCC 평가보고서 1~5권(IPCC, 1990; IPCC, 1995; IPCC, 2001; IPCC, 2007; IPCC, 2014a; IPCC 2014b)과 국내 정책자료 및 연구보고서(관계부처합동, 2015; 관계부처합동, 2020; 박창석 외, 2014; 환경부, 2020)를 토대로 기후변화로 인한 생태계 영향을 정리한 내용이다.

- 지난 20년간 그린란드와 남극 얼음층의 감소 속도가 점점 빨라지고 있으며, 빙하가 전 세계적으로 줄어들고 있음.(극지방 얼음층 감소율은 10년간 3.5~4.1% 수준임.)
- 북반구 봄철 눈이 지속적으로 감소하고 있으며 1980년대부터 북반구 영구동토층 대부분의 온도가 상승하고 있음.
- 1901~2010년 전 세계 해수면이 평균 0.19m 상승했으며, 19세기 중반부터의 상승률은 그 이전 2000년간의 상승률보다 높음.
- 1970년 이래 급격한 해수면 상승(폭풍 발생과 연관됨.) 현상 증가
- 21세기 동안 전 지구적으로 해수 온도 증가 추세가 이어질 것으로 예상됨.: 북반구 아열대 지역과 열대 지역 해양 표층 온도 상승이 가장 심하며, 표층 아래 깊은 해수 온도의 증가는 남반구 해양에서 일어날 것으로 예상됨.
- 해수면 상승 수준은 지역별로 편차가 있을 것임.: 21세기 후반에 95% 이상의 지역에서 해수면 상승을 경험할 것이며, 70%가량의 지역에서 해안선의 변화(전 지구 평균

의 $\pm 20\%$ 수준)가 예상되며, 2100년이 되기 전에 심각한 해수면 상승을 겪는 지역이 생길 것임.

- 해수면 상승에 의한 염수 유입으로 피해지역의 생태계 변화 예상
- 생물다양성과 생태계 서비스에 악영향: 종의 이동 및 멸종
 - RCP4.5, 6.0, 8.5 시나리오에 대응하는 기후변화 속도에 현재 서식하고 있는 식물과 동물이 충분히 빠르게 적응하거나 서식에 적합한 지역으로 이동하지 못할 수 있음. 특히 산호초와 극지방 생태계의 취약성이 높음.
- 육상생물, 해양생물, 민물생물의 상당 부분은 21세기와 그 이후에 걸쳐 멸종 위기에 처해 있음.: 생물의 멸종은 온난화, 해양 열염 감소, 강수량 변동, 강물 유입 감소, 해양 산성화, 해양 용존산소량 감소 등의 이유가 될 수 있으며 여기에 인간의 개발, 자원 채굴, 오염, 부영양화, 외래 유입종 등의 영향이 결합되어 멸종이 촉진될 수 있음.
- 육상에 저장된 탄소는 기후변화(온난화, 가뭄, 폭풍), 산림벌목, 화재, 병충해, 생태계 파괴에 의한 산림 훼손으로 방출될 위험이 높음.
 - 영구동토층이 녹으면서 탄소와 메탄 배출의 위험이 높아짐.
- 해안가 저지대는 침수, 침식, 홍수를 지속적으로(21세기와 그 이후까지 지속) 경험할 것으로 예상되며, 그곳에 서식하는 동식물의 생물다양성에 영향을 줄 수 있음.
- 우리나라의 경우 1971년 이래 30년간 해수면 상승 속도는 2.64mm/yr로 전 지구 평균보다 0.64mm/yr 빠르게 상승하고 있으며(IPCC AR5, 2014; 국립해양조사원, 2013) 해역별로 편차가 존재함.
- 기온 상승 및 강수량 변동으로 인한 아고산대 변화 및 식물 변화
 - 우리나라의 온난화가 지속됨에 따라 아열대 기후 경계가 북쪽으로 이동할 것으로 예상(RCP4.5 조건에서 21세기 후반 전남북, 경남, 충남 서해안, 경기/황해 서해안 지역이, RCP8.5 조건에서 강원 산간 지역을 제외한 대부분 지역이 포함.)
- 우리나라는 21세기에 전 지역에서 식물성장기간이 증가할 것으로 예상됨.
- 외래종 증가 및 질병 증가
- 멸종 위기종 및 희귀/보호종 감소
- 기상재해, 해충, 가뭄 등으로 수목 피해 증가

- 가뭄 및 기온 상승으로 산림의 탄소 흡수량 감소
- 척추/무척추 동물 개체수 감소 및 서식지 축소
- 담수 생물 개체수 감소 및 서식지 축소
- 산림 생물 서식지 변화 및 산림재해 발생 증가/대형화
- 토양 미생물 변화 및 산림 계류수의 변화
- 기온 상승 및 해수면 상승으로 도서 생태계 변화
- 습지 면적 감소, 육화 및 생물상 변화
- 강우 패턴 변화 및 해양 산성화, 해수면 상승으로 연안 및 하구역, 조간대, 해양생태 환경 변화 및 피해
 - 홍수 및 해수면 상승으로 인한 수생물의 산란장 환경 변화는 일부 종의 생존에 영향을 미칠 수 있으며 생물종 분포에 변화를 가져올 수 있음.

기후변화가 생태계에 미치는 영향

해수면 상승, 해수 표면 온도 상승, 하구역 생태계 및 조간대 변화·피해, 동토층 감소, 연안 침식, 연안 서식지 범람, 침수지역 증가, 염수 유입, 지반침하, 탄소 흡수원 변화, 토양 생물 활동 변화, 온실가스 배출 위험 증가, 범람원, 산림 건강성 악화, 종의 이동 및 멸종, 동물 서식지 축소, 산림 건강성/생육 환경 악화, 수목 피해 증가, 산림재해 발생 증가 및 대형화, 외래종 증가, 담수 생물 개체수 감소 및 서식지 축소, 산호초 감소, 극지방 생태계 위협, 도서 생태계 변화, 습지 면적 감소/육화 및 생물상 변화

3 환경오염

IPCC AR에서는 기후변화에 의한 환경오염 위험성을 명시적으로 드러내지는 않았으며 해양(수질)오염의 경우 해양 산성화, 해수 용존산소량 감소, 부영양화와 같이 우회적으로 기술하였다. 대기오염의 경우 기후변화를 원인으로 보기보다 반대로 황산화물, 블랙카본과 같은 대기오염물질 배출을 기후변화에 영향을 줄 수 있는 요인으로 분석을 하였다. 그러나 최근 국내에서 미세먼지 문제가 심각하게 대두되며 기후변화가 대기오염을 악화시키는 중요한 요인으로 밝혀지면서 기후변화가 영향을 미치는 영역이 확대되었다.

아래는 IPCC 평가보고서 1~5권(IPCC, 1990; IPCC, 1995; IPCC, 2001; IPCC, 2007; IPCC, 2014a; IPCC 2014b)과 국내 정책자료 및 연구보고서(관계부처합동, 2015; 관계부처합동, 2020; 박창석 외, 2014; 환경부, 2020)를 토대로 기후변화로 인한 환경오염 영향에 대하여 정리한 내용이다.

- 모든 RCP 시나리오 조건에서 21세기 말까지 해수 산성도 증가가 예상되며, RCP2.6 시나리오에서는 21세기 중반부터 점차적으로 완화될 것으로 예상됨.
- 해양생태계(특히 산호초와 극지방 생태계)는 해양 산성화에 의한 피해가 특히 클 것으로 예상됨.
 - 갯녹음 현상 심화
- 21세기 동안 해수 온도 상승에 의하여 해수 용존산소량 감소 예상
- 기온 증가, 강우 시 퇴적물, 영양염류, 오염물질 부하 증가, 가뭄 시 오염물 농도 상승, 홍수 시 수처리시설의 비정상적 운행 등의 요인에 의해 수질이 악화되고 음용수의 품질이 저하될 위험이 있음.
- 기온 상승은 지표수 및 해수 수온 상승을 가져오고 이에 따라 수질이 악화됨.
 - 수중 용존산소량(DO)은 감소하고 산소요구량(BOD 또는 COD)은 높아짐.
 - 총질소, 총인 증가(부영양화)에 따라 녹조 발생
 - 부유물질(SS) 증가
- 태풍, 해일, 홍수 등 극한 기후현상으로, 연안으로 쓰레기 이동/집중

기후변화가 환경오염에 미치는 영향

해양 산성화, 해수 용존산소량 감소, 연안지역 해양쓰레기 집중, 수질 악화, 식수원 오염, 비점오염원 유입, 연안/해양 부영양화, 갯녹음 현상, 대기질 악화

제2절 에너지

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

1 에너지 수요·공급

에너지는 기후변화의 원인으로 작용하는 주요 온실가스 배출원으로서 기후변화의 영향을 받는 요소보다 기후변화에 영향을 주는 요인으로 주로 분석이 되어왔다. 여기서는 기후변화에 따른 기상현상 패턴 변화와 그 밖의 1차적인 영향에 따른 에너지 시설의 기후리스크 및 그에 따른 에너지 수요/공급의 변화를 주로 알아보았으며, 국내외 기후변화 정책 강화에 따른 공급 에너지원의 비중 변화 등과 같은 2차적 영향도 알아보았다. 그리고 기후변화에 대응하여 취약성을 낮추고 회복력을 강화하는 등의 적응 전략과 연동되는 에너지 수요 또는 공급의 변화에 대하여 정리하였다.

아래는 IPCC 평가보고서 1~5권(IPCC, 1990; IPCC, 1995; IPCC, 2001; IPCC, 2007; IPCC, 2014a; IPCC 2014b)과 국내 정책자료 및 연구보고서(관계부처합동, 2015; 관계부처합동, 2020; 박창석 외, 2014; 환경부, 2020)를 토대로 기후변화로 인하여 직접적으로 또는 간접적으로 영향을 받는 에너지 수요/공급에 관한 내용을 정리한 것이다.

- 폭염에 의한 전력 수요량/전력피크 증가(정전 발생), 발전효율 저하, 정전/변압기 유효용량 및 수명 감소 영향
 - 이는 간접적으로 전력 가격 상승 요인이 될 수 있음.
 - 전력 생산량 증가에 의한 온실가스 배출량 증가
- 한파로 인한 난방 에너지 수요 증가 및 송배전 시설 피해는 에너지 비용 증가로 이어질 수 있음.
 - 현재 국내 에너지원의 특성상 난방 에너지 수요 증가는 온실가스와 대기오염물질 배출 증가의 원인이 됨.

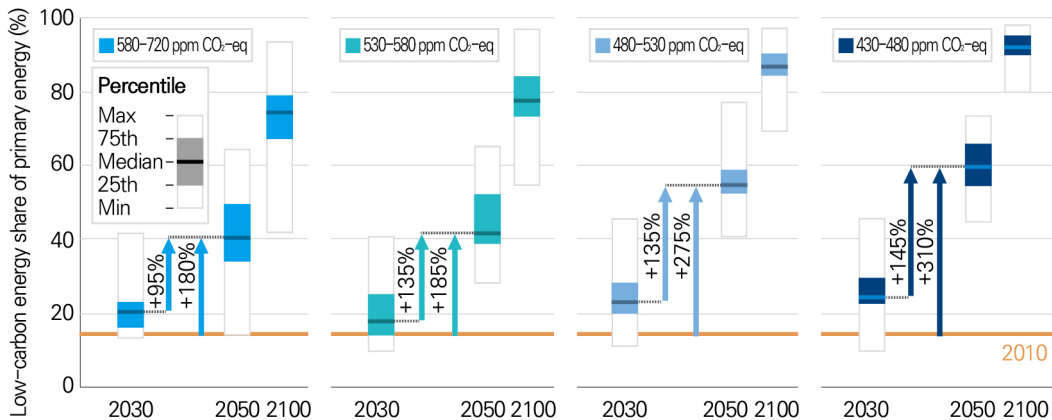
- 폭염과 한파로 인한 에너지 장치 유지/보수 증가
- 온난화 현상으로 우리나라의 여름과 겨울이 길어지면서 에너지 소비가 증가하는 추세를 유지할 것으로 전망함.(기후변화 적응 전략이 에너지 수요를 증가 → 기후변화 완화 전략과 상충될 수 있음.)
- 기온 상승으로 인한 열 변환기 효율성 감소, 수온 상승과 냉각수 수량 부족으로 인한 냉각효율 저하 등으로 에너지 발전 설비 가동 안정성이 저하될 것으로 예상되며 이는 전력 생산비 증가로 이어질 수 있음.
 - 기후 재난으로 인한 발전시설 손상도 전력 생산비 증가 요인이 될 것으로 예상
- 극한 기상현상 빈도 및 강도 증가로 에너지 시설 손상
 - 홍수, 태풍, 해일 등의 기후 재난으로 에너지 시설 침수 가능
 - 강풍 및 태풍 시 태양광 발전 설비 손상
 - 기온 상승, 폭염, 폭우, 강풍으로 인한 송전/변전 효율 저하 및 시설 손상
 - 원자력발전소 안전성 문제 증가
- 기온 상승, 강수량 증가, 바람 패턴 변화로 풍력 발전 변동성 심화, 풍력자원 유효지 이동
- 에너지 원료 공급이 원활하지 못한 환경에서 전력 공급 불안정성 증가
- 수자원 부족 및 계절별/지역별 강수량 편차는 수력발전 공급에 불안정성을 높임.
- 기후변화 규제 강화로 에너지 생산원가 상승
- 탈탄소 정책 강화(예: 2050년까지 탄소배출 넷제로 선언)에 따라 친환경 에너지원 공급량 증가 및 화석연료 사용량 감소

기후변화가 에너지 수요/공급에 미치는 영향

전력 수요 변화, 전력예비율 하락, 전력 생산비용 증가, 전력 공급 불안정성 증대, 발전/송배전 시설 손상, 에너지 시설 침수·손상, 발전원료 수송/보관/관리 비용 상승, 발전시설 냉각효율 저하, 발전용 냉각수 수질 악화, 에너지 생산원료 수급 지연, 에너지 믹스 변화

2 저탄소 기술·정책

국내 저탄소 에너지 기술과 정책은 기후변화 완화 전략이면서 기후변화 적응 전략의 일부를 구성하기도 한다. 그리고 기후변화가 진행됨에 따라 국제적으로 저탄소 전환을 향한 변화 움직임이 전과 다른 강도로 다가오면서 강화된 목표를 달성하기 위한 국내 저탄소 기술과 정책에 변화를 가져오기도 한다. 일례로, 신기후체제로의 전환을 가져왔던 파리협정 발효는 국내 온실가스 감축 목표 상향조정으로 국내의 저탄소 녹색성장 정책에 영향을 주었다. 또한 최근 정부의 '2050 탄소배출 넷제로' 목표 선언으로 우리나라의 그린뉴딜 내용에 포함되어 있었던 에너지 전환 분야의 과제에 무게가 더욱 실리고 있다.



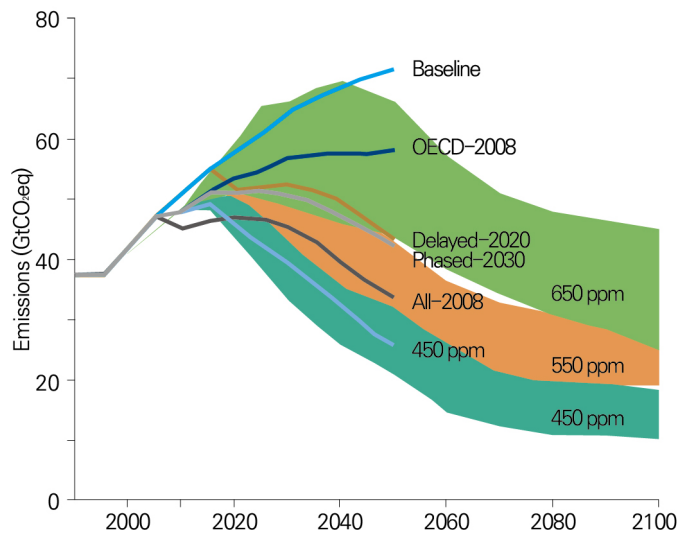
[그림 2-4] RCP2.6과 6.0 시나리오에 대응하는 대기 중 CO₂ 농도를 달성하기 위하여 필요한 저탄소 에너지 점유율 변화

출처: IPCC(2014b), Climate Change 2014-Synthesis Report, p. 21.

아래는 국내 정책자료 및 연구보고서(관계부처합동, 2015; 관계부처합동, 2020; 박창석 외, 2014; 환경부, 2020)를 토대로 기후변화로 인하여 간접적으로 영향을 받는 저탄소 기술 및 정책에 관한 내용을 정리한 것이다.

- 기후변화와 관련한 환경규제가 강화됨에 따라 온실가스를 다량으로 배출하는 국내 제조업이 강화된 규제의 영향을 특히 크게 받을 것으로 전망
 - 오염자 부담 원칙을 적용하여 온실가스 배출 연료 사용에 탄소세 부과 → 화석연료 사용 시 세금 부담이 높아질 것으로 전망

- 온실가스 배출 저감 목표가 상향조정되면서 관련 온실가스 감축 기술, 에너지 효율 향상 기술개발이 촉진될 것으로 예상
 - 기후변화 영향으로 경제성이 떨어지는 작물이 바이오에너지 원료 작물로 교체될 수 있음.(기후변화 적응 노력의 일환)
 - Waste-to-energy 등을 포함한 재생에너지 개발 수요 증가
- 중앙으로부터 전기 공급이 원활하지 않은 비도시지역에 재생에너지를 활용한 분산 전기 시스템 도입이 권장될 것으로 예상
- 탄소배출권거래제 활성화
- 지역 단위의 탄소배출 저감 목표 수립 및 관련 도시계획 수립이 주류화될 것으로 예상



[그림 2-5] 탄소세 도입 조건에 따른 온실가스 배출량 추세 예측(OECD-2008: OECD 모든 국가가 탄소세 \$25/CO₂-eq톤 적용, Delayed-2020: 모든 국가가 2020년부터 탄소세 적용, Phased-2030: OECD는 2008년, BRIC은 2020년, 2030년부터 모든 국가가 탄소세 적용, 450ppm: 대기 중 온실가스 농도가 450ppm으로 안정화되는 경로)

출처: OECD(2008), OECD의 2030년 환경 전망(OECD Environmental Outlook to 2030), Figure. 7.5.

기후변화가 저탄소 기술/정책에 미치는 영향

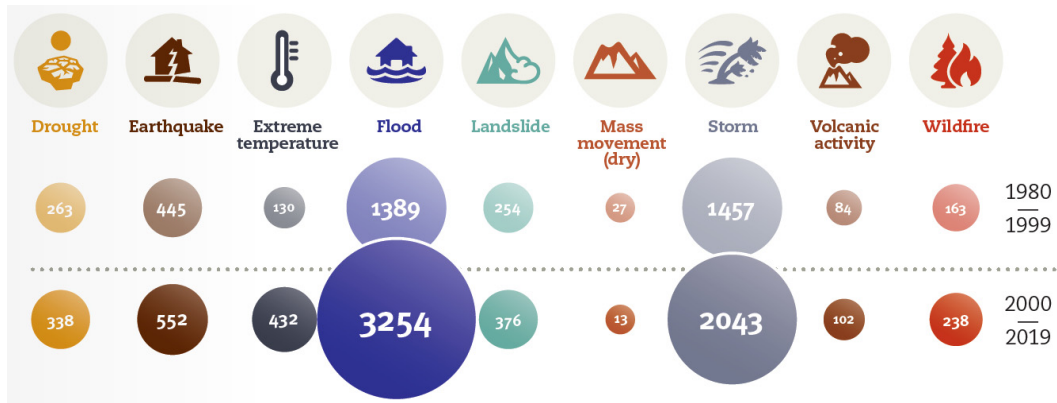
온실가스 배출, 이산화탄소 포집/저장/활용, 재생에너지, 녹색성장, 배출권거래 등에 관한 정책 강화, 온실가스 감축 기술개발 촉진, 에너지 효율 향상 기술개발 촉진

제3절 정주여건

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

1 재난·안전

제1절에서 정리한 기후변화에 의한 기상현상 변화는 정주여건에 직접적인 영향을 미치게 되는데, 특히 기상 재난의 경우 인간의 생활과 밀접하게 관련이 있는 자연환경의 변화와 시설 파괴 및 2차 피해로 이어질 수 있다. 따라서 ‘기상 재난’은 기후변화에 의한 1차적인 영향으로 볼 수 있고, 그에 따른 정주여건에의 영향은 기후변화에 의한 2차, 3차 영향으로 분류할 수 있을 것이다. 최근 수십 년간 기후변화와 관련한 재난으로 인적 물적 피해가 늘고 있으며, 기후 재난에 의한 손실은 기후변화로 발생한 경제적인 피해의 주된 요인이다. 아래 [그림 2-6]은 전 세계의 재난 종류별 발생 횟수를 20년 단위로 비교하여 보여준다. 여기서 모든 재난의 발생 원인을 기후변화로 볼 수는 없으나, 홍수, 가뭄, 폭풍, 극한 기온 등은 기후변화와 밀접한 관계가 있는 재난의 종류로 볼 수 있다. 실제로 2000~2019년에 기후와 관계된 6,681건의 재난에 영향을 받은 사람은 39억 명에 달하며, 이는 3,656건의 기후 관련 재난이 발생한 1980~1999년과 비교했을 때 기후 관련 재해 발생 빈도가 83% 증가한 수치이다(CRED and UNISDR, 2020). 한편, 폭염, 가뭄, 홍수, 태풍, 들불(wildfire) 등은 식수 공급, 인프라 시설물, 정주여건에 영향을 미치며, 그 피해 정도는 준비도와 밀접한 관련이 있다. 따라서 기후 재난에 대비한 우리나라 국민의 적응력 및 회복력 향상을 위해서는 미래의 재난 대응 계획(예: 국가 안전관리 기본계획) 수립 시 기후변화 시나리오를 고려하여 재난의 강도 및 빈도에 대한 트렌드 분석 및 예측 내용을 반영할 필요가 있다고 생각한다.



[그림 2-6] 전 세계 재난 발생 건수 비교(1980~1999 vs. 2000~2019)

출처: CRED and UNISDR(2020), Human cost of disasters. p. 7.

아래는 IPCC 평가보고서 1~5권(IPCC, 1990; IPCC, 1995; IPCC, 2001; IPCC, 2007; IPCC, 2014a; IPCC 2014b)과 국내 정책자료 및 연구보고서(관계부처합동, 2015; 관계부처합동, 2020; 박창석 외, 2014; 환경부, 2020)를 토대로, 기후변화로 발생한 재난·안전과 관련한 정주여건 변화 내용을 정리한 것이다. 기후변화만을 그 원인으로 돌릴 수는 없으나 기후변화가 간접적으로 영향을 미칠 수 있는 영역에 속한다고 볼 수 있다.

- 21세기 기온변화에 의하여 홍수로 피해를 보는 인구가 전 세계적으로 증가할 것으로 내다봄.
 - 국내의 경우 시간당 강수량 증가에 따라 집중호우(도시 홍수, 돌발 홍수)가 증가하고 이로 인한 산사태가 증가할 것으로 예상됨.
- 질이 낮고 적절하지 않은 위치에 지어진 주택의 경우 극한 기상현상에 취약함.
- RCP8.5 시나리오에 해당하는 해수면 상승 폭을 가정했을 때 도로 시설 범람(현재 도로망의 6.2%), 철도 시설 범람(현재 철도망의 5.8%)이 예상되며 주로 남부지방의 피해가 클 것임.
- 하수처리장, 폐수처리시설, 매립장, 분뇨처리시설 등의 환경시설이 침수 위험지역에 속해 있음.

- 해수면 상승에 따라 항만과 방조제 취약성이 증가
- 극한 기상현상의 빈도와 강도 증가로 인한 공공시설 피해(하천, 도로가 전체의 67% 차지)가 커질 것이며, 이로 인해 산업계에 부정적인 영향을 미칠 것으로 예상됨.
 - 폭우, 폭설로 인한 도로, 지하철, 철도 등 육상교통 운행 중단 및 사고 증가
 - 기온 증가(폭염)는 콘크리트 또는 아스팔트 포장 팽창/수축 폭을 증가시키며 이는 도로 파손 위험을 높임.
 - 항만시설, 공항 시설물 파손 및 운영 정지
 - 도로 및 활주로 포트홀 발생은 교통사고 증가 요인으로 작용 가능
 - 철도 레일 휨(모양 변화)으로 인한 사고 증가
 - 전기, 통신시설 피해 증가
 - 강풍, 태풍 등으로 건물 외부 시설물 파손 위험 증가
 - 지반침하로 인하여 인근 시설 붕괴 위험 증가
 - 폭우로 인한 도시, 저지대 침수 위험 증가
 - 폭우로 인한 주거지역 비탈면 붕괴 위험성 증가
 - 폭우, 해일, 파랑, 해수면 상승으로 연안지역 침수/범람 위험 증가
 - 파랑, 해수면 상승으로 백사장, 사구, 연안, 갯벌, 수림지 침식
 - 하천시설(제방, 교량 등) 붕괴 위험 증가

기후변화가 재난·안전에 미치는 영향

하천시설 붕괴, 항만/어항 시설 피해, 수리/배수 시설물 파괴, 산사태 및 비탈면 붕괴, 지반침하, (도로, 공항, 철도 등) 교통시설 손상 및 교통사고 증가, (하수처리시설 등) 환경시설 침수, 건축물 침수, 노후 건축물 붕괴, 취약계층 피해 증가, 항만/방조제 취약성 증가, 전기/통신시설 피해 증가

2 도시 인프라·주거시설

기후변화는 위에서 정리한 바와 같이 기후 재난의 형태로 정주여건을 파괴할 수 있으며, 그 이외에도 점진적인 환경 변화 및 간접적인 영향으로 도시 인프라 또는 주거시설에 영향을 미칠 수 있다. 그러나 기후변화는 도시 인프라와 주거시설의 변화를 이끄는 여러 요인 중 하나이거나 촉진하는 요인으로 다른 자연환경과 사회환경 변화의 맥락에서 종합적으로 분석할 필요가 있다.

아래는 IPCC 평가보고서 1~5권(IPCC, 1990; IPCC, 1995; IPCC, 2001; IPCC, 2007; IPCC, 2014a; IPCC 2014b)과 국내 정책자료 및 연구보고서(관계부처합동, 2015; 관계부처합동, 2020; 박창석 외, 2014; 환경부, 2020)를 토대로 기후변화가 도시 인프라와 주거시설에 미치는 영향에 관한 내용을 정리한 것이다.

- 이상 기상현상으로 인한 교통시설 기능 저하 및 마비는 대중교통 수요 증가로 이어질 수 있음.
- 도시지역의 수도 공급 시스템과 관련한 리스크 증가
- 도시지역의 에너지 시스템과 관련한 리스크 증가: 특히 기후변화 적응 전략이 부재한 지역의 중앙공급(centralized system)에서 취약성이 높음.
- 기후변화에 의한 물 부족은 도시지역에서 인프라가 잘 갖춰지지 않았거나 기후 영향을 많이 받는 취약계층에게 영향이 증폭될 수 있음.
- 비도시지역의 경우 물 공급에 어려움을 겪을 것으로 예상됨.
- 강우 패턴 변화로 인한 배수시설 기능 저하
- 건조 아열대 지역에서는 지표수와 지하수 수량이 감소하여 용수공급원 간에 수량 확보 경쟁이 심화될 것으로 예상함.
- 21세기 기온변화에 의하여 물 부족으로 피해를 보는 인구가 전 세계적으로 증가할 것으로 내다봄.
- 폭염으로 인한 거주환경 악화
 - 주거지역 열 스트레스 증가
 - 물 이용량 증가, 가용 수자원량 감소, 비브리오패혈균 증가

- 가용 수자원량 감소와 수질오염은 농작물 생산량 또는 품질 저하의 원인으로 작용할 수 있음.
- 수질오염으로 인한 정수처리 비용 증가(특히 봄과 겨울의 오염물질 배출 증가가 예상됨.)
- RCP8.5 시나리오를 가정했을 때 한강 유역의 물 부족이 예상되며 가뭄 영향이 증가할 것으로 예상: 강원도의 경우, 폭우 빈도 증가 및 강설량 감소로 지하수 양 감소가 예상됨.
- 도시의 열섬현상, 극한 기상현상으로 인한 노후시설의 손상 등은 재산상의 손실 또는 인명피해를 가져올 수 있음.
- 가뭄 발생 시 생활용수 부족 문제가 발생할 수 있으며 지하수 난개발로 이어질 수 있음.
- 강수량 편중/부족으로 녹지 기능 저하 전망
- 적설량 증가 및 폭설로 노후 건축물 피해 증가, 교통시설 마비 영향 예상
- 침수지역의 주거환경 악화 및 자산 가치 하락
 - 연안 침식으로 인하여 연안 토지 가치 하락

기후변화가 도시 인프라·주거시설에 미치는 영향

교통시설 기능 저하, 대중교통 수요 증가, 침수/침식 지역 토지/자산 가치 하락, 녹지 고사/한파 피해, 도시 열섬효과, 물 공급 불안정성 증가, 정수처리 비용 증가, 지하수 난개발, 비도시지역 및 빈곤층 물 부족, 건축물 손상, 배수시설 기능 저하

제4절 사회

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

1 건강

기후변화가 인간의 건강에 미치는 영향은 지금까지 상대적으로 중요하게 다뤄지지 않아 왔으나, 일부 지역에서 폭염 등 극심한 더위와 관련한 사망률이 증가하거나 재난에 의한 물리적인 피해로 사상/사망 피해가 증가하고 있다. 반대로 극심한 추위로 인한 사망률은 낮아지는 영향을 확인할 수 있었다. 한편, 기온변화와 강수 변화는 수인성 전염병의 발생 지역 분포에 변화를 가져왔다. 즉 ‘기후’ 변화에서 직접적으로 오는 건강영향 이외에 기후변화가 초래한 환경의 변화가 간접적으로 인간의 건강에 영향을 미치는 사례가 소개되고 있으며, 기후변화-건강 간의 연결고리가 과학적으로 밝혀지고 있다.

아래는 IPCC 평가보고서 1~5권(IPCC, 1990; IPCC, 1995; IPCC, 2001; IPCC, 2007; IPCC, 2014a; IPCC 2014b)과 국내 정책자료 및 연구보고서(관계부처합동, 2015; 관계부처합동, 2020; 박창석 외, 2014; 환경부, 2020)를 토대로 기후변화가 인간의 건강에 미치는 영향에 관한 내용을 정리한 것이다.

- 21세기 중반까지는 이미 존재하는 건강 위협 요소가 강화되는 추세를 유지할 것으로 예상
- 21세기 전반에 걸쳐 많은 지역에서 질병률의 증가가 예상되며 특히 개발도상국의 저소득층에게 그 영향이 크게 작용할 것으로 예상됨.
- 도시지역에서는 기온 증가에 의한 온열 질환과 대기오염에 의한 건강영향이 심화될 것으로 예상
- 폭염, 가뭄, 홍수, 태풍, 들불(wildfire) 등은 인간의 건강 및 사망률, 정신적 건강, 웰빙에 영향을 미치며, 그 피해 정도는 준비도와 밀접한 관련이 있음.
 - 탈수, 열사병 등의 증상 발현 증가
 - 특히 농업, 건설업에 종사하는 노동자와 어린이, 노숙자, 노년층의 취약성이 높음.

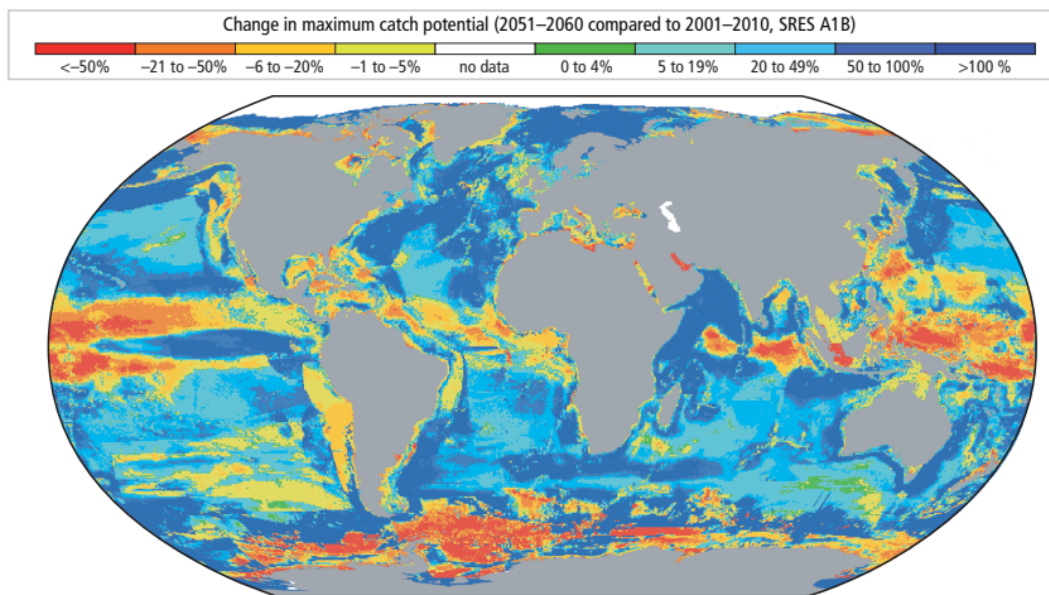
- 폭염 및 한파는 심혈관계 질환, 암, 호흡기계 질환, 신장질환, 정신질환, 감염성 및 기생충성 질환 발병률 및 이로 인한 사망률을 증가시키는 요인이 됨.
- 식품 매개 전염병 및 수인성 전염병 위험 증가
- 매개체를 통한 전염병은 기온 증가에 따라 위험성이 증가할 것으로 예상됨.
- 신종 감염병 발생 증가
- 가난한 지역에서는 영양 부족으로 인한 건강 악화 위험이 증가할 것으로 예상됨.
- 기후변화에 의한 건강 악화는 2차 영향으로 부상과 사망 리스크 증가로 이어질 수 있음.
- 생태계 변화에 따라 전염병 매개체, 병원체 및 알레르겐의 서식지 분포가 확대되어 감염병, Dengue열, 썩쓰가무시증, 천식, 알레르기 질환의 증가가 예상됨.
- 대기오염 및 기온 상승에 의한 질환 증가
 - 심뇌혈관계 질환, 호흡기계 질환, 알레르기 질환, 정신건강 질환 증가
 - 수도권 지역의 미세먼지 농도 증가에 따라 호흡기 질환 환자가 증가할 것임.
- 기후 재난 발생 시 발생하는 신체적 상해, 갑작스러운 재난/기상변동으로 인한 정신 질환 사례 증가 예상

기후변화가 건강에 미치는 영향

온열/냉열 질환 증가, 부상/사망률 증가, 유병률 증가(심혈관 질환, 호흡기 질환, 정신질환 등), 수인성 감염병 증가, 식품 매개 감염병 증가, 매개 감염병 지역/계절 확대, 신종 병원성 미생물 출현, 인수공통 감염병 증가, 알레르겐 영향 증가, 만성질환자 사망률 증가, 빈곤 지역 건강 취약성 증가, 부상 등 2차 건강 피해 증가

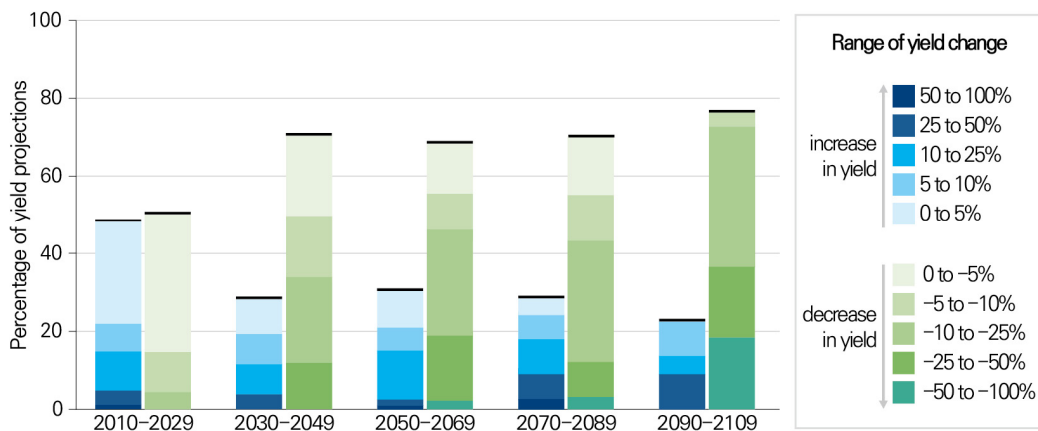
2 1차 산업 영향

제1절에서는 기후변화로 인한 기상현상의 변화, 생태계 변화, 환경오염 영향을 살펴보고, 제2절에서는 에너지 수요 및 공급에 미치는 영향을, 제3절에서는 정주여건 영역에서의 재난·안전 분야 영향을 알아보았다. 이러한 기후변화 영향은 다시 직간접적으로 인간의 경제활동에 영향을 주게 되는데, 자연자원을 직접적으로 채취하거나 생산하는 1차 산업에의 영향이 특히 두드러지는 것으로 나타났다. 여기서는 1차 산업 중 농업, 임업, 축산업, 어업에 미치는 영향을 중심으로 기후변화 영향을 정리하였다.



[그림 2-7] 2001~2010년 대비 2051~2060년 예상 최대 어획량 변화: 기후변화 수준으로 중간~심각을 가정함.

출처: IPCC(2014b), Climate Change 2014-Synthesis Report, p. 15.



[그림 2-8] 농작물(밀, 옥수수, 쌀, 콩이 주요 분석 대상임.) 생산량 변화율 예측 결과(21세기 후반으로 갈수록 생산량 편차가 심화되며 생산량이 증가하는 곳보다 감소하는 지역의 비중이 높아지는 경향을 보임.)

출처: IPCC(2014b), Climate Change 2014-Synthesis Report, p. 15.

아래는 IPCC 평가보고서 1~5권(IPCC, 1990; IPCC, 1995; IPCC, 2001; IPCC, 2007; IPCC, 2014a; IPCC 2014b)과 국내 정책자료 및 연구보고서(관계부처합동, 2015; 관계부처합동, 2020; 박창석 외, 2014; 환경부, 2020)를 토대로 기후변화가 1차 산업에 미치는 영향을 정리한 것이다.

- 21세기 중반 전후까지 기후변화에 의한 전 세계 해양생물종의 이동과 생물다양성 감소는 어업 생산량에 악영향을 주고, 특히 저위도 지역의 생태계 서비스에 큰 타격을 줄 것으로 예상된다.
- 열대 지역과 온대 지역에서 20세기 후반보다 기온이 2℃ 이상 증가하는 환경에 적응하지 못하는 경우, 밀, 쌀, 옥수수 생산성에 악영향이 있을 것으로 예상(일부 지역은 기온 상승에 의하여 생산량 증가를 기대할 수 있음.)
- 지구 평균기온이 20세기 후반 기온 대비 4℃ 이상 증가하는 경우 식량 수요 증가 조건이 더해져 전 세계적인 식량안보가 위협 상황에 놓일 수 있음.
- 식량 생산성, 수급, 가격 안정성 등 식량안보와 관련된 모든 요인이 기후변화에 영향을 받음.
- RCP8.5 시나리오를 가정했을 때 2100년까지 기온과 습도가 동시에 증가하는 지역의 경우, 식량 작물 생산과 야외활동과 같은 인간 활동에 제약을 가져오는 환경이 조성될 것으로 예상
- 비도시지역의 경우 농업생산에서 얻는 수입이 감소할 수 있으며, 특히 토지 소유, 현대식 농업 기술 적용, 인프라 시설이 부족한 지역일수록 취약성이 높음.
- 기온변화에 따라 식량 작물 생산성 및 저장성에 변화가 예상되며 저장시설 및 유통체계 변화로 이어질 수 있음.
- 폭염은 농작물 생산량과 품질 저하를 가져올 수 있으며, 이는 다시 농작물 가격과 소비자 물가지수에 영향을 줄 수 있음.
- 기상환경 변화로 인한 농산물 또는 경작시설 피해 증가
 - 폭설 및 강풍으로 시설 피해 증가
 - 폭우로 인한 농경지 침수 및 토양유실, 농업용수 수질오염
 - 강수량 증가에 따른 농업용 수리시설 홍수 대응력 저하

- 강우일수 증가로 농기계 활용 저하
- 해양기상환경 변화로 조업환경 변화
- 농산물 또는 경작시설 피해는 수급 불균형에 따른 소비자 가격 증가로 이어질 수 있음.
- 우리나라의 평균기온 상승과 서리일수 감소에 의해 작물 재배 기간이 길어질 것으로 전망됨.
- 우리나라의 벼 생산량(RCP8.5 시나리오에서 2050년 기후변화 영향이 없을 때와 비교하여 17.8% 감소 전망)과 품질이 감소하고, 이는 쌀 자급률 감소(RCP8.5 시나리오에서 2050년 기후변화 영향이 없을 때와 비교하여 18.3% 감소 전망)로 이어질 것으로 예측됨.
- 일조량 부족 및 생육온도 상승, 자연재해가 생산량과 품질에 부정적인 영향을 줄 것으로 예상
- 벼 해충 발생 빈도 증가로 생산량 감소가 예상됨.
- 고랭지 배추 재배 면적은 감소하고, 과일 재배지는 기후조건에 따라 이동하여 일부 품목의 재배 면적은 증가 가능하나 일부 품목은 감소할 것임.
- 우리나라 기후대 이동속도에 비해 산림 서식지 이동(적응)속도가 더디어 고산 지대와 아고산 지대 산림수종의 서식 면적이 감소할 것으로 예측됨.
- 연안 침식 및 범람 위험지역 강제이주에 따른 연안 공동체 붕괴
- 강풍으로 인한 양식시설물, 어선 피해 증가
- 해수 온도 증가에 따라(RCP8.5 시나리오 조건에서 2010년 대비 2100년 해수 온도 4℃ 상승) 동물플랑크톤 증가로 표층 어류 개체수 증가가 예상되며, 아열대 지역에서 서식하는 외래 생물종 유입으로 냉수성 어류는 상대적으로 적게 서식할 것으로 예상
 - 유해 해양생물 및 독성 생물이 나타나는 빈도 증가
 - 신종 병원성 미생물 증가로 수생물 대량폐사 발생 위험 증가
 - 조간대 생태계 교란으로 인한 수산생물 생산성 변화 예상
 - 수온 상승에 따라(특히 여름철 폭염 시) 어패류 폐사 위험도 증가
- 해양 산성화는 갑각류 서식에 부정적인 환경을 조성하고 그와 연관된 종의 생존에

부정적인 영향이 예상됨.

- 산림의 주요 수종 생육지 변화가 예상됨.
 - 기후변화에 취약한 국내 고유종, 특산종 멸종 위기 증가
- 해충 영향 증가(월동 생존율 증가)로 목재 생산량과 목질 저하 예상
- 극한 기후현상의 영향으로 가축 스트레스 및 질병 심화
 - 기온 및 환경 변화가 가축 사육 공간에 미치는 영향을 줄이기 위한 에너지 사용 비용 및 시설 유지/관리 비용 증가
 - 폭염으로 가축 사육에 필요한 물 수요 증가 및 우유 생산량 감소
 - 가축전염병 증가 및 여름철 열 스트레스 영향으로 축산 농가 생산량 감소

기후변화가 1차 산업에 미치는 영향

국내 고유/특산종 멸종, 목재량/목질 저하, 나무 해충/병원균에 대한 취약성 증가, 일부 종의 생산량 증가, 수산업 생산성 저하, 수산생물 급감/멸종/대량폐사, 어패류 부화율/생존율 변화, 회유성/정착성 어종 서식지 변화, 양식시설물/어선 피해 증가, 연안 공동체 붕괴, 가축 스트레스/질병/사망, 가축 사육 에너지/비용 증가, 우유 생산량 감소, 농업생산성 감소 및 품질 저하, 생산물 저장성 변화, 농작물 물가 변화, 농작물 저장시설/유통체계 변화, 농작물 재배 시기/적지 변화, 해충 위험 증가, 식량 가격 안정성 악화

3 2~4차 산업 영향

앞서 알아본 기후변화로 인한 기상현상의 변화, 생태계 변화, 환경오염 영향, 에너지 수요 및 공급에 미치는 영향, 저탄소 기술/정책, 정주여건 영역에 미치는 영향, 건강영향은 종합적으로 2~4차 산업 활동에 영향을 줄 수 있다. 그러나 기후변화가 2~4차 산업 활동에 미치는 영향은 여러 단계에 걸쳐서 나타나는 현상인 경우가 많아 그러한 상관관계를 찾을 수 있는 국내외 연구 결과가 충분하지 않다. 이러한 이유로 IPCC AR에서는 2~4차 산업에서의 변화 정도에 기후변화가 어느 정도 기여하는지에 대한 정보를 명확히 제시하기보다 인과관계의 가능성 또는 개연성 정도로 기술하고 있다.

아래는 IPCC 평가보고서 1~5권(IPCC, 1990; IPCC, 1995; IPCC, 2001; IPCC,

2007; IPCC, 2014a; IPCC 2014b)과 국내 정책자료 및 연구보고서(관계부처합동, 2015; 관계부처합동, 2020; 박창석 외, 2014; 환경부, 2020)를 토대로 기후변화로 발생할 수 있는 2~4차 산업 영향을 정리한 내용이다.

- 기후변화로 인한 건강 악화는 직무 능력과 노동생산성에 부정적인 영향을 미침.
- 직무 특성상 야외근무 또는 고온 노출이 많은 직업의 여름철 노동생산성 저하
- 기후변화로 인한 질병률 증가는 의료부담과 관련한 경제적 부담과 함께 노동시간 손실 및 노동생산성 손실에서 오는 경제적 손실을 초래함.
- 기온 상승(폭염)으로 인한 간접 영향으로 전력 가격이 상승할 수 있으며 이는 다시 제조업 생산비용 증가로 이어질 수 있음.
- 극한 기상현상으로 인한 시설물 파괴 및 그로 인한 경제적 피해 증가
 - 강풍으로 인한 생산시설 피해 증가
 - 건설업 피해 증가
 - 관광자원 훼손 위험 및 그로 인한 관광객 감소
- 극한 기상현상의 빈도와 강도 증가로 공급망 또는 유통경로/시설이 붕괴되고, 이로 인해 산업 활동에 부정적인 영향을 줄 것으로 전망
 - 항만, 도로, 철도 시설 고장 및 파괴는 물자 배송에 차질을 가져오며, 운송비 증가와 함께 원자재 수급 및 제품 수출 여건에 악영향을 미칠 것으로 예상
- 기후변화와 관련한 환경규제가 강화됨에 따라 생산원가 증가가 예상되며, 단기적으로 산업경쟁력 저하로 이어질 수 있음.
 - 온실가스를 다량으로 배출하는 국내 제조업이 강화된 규제의 영향을 특히 크게 받을 것으로 전망
 - 이에 따라 관련 산업 일자리/소득 감소, 물가상승이 예상됨.
- 극한 기상현상 및 이상기후에 적응하기 위한 시설보수 비용, 생산시설 보호에 필요한 에너지 비용 증가 예상
- 가뭄으로 인한 공업용수 및 발전용수 부족은 에너지 공급, 수자원 공급 등 공공서비스 중단 위험성을 증가시키고 제품가격 상승에 영향을 미칠 수 있음.

- 기후변화로 인한 소비자 소비패턴 변화
- 온실가스 배출 저감 목표가 상향조정되면서 관련 온실가스 감축 기술, 에너지 효율 향상 기술개발이 촉진될 것으로 예상
- 환경오염이 심화됨에 따라 관련 피해 예방 및 저감을 위한 사회 규범/규제가 강화되는 경향이 이어질 수 있으며 이는 산업계의 생산활동에 제약조건으로 작용할 수 있음.
- 기후변화 관련 산업(기후, 기상, 환경 관련)이 성장할 것으로 예상
- 기온 상승은 동계 관광산업(예: 스키) 운영에 부정적인 영향을 줄 수 있음.
- 반면에 하계 관광산업(예: 수상스포츠)은 활성화 가능
- 우리나라 강수량은 홍수기에 집중되어 있으며 증발산 등으로 토양수분이 많기 때문에 가뭄 발생 시 (공업)용수 부족 문제가 심화될 수 있음.
- 이상기후현상 심화로 인한 문화재 훼손
- 연안 침식으로 인하여 해안경관 훼손 위험 증가
- 유해/독성 해양생물(예: 해파리) 및 녹조/홍조/갈조가 출현하는 빈도가 증가함에 따라 해양관광/해양스포츠 수요 감소

기후변화가 2~4차 산업에 미치는 영향

근로자 생산성 저하, 유통시설 손상, 유통 마비, 생산시설 손상/파괴, 원자재 공급 불안정성 증가, 시설보수 및 생산시설 보호 비용 증가, 생산원가 상승, 일자리/소득 감소, 소비자 소비패턴 변화, 발전 용수공급용수 부족, 공공서비스 중단, 사회 규범/규제 강화, 개발 관련 규제 강화, 온실가스 감축 기술 및 에너지 효율 향상 기술개발 촉진, 기후변화 관련 산업 성장, 관광자원 훼손, 관광 수요 감소, 동계 관광산업에 부정적 영향, 하계 관광산업 활성화, 전력 다소비 시설 생산 제한, 제품가격 상승, 해양스포츠 수요 감소, 문화재 유산/자산 피해

4 정치·외교·통상

기후변화에 의한 극한 기후현상 및 자연재해 등은 인간의 건강, 에너지 소비량, 정주여건, 경제활동에 직접적인 영향을 미치며, 사회경제적인 여건 변화와 결합하여 제3의 영향을 만들어낸다. 국내에서는 고령화와 부의 양극화 현상과 결합하여 노인 인구와 저소득층이 기후변화 취약계층을 구성하고 있으며, 이들에 대한 적절한 복지정책이 준비되지 않는 경우 빈곤의 악순환이 되풀이되어 불평등 현상이 심화될 수 있다. 또한 기후변화가 자연자원의 희소성을 심화시키는 경우(식량 부족, 물 부족 등) 한정된 자원을 둘러싼 갈등이 발생할 수 있다. 기후변화는 국내뿐만 아니라 국제관계에까지 영향을 미칠 수 있는데, 아직까지 극히 드문 사례에서 발견할 수 있는 기후난민 또는 환경난민은 기후변화가 진행될수록 증가할 것으로 예측되며, International Organization for Migration은 2009년에 열린 UNFCCC 당사국 총회에서 기후난민이 2050년 약 10억 명에 달할 것이라는 분석 결과를 발표하였다. 이러한 이주민 이슈는 정치·외교적인 갈등의 요소가 될 수 있다. 한편, 탄소 국경세가 실질적으로 적용이 되고 국제적으로 확산이 되는 경우 온실가스 다배출 산업의 수출 경쟁력이 급격히 악화될 수 있다.

아래는 IPCC 평가보고서 1~5권(IPCC, 1990; IPCC, 1995; IPCC, 2001; IPCC, 2007; IPCC, 2014a; IPCC 2014b)에서 기후변화로 인한 정치·외교·통상 여건 변화를 정리한 내용이다.

- 극한 기상현상(예: 홍수, 가뭄)을 피하거나 자원 부족 문제를 해결하기 위한 거주지 이동 가능성을 높임. 이때 이동성의 향상은 취약성 완화에 도움이 됨.
 - 거주지 이동이 국가 간에 이루어지는 경우 이주민과 기존 거주자 그룹 간(인종 간)의 갈등 발생 가능
- 기후변화가 빈곤과 경제적인 충격으로 이어지는 경우 간접적으로 폭력적 분쟁/충돌의 원인이 될 수 있음.
- 한정된 자연자원을 둘러싼 국가 간의 분쟁(예: 물 분쟁)이 기후변화로 악화될 수 있음.
- 저출산·고령화로 인한 경제성장 둔화 및 복지비용 증가 등의 추세는 기후변화 적응에 부정적인 영향을 줄 수 있으며 취약계층(노인, 저소득(외국인 노동자 포함) 계층)의 피해가 커질 것으로 예상됨.

- 청장년층의 부담 가중으로 사회적 갈등이 심화될 수 있음.
- 가뭄 영향의 지역적·사회계층적 편차에 따라 물 부족 문제가 빈곤층에 집중될 수 있으며(불평등 문제), 그로 인한 건강상의 피해 발생 가능
- 에너지 소비 증가에 따라 빈곤층 부담 증가 및 불평등 심화
 - 에너지 빈곤 심화 및 삶의 질 저하
- 기후변화(극한 기상현상)가 교통에 미치는 영향은 운송료 증가 등의 요인으로 무역환경을 어렵게 만들며 자유무역협정에 영향을 줄 개연성이 있음.
- 탄소 국경세가 전 세계적으로 확산이 되는 경우 온실가스 다배출 국가의 수출 경쟁력이 악화될 것으로 전망

기후변화가 정치·외교·통상에 미치는 영향

(국가 간) 거주지 이동, 인종 간 갈등, 외교적 마찰, 지역 간/계층 간 공급 격차, 거주지역 이동, 이주 비용 증가, 부의 불평등 심화, 복지비용 증가, 빈곤층 생계에 영향, 사회환경 취약성 증가, 폭력적 분쟁/충돌, 무역환경에 부정적 영향, 온실가스 다배출 국가의 수출 경쟁력 악화

제3장

기후변화 국내 연구·정책 동향 분석

제1절 분석 방법

제2절 분석 대상

제3절 분석 결과

제4절 소결

본 장에서는 토픽 모델링(topic modeling)을 사용해서 논문, 보고서, 정부 정책자료, 국회의 입법예고 자료를 분석한다. 위의 문서들을 LDA(Latent Dirichlet Allocation) 방법론을 이용하여 토픽별로 분류한 후, 각 토픽이 어떠한 주제를 담고 있는지 살펴보고, 시간에 따른 토픽의 변화, 자료의 출처에 따른 토픽의 차이 등을 분석한다.

제1절 분석 방법

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

본 장에서 사용하는 토픽 모델링 방법론은 LDA(Latent Dirichlet Allocation)이다. 해당 방법론은 Blei et al.(2003)이 제안한 비지도(unsupervised) 방식의 방법론으로, 토픽 모델링 중에서 가장 단순하지만(Blei, 2012) 다양한 분야에서 광범위하게 사용되고 있다. LDA는 문서 작성 과정에 대해 다음과 같은 직관적인 아이디어를 바탕으로 한다.⁴⁾ 첫째, 각각의 문서는 다양한 토픽을 포함한다. 둘째, 각 토픽에는 특정 단어가 특정 확률로 나타난다.⁵⁾ 셋째, 토픽이 먼저 결정된 후에 이에 따라 실제 문서가 작성된다. 그런데 연구자가 직접 관찰할 수 있는 것은 문서의 작성 과정이 아니라 결과물로서의 문서, 즉 단어의 분포이다. 따라서 LDA는 이와 같은 문서 작성 과정에 대한 직관을 바탕으로 각 토픽에서 단어의 분포와 각 문서에서 토픽의 분포를 추정한다.⁶⁾

Blei et al.(2003) 이후 LDA와 관련된 다양한 방법론들이 등장하였으나 지금도 LDA가 광범위하게 사용되는 만큼 LDA를 수행하기 위한 소프트웨어도 다양하다. 본 보고서에서는 오픈소스 소프트웨어인 MALLET(McCallum, Andrew Kachites, 2002)을 파이

4) 본 보고서는 방법론 자체를 연구 대상으로 하지 않으므로 구체적인 수식은 생략하였다. LDA 모형에 대한 수학적 설명은 Blei et al.(2003), 보다 직관적인 설명은 Blei(2012)를 참조할 수 있다.

5) 단, 이 표현은 약간의 의역이 포함되었으며, Blei et al.(2003)와 Blei(2012)에서의 서술을 직역하자면 “각 토픽은 단어들의 분포로 정의된다”라고 정리할 수 있다.

6) LDA, 즉 Latent Dirichlet Allocation이라는 이름을 붙인 이유는 각 문서에서의 토픽 분포가 Dirichlet 분포를 따른다고 가정하기 때문이다(Blei, 2012).

썬(Python)의 Gensim 패키지⁷⁾를 통해 활용하였다. MALLET은 자바(Java)를 기반으로 제작된 프로그램이며, Gensim은 토픽 모델링에 광범위하게 활용되는 대표적인 파이썬(Python) 패키지의 하나이다. Gensim에서는 자체적으로 LDA를 추정하기 위한 API를 제공하는 동시에 MALLET을 지원하는 wrapper를 제공한다. MALLET에서는 LDA를 추정하기 위해 깁스 샘플링(Gibbs sampling) 방식을 사용한다.

한편, LDA는 앞서 언급한 바와 같이 비지도(unsupervised) 방식의 방법론이므로 각 문서에 포함된 토픽들의 확률을 추정하지만, 각 토픽이 어떤 주제를 담고 있는지 알려주지 않는다.⁸⁾ 이는 앞서 각주에서 언급한 바와 같이 토픽이 단어들의 분포로 정의되기 때문이다. 따라서 LDA를 추정한 후 연구자가 각 토픽에 포함된 단어의 분포나 해당 토픽이 주된 토픽이라고 볼 수 있는 문서의 내용 등을 바탕으로 각 토픽의 이름을 정해야 한다. 따라서 본 보고서에서도 LDA 모델을 추정한 후 토픽별 단어의 분포와 특정 토픽의 비중이 높은 문서의 내용을 바탕으로 토픽의 이름을 지정하였다. 편의상 이를 토픽이라는 단어와 구분하여 주제라는 단어로 표기하였다.

7) <https://radimrehurek.com/gensim/>

8) 토픽을 주제로 번역할 수도 있으나, 본 보고서에서는 편의상 LDA 모델을 추정한 후 추정 결과를 바탕으로 연구자가 지정한 이름(label)을 주제로 표기한다.

제2절 분석 대상

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

앞서 언급한 바와 같이 본 보고서에서 사용한 문서는 크게 논문, 보고서, 정부 정책자료, 국회의 입법예고 자료로 구분할 수 있다. 본 보고서의 주제가 기후변화이므로, 기후변화를 검색어로 사용하여 이들 자료를 수집하였다. 한편, 과거에는 온난화가 기후변화의 의미로 사용되기도 하였으므로 기후변화 외에 온난화 역시 검색어로 사용하였다. 검색 기간은 2000년 1월 1일부터 2020년 10월까지이다. 다만, 학술논문의 경우는 한국학술지 인용색인(이하 KCI)에서 2002년부터 검색이 되어서 2002년 이후의 논문만을 포함하였고, 부처별 보도자료는 2008년부터 이용 가능하므로 2008년 이후의 자료만을 포함하였다. 한편, 국회 입법자료의 경우에는 20대 국회가 2020년 5월 29일에 종료되었다는 점을 고려해서 20대 국회까지의 자료만을 포함하였다.

보다 구체적으로 본 보고서에서 사용한 문서는 다음과 같다. 첫째, 학술논문은 KCI 등재지에 게재된 논문의 초록(abstract)을 사용하였다. 둘째, 보고서는 연구보고서를 대상으로 하였는데, 국가정책연구포털(NKIS)⁹⁾과 사이언스온(ScienceOn)¹⁰⁾¹¹⁾에 수록된 연구보고서의 초록을 이용하였다. 사이언스온(ScienceOn)에서는 여러 종류의 자료를 제공하는데, 본 연구에서는 이 가운데 국가 R&D 연구보고서 항목으로 분류된 보고서를 사용하였다. 국가정책연구포털(NKIS)은 국무총리 산하 경제·인문사회연구회 소관 정부출연연구소에서 발행한 연구보고서의 정보를 제공하고 있으며, 사이언스온(ScienceOn)은 과학기술계 연구보고서 정보를 제공하고 있다. 다만, 사이언스온(ScienceOn)에서 제공하는 연구보고서에는 정부출연연구소뿐만 아니라 대학 및 기업에서 작성한 연구보고서 역시 포함되어 있는데, 이들 연구보고서 역시 “국가 R&D 연구보고서” 항목에 분류되어 있다는 점을 고려하여 모두 포함하였다. 셋째, 정부 정책자료는 대한민국 정책브리핑 사이트¹²⁾에서 제공하는 부처별 보도자료를 사용하였다. 마지막으로 국회 입법예고 자료는

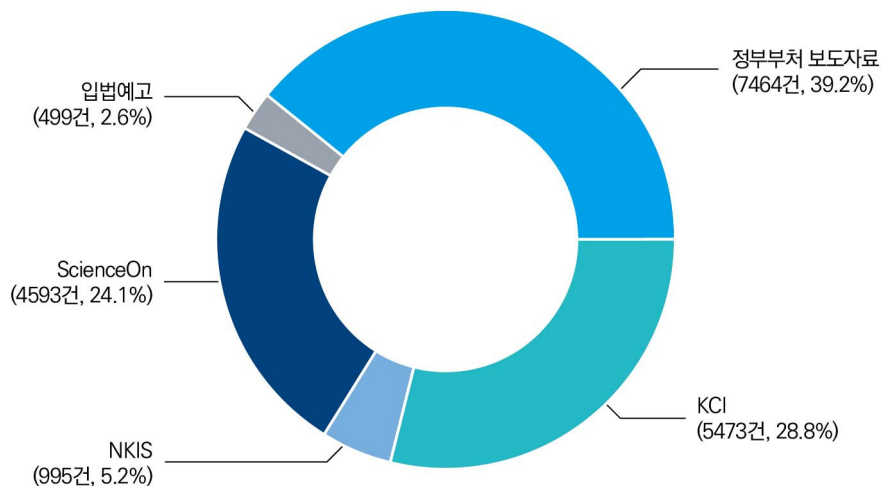
9) <https://www.nkis.re.kr>

10) <https://scienceon.kisti.re.kr>

11) 한국과학기술정보연구원에서 운영

국회사무처에서 제공하는 오픈API와 국민참여입법센터¹³⁾에서 수집하였다. 입법예고는 국회에서 심사하는 법률과 관련된 정보인데, 본 보고서에서는 입법예고 문서의 항목 중 “제안이유 및 주요내용”에 해당하는 내용을 포함하였다. 다만, 일부 입법예고 문서에는 구체적인 법률 조항(수정안)이 포함되기도 하는데 이러한 부분은 제외하였다.

이와 같은 과정을 통해 수집한 문서의 개수는 총 19,024개이다. 이 가운데 KCI 등재지에 게재된 논문은 총 5,473편, 사이언스온(ScienceOn)에서 수집한 국가 R&D 연구보고서는 총 4,593편, 국가정책연구포털(NKIS)에서 수집한 보고서는 총 995편, 부처별 보도 자료는 총 7,464편, 입법예고 자료는 총 499편이다. 이는 중복으로 게재된 보고서 및 초록(abstract)이 공개되지 않은 보고서 등을 모두 제외한 숫자이다. 각 출처별 문서의 숫자와 비율은 [그림 3-1]에 정리하였다.



[그림 3-1] 출처별 문서의 숫자와 비율

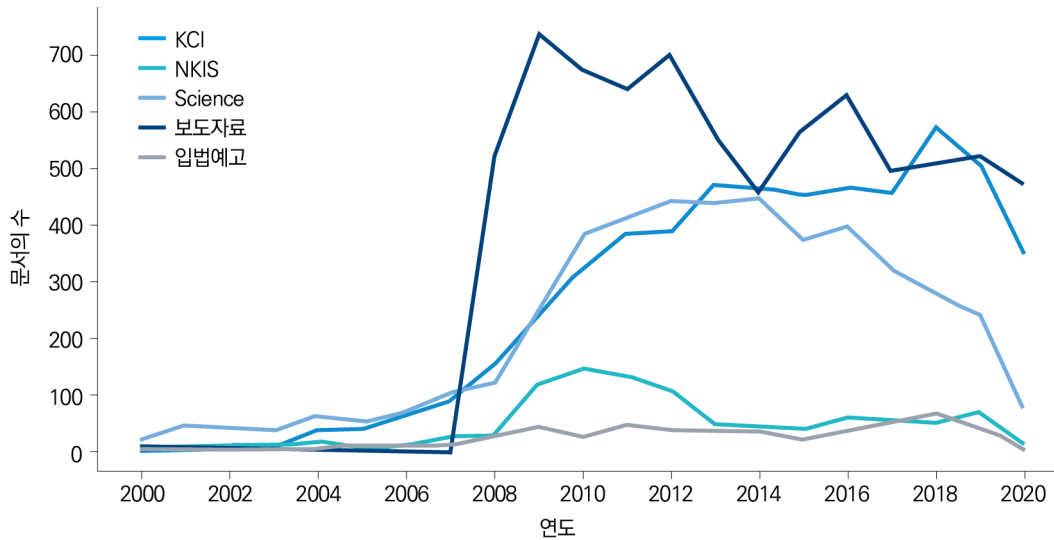
12) <https://korea.kr>

13) <https://opinion.lawmaking.go.kr>

각 출처별 문서의 수는 [그림 3-2]에 나타난 바와 같다. 2008년에 관련 자료의 수가 급격히 증가하고 있는 것을 볼 수 있다. 다만, 이러한 현상은 [그림 3-3]에서 알 수 있듯이 정부 부처별 보도자료를 2008년부터 이용할 수 있고, 2000년대 후반과 2010년대 초반에 부처별 보도자료의 수가 매우 많기 때문이다. 그러나 이러한 점을 고려한다고 하더라도 2000년대 후반부터 전반적으로 기후변화와 관련된 자료의 수가 상당히 증가한다는 것을 확인할 수 있다. 한편, KCI 등재지 게재 논문을 제외하면 2010년대 후반에는 이전보다 기후변화 관련 자료의 수가 소폭 감소하는 것을 볼 수 있다. 이러한 경향성은 2008~2012년도 국정전략으로 '저탄소 녹색 성장'을 추진함에 따라 해당 시기에 기후변화 관련 연구 및 정책이 크게 증가하여 나타났을 가능성이 있다. 반면, 기후변화 대응과 관련해 전 세계적으로 중요한 이벤트였던 파리협약(2015년) 전후에는 국내 연구 및 정책 문건 발생 건수에 눈에 띄는 변화가 나타나지 않는다. 한편, 2020년의 경우, 10월까지의 자료를 수집하였기 때문에 다른 연도보다 문서의 수가 적게 나타난다. 또한, 자료가 홈페이지에 늦게 등록될 가능성도 있으므로 이러한 점에도 유의하여야 한다.



[그림 3-2] 연도별 문서의 수

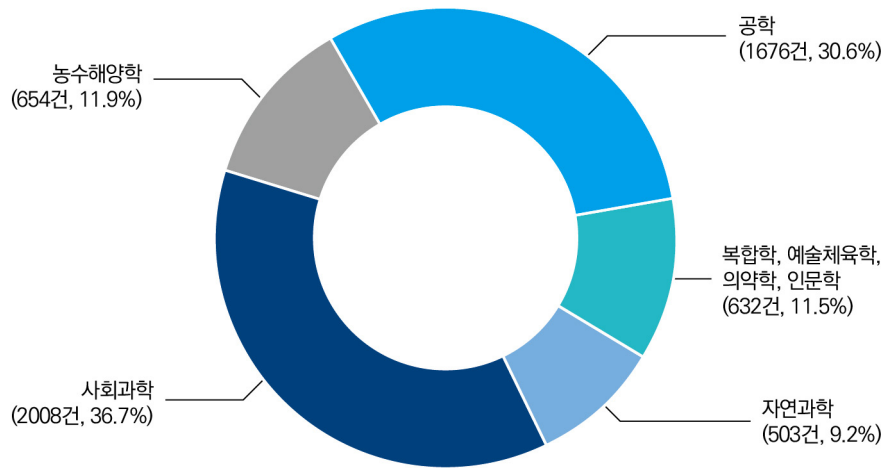


[그림 3-3] 연도별/출처별 문서의 수

출처별 연구 분야를 살펴보면, 국가정보연구센터(NKIS)에서 제공하는 연구보고서는 대부분 사회과학 분야 연구에 해당하고, 사이언스온(ScienceOn)에서 제공하는 연구보고서는 대부분 자연과학 분야 연구에 해당한다. 반면, KCI 등재 학술지에 게재된 논문은 다양한 분야에 걸쳐 있다. KCI에서 검색한 논문을 분야에 따라 분류한 결과는 [그림 3-4]에 정리하였다. 분야는 논문이 게재된 학술지를 기준으로 분류하였다.¹⁴⁾ 이론의 여지는 있으나, [그림 3-4]에서 농수해양학, 공학, 자연과학을 과학기술계로 묶는다면 과학기술계 논문이 약 51.8%를 차지하고,¹⁵⁾ 사회과학 계열의 논문이 약 36.7%를 차지한다. 그리고 복합학, 예술체육학, 의약학, 인문학 계열의 논문의 전체의 약 11.5%를 차지한다.

14) 대분류 기준

15) 소수점 둘째 자리에서 반올림



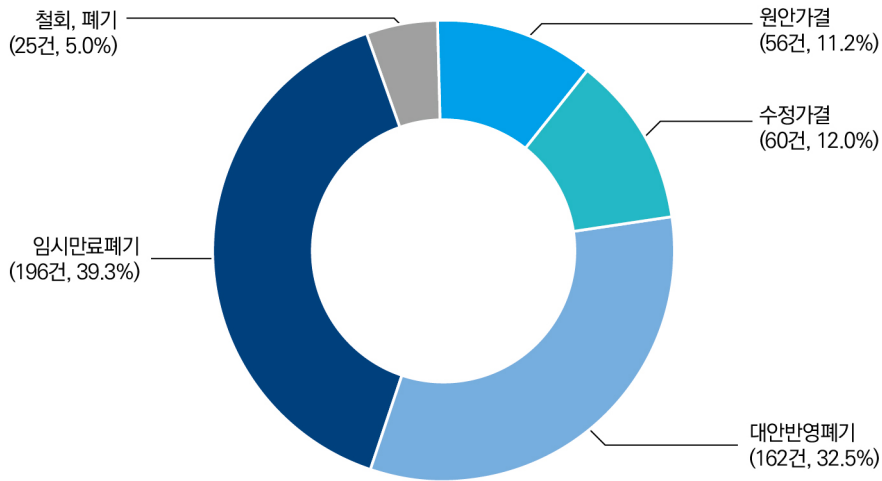
[그림 3-4] 분야별 KCI 논문

정부 부처의 보도자료에서 각 부처가 차지하는 비율은 [표 3-1]에 정리되어 있다. [표 3-1]에서는 보도자료의 수가 100개 이상인 부처의 보도자료 개수만을 정리하였다. 부처 별로 보면 환경부의 보도자료가 1,527건(20.5%)으로 가장 높은 비중을 차지하고, 산림청 보도자료(1,033건, 13.8%), 농촌진흥청 보도자료(713, 9.6%)가 뒤를 잇는다. 다만, 정부 부처의 업무와 명칭이 그동안 계속 바뀌어왔음에 유의할 필요가 있다. 예를 들어, 농림수산물식품부는 2013년에 농림축산식품부와 해양수산부로 나누어지면서 폐지되었다. 그런데 해양수산부는 기존 농림수산물식품부의 업무 일부뿐만 아니라 역시 2013년 폐지된 국토해양부의 업무 일부도 담당하고 있다. 국토해양부의 업무 일부는 국토교통부로 이관되었다. 만일 정부 부처의 담당 업무는 그대로인 상태에서 명칭만 바뀌었다면 현재의 이름을 기준으로 자료를 정리할 수 있겠지만, 정부 부처가 폐지될 때 담당하던 업무가 여러 부처로 나뉘어서 이관됨에 따라 이러한 방식의 분류가 어려워졌다. 따라서 부처별 보도자료를 재분류하는 대신 보도자료를 배포할 당시의 명칭을 기준으로 단순 정리하고, 폐지된 부처는 부처명 옆에 폐지된 날짜를 표기하였다.

[표 3-1] 부처별 보도자료의 수

부처명	보도자료의 수	비율(%)
환경부	1,527	20.5
산림청	1,033	13.8
농촌진흥청	713	9.6
외교부	545	7.3
기상청	508	6.8
국토해양부(~13.3.23)	301	4
소방방재청(~14.11.19)	231	3.1
외교통상부(~13.3.23)	227	3
해양수산부	221	3
국토교통부	208	2.8
농림수산식품부(~13.3.23)	178	2.4
산업통상자원부	168	2.3
기획재정부	165	2.2
미래창조과학부(~17.7.26)	151	2
농림축산식품부	150	2
보건복지부	127	1.7
교육과학기술부(~13.3.23)	118	1.6
지식경제부(~13.3.23)	115	1.5
과학기술정보통신부	112	1.5
기타	666	8.9
전체	7,464	100

한편, 입법예고 자료는 가결된 자료와 폐기된 자료를 모두 포함하는데, 임기만료폐기는 196건, 대안반영폐기는 162건, 수정가결은 60건, 원안가결은 56건, 폐기는 19건, 철회는 6건이다. 통과되지 않은 법안이라고 하더라도 기후변화와 관련된 논의를 담고 있으므로 분석에 포함하였다. 대안반영폐기, 수정가결, 원안가결된 법률안의 내용은 통과된 법률안에 반영되어 있다고 본다면 법률에 반영된 법률안의 개수는 278건, 법률에 반영되지 않은 법률안의 개수는 221건이다. 다만, 임기만료폐기된 법안이 다음 국회에서 다시 발의되는 경우를 고려한다면 이와 같은 해석은 다소 성급하다고 볼 수도 있으므로 주의가 필요하다. 위의 논의는 [그림 3-5]에 정리하였다.



[그림 3-5] 법률안 처리 결과

법안 발의의 주체는 크게 국회의원, 상임위원회 위원장, 그리고 정부로 구분할 수 있다. 전체 499건의 입법예고 중 국회의원발의 법률안은 411건으로 전체의 82.4%, 상임위원회 위원장이 발의한 법률안은 48건으로 전체의 9.6%, 정부가 발의한 법률안은 40건으로 전체의 8.0%를 차지한다. 상임위원회 위원장이 발의한 법률안 48건 중 철회 1건을 제외한 47건이 원안가결(46건)되거나 수정가결(1건)되어 매우 높은 통과율을 보이는데, 이는 상임위원회에서 유사한 복수의 법률안들을 위원회의 대안으로 대체하여 제출하기 때문으로 볼 수 있다.¹⁶⁾ 한편, 정부 법률안 역시 40건 중 임기만료폐기 6건을 제외한 34건이 원안가결(1건), 수정가결(15건), 또는 대안반영폐기(18건)되어 높은 확률로 법률안에 반영되는 양상을 보였다.

16) 국회법 제51조 제1항에 따르면 위원회는 그 소관에 속하는 사항에 관하여 법률안과 그 밖의 의안을 제출할 수 있다. 그리고 제2항에서는 제1항의 의안은 위원장이 제안자가 된다고 명시하고 있다(출처: <https://www.law.go.kr>).

제3절 분석 결과

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

1 토픽별 키워드

LDA 분석은 텍스트 자료에서 명사를 추출하여 진행하였다. 명사의 추출은 파이썬(Python)의 한국어 자연어 처리 패키지인 KoNLPy(박은정·조성준, 2014)에 포함된 한국어 형태소 분석기 Mecab을 이용하였다.¹⁷⁾ 또한, 연구를 위해 수집한 문서 자료에는 형태소 분석기에 포함되지 않은 명사들이 다수 존재하므로 이러한 단어를 분석에 포함하기 위해 별도의 사용자 사전을 만들어서 사용하였다.¹⁸⁾ 또한, 두 개 이상의 명사가 결합하여 하나의 의미를 나타내기도 하므로 바이그램(bigram)과 트라이그램(trigram)을 구성하여 포함하였다.¹⁹⁾

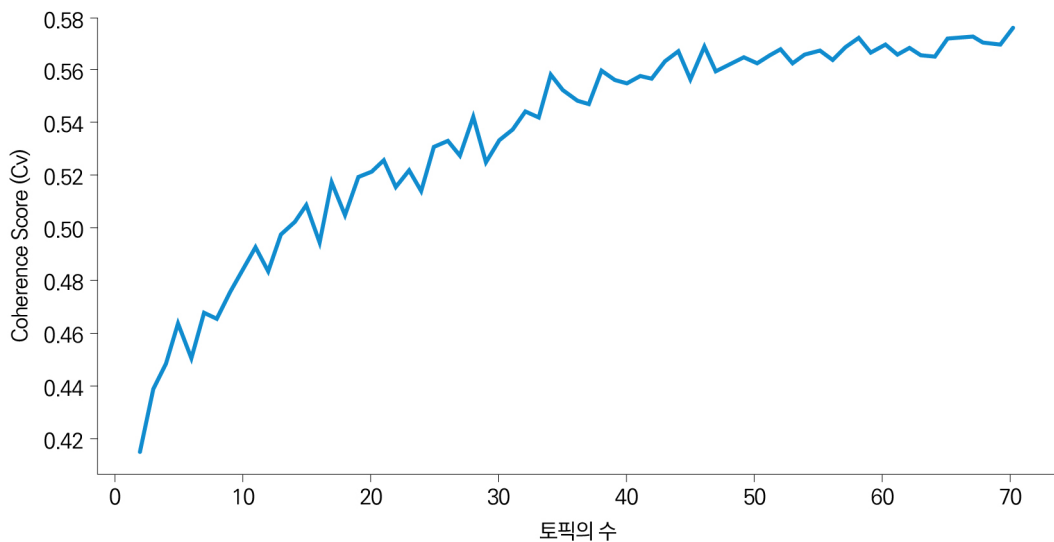
한편, LDA 분석을 위해서는 연구자가 직접 토픽의 개수를 지정해야 한다. 토픽의 수에 따라 문서의 분류 결과가 달라지는데, 아쉽게도 LDA 분석에서 토픽의 수를 어떻게 정해야 하는지에 대한 뚜렷한 기준은 없다. 다만, 일반적으로 coherence score가 좋은 참고치가 되는 것으로 알려져 있다. 직관적으로 볼 때 coherence score는 토픽에 포함된 단어들이 서로 얼마나 밀접한지를 나타낸다. 이에 따라 본 보고서에서는 토픽의 수를 결정하기 전에 토픽의 수를 2개부터 70개까지 증가시키면서 coherence score를 계산하여

17) KoNLPy에 포함된 한글 형태소 분석기는 Hannanum, Kkma, Komoran, Okt, Mecab이다. 각 형태소 분석기마다 장단점이 있으므로 어느 형태소 분석기가 가장 우월한지 판단하기는 어렵다. 다만, Mecab의 경우에는 속도 면에서 매우 큰 강점이 있으며, 분석 성능 또한 우수하다고 알려져 있다.

18) 다만, 사용자 사전을 추가하더라도 형태소 분석기는 여전히 일부 단어에 대해서는 사람이 인식하는 것과 다르게 분석을 한다. Mecab의 경우 사용자 사전 구축 후 단어의 가중치 조정을 통해 이러한 문제점을 일부 해결할 수 있으나 완전하지는 않다.

19) 바이그램(bigram)과 트라이그램(trigram)을 포함함으로써 얻을 수 있는 부수적인 효과의 하나는 복합명사의 인식이다. 예를 들어, “기술개발”이라는 단어는 “기술”과 “개발”이 결합한 형태이다. 만일, 형태소 분석기가 이를 하나의 명사로 인식한다면 별다른 문제가 없으나, 형태소 분석기가 이를 “기술”과 “개발”로 분리하여 인식한다면 “기술개발”이라는 단어는 분석에 사용되지 않는다. 실제로 Mecab은 “기술개발”을 “기술”과 “개발”이라는 두 개의 명사로 인식한다. 물론, 연구자가 이러한 단어를 모두 사용자 사전에 추가함으로써 문제를 해결하는 방법도 있지만, 모든 단어에 대해서 이러한 작업을 수행하기는 현실적으로 매우 어렵다. 따라서 바이그램(bigram)과 트라이그램(trigram)을 통해 이러한 복합명사가 분석에 포함되도록 할 수 있다. 앞서 예로 든 “기술개발”의 경우에는 “기술_개발”의 형태로 분석에 포함된다.

토픽의 수를 결정하는 데에 참고하였다. Coherence score의 계산은 Röder, Both, and Hinneburg(2015)가 제안한 방법(C_V 로 표기)을 사용하였다. 토픽의 수에 따른 coherence score의 변화는 [그림 3-6]에 나타나 있다. [그림 3-6]을 살펴보면 변동은 있으나 대체로 토픽의 수가 증가함에 따라 coherence score가 증가함을 확인할 수 있다. 그러나 토픽의 수가 40개를 넘어가면 토픽의 수가 증가하여도 coherence score에 큰 변화가 없다.



[그림 3-6] 토픽의 수에 따른 coherence score (C_V)

앞서 서술한 바와 같이 coherence score가 토픽의 수를 결정하는 확실한 기준은 되지 못한다. 따라서 본 보고서에서는 먼저 coherence score가 높은 토픽의 수 몇몇을 후보 군으로 하여 이를 바탕으로 각각 토픽 분류를 시행한 후 이들을 서로 비교하였다. 그 결과 토픽의 숫자가 44개일 때 토픽이 가장 잘 분류된다고 판단하여 아래에서는 토픽의 숫자가 44개인 경우의 결과를 보고한다. 토픽의 수가 44개일 때의 coherence score는 약 0.57이다. 이후에는 토픽별로 등장 확률이 높은 단어, relevance(Sievert and Shirley, 2014)에 따른 주요 단어²⁰⁾, 토픽과 밀접한 관련이 있는 문서의 내용을 검토하여 토픽의

20) Relevance를 반영한 주요 키워드는 후술할 pyLDAvis 패키지를 통해 손쉽게 살펴볼 수 있다.

주제를 정하고 이름을 부여하였다.²¹⁾ 다만, 일부 토픽은 기후변화라는 주제와 특별한 연관이 없어 분석이 필요하다고 생각되지 않아 주제를 정하지 않았다.²²⁾ 토픽별 주요 단어는 [표 3-2]에 워드 클라우드로 나타내었다. 주요 단어를 나열하는 대신 워드 클라우드를 사용한 이유는 워드 클라우드가 토픽 내에서 주요 단어의 비중(출현 확률)을 자연스럽게 반영하여 주제를 직관적으로 인식할 수 있기 때문이다.

다만, 일부 토픽은 워드 클라우드와 연구자가 설정한 주제 간에 차이가 보인다. 이는 앞서 서술한 바와 같이 토픽별 등장 확률이 높은 단어뿐만 아니라, relevance, 토픽과 밀접한 관련이 있는 문서를 검토하였기 때문이다. Relevance는 해당 토픽 내 단어의 출현 확률²³⁾과 향상도(lift)²⁴⁾에 로그를 취한 값의 가중평균이다. 가중치(원논문에서는 λ 로 표기)는 0에서 1 사이의 값을 갖는데, 가중치가 1에 가까울수록 토픽 내 단어의 출현 확률에 가깝고, 가중치가 0에 가까울수록 다른 토픽과는 구별되는 단어 위주로 정리가 된다. 토픽 모델링 결과를 시각화해주는 대표적인 패키지인 pyLDAvis를 사용하면 연구자가 가중치를 0에서 1까지 조정하면서 주요 단어를 살펴볼 수 있다. 따라서 각 토픽의 주제를 알아내는 데에 매우 유용하지만, 지면 관계상 보고서에는 수록하지 못하고, 연구자가 주제를 찾기 위해 활용하였다. 토픽과 관련성이 높은 문서 역시 주요 단어들이 어떠한 맥락에서 나타나는지 파악하는 데 큰 도움이 된다. 다만, 역시 지면 관계상 보고서에는 수록하지 못하였고, 주제를 찾아내는 과정에서 활용하였다. 일부 토픽에서 워드 클라우드와 주제 사이에 차이가 발생하는 것은 이러한 이유 때문이다.

21) 앞서 언급한 바와 같이 LDA 모형에서는 하나의 문서에 여러 가지 토픽이 포함되어 있다고 가정한다. 따라서 LDA 모형을 추정하면 문서별로 가장 높은 비중을 차지하는 토픽이 무엇인지 알 수 있다. 이를 토픽 중심으로 살펴보면 토픽별로 해당 토픽을 가장 많이 포함하고 있는 문서들을 가려낼 수 있다.

22) 이러한 상황이 발생하는 이유는 검색할 때 키워드가 포함되어 있지만 전반적인 내용은 별다른 관련성이 없는 문서들도 검색되기 때문이다.

23) 보다 수학적으로 표기하자면 토픽에 대한 단어의 조건부 확률이다.

24) 향상도는 토픽 내 단어의 출현 확률(조건부 확률)을 전체 말뭉치(corpus)에서 해당 단어가 출현할 확률로 나누어준 값이다. 따라서 어떤 단어가 토픽 내 출현 확률이 크다고 하더라도 전체 문서에 자주 등장한다면 향상도(lift)는 작아진다. 반대로 전체 문서에 자주 등장하지 않는 단어는 상대적으로 향상도(lift)의 값이 커진다. 이는 TF-IDF의 원리와의 유사하다고 볼 수 있다.

[표 3-2] 토픽별 워드 클라우드

토픽 1: 온실가스 감축 	토픽 2: 법·제도 
토픽 3: 사업·과제 평가 	토픽 4: 기후협약 
토픽 5: 정보시스템 	토픽 6: 저탄소 기술 
토픽 7: 기후변화 리스크 	토픽 8 

토픽 9: 사업·과제 	토픽 10: 에너지 
토픽 11: 친환경 연료 	토픽 12: 건강 
토픽 13 	토픽 14 
토픽 15: 농업생산성 	토픽 16: 기상현상 

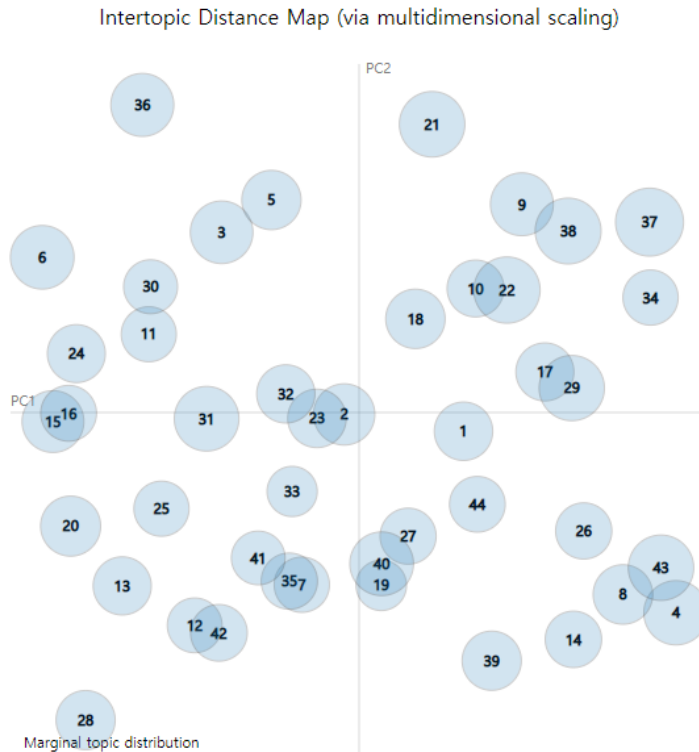
토픽 17: 산업	토픽 18: 지역관리·거버넌스
토픽 19: 산림	토픽 20
토픽 21: 기술개발	토픽 22: 기후정책
토픽 23: 도시계획	토픽 24: 미래 시나리오

[illegible]

토픽 33: 기상예보 	토픽 34: 녹색성장 
토픽 35: 재난·안전 	토픽 36: 기술 실증화 
토픽 37: 연구개발 	토픽 38: 혁신성장 
토픽 39: 홍보 및 국민참여 	토픽 40 

25) “온실가스_감축”에서 “_” 부호는 “온실가스_감축”이 “온실가스”와 “감축”이 결합한 바이그램(bigram)임을 의미한다. “온실가스” 또는 “감축”과 “온실가스 감축”은 서로 다른 의미를 전달하는데, 두 단어가 결합한 바이그램(bigram), 세 단어가 결합한 트라이그램(trigram)을 사용하는 이유는 이처럼 복수의 단어가 결합하여 개별 단어와는 다른 의미를 전달하기 때문이다.

토픽 분류 결과를 pyLDAvis 패키지를 이용하여 시각화한 결과는 [그림 3-7]과 같다. [그림 3-7]에는 1번부터 44번까지의 토픽이 원으로 표시되어 있는데, 토픽의 크기(원의 크기)는 해당 토픽이 전체에서 차지하는 비중을 나타낸다. 정도의 차이는 어느 정도 있으나 토픽이 전체에서 차지하는 비중은 대체로 고르게 나타나는 것을 볼 수 있다.



[그림 3-7] 토픽의 분포 시각화(pyLDAvis)

한편, 원으로 표시된 토픽들 간의 거리는 토픽들이 얼마나 긴밀한지를 나타낸다. 모형이 인식하는 관련성과 사람이 인식하는 관련성에는 차이가 있을 수 있으므로 해석에 주의가 필요하지만, 아래의 두 가지 경우는 토픽 모델링 학습의 결과로 나타난 토픽들의 관련성과 우리가 인지하는 관련성이 상당히 유사하다. 1사분면을 살펴보면, 토픽 37(연구개발), 토픽 34(녹색성장), 토픽 38(혁신성장), 토픽 9(사업·과제), 토픽 10(에너지), 토픽 17(산업), 토픽 29(정부계획) 등이 모여 있는 것을 볼 수 있는데, 이들 토픽은 모두 저탄소 과학기술 및 관련 산업 또는 정부정책과 깊은 관련을 맺고 있다.

또한, 3사분면을 살펴보면 토픽 28(이상기온), 토픽 12(건강), 토픽 42(생태계), 토픽 41(해양), 토픽 35(재난·안전), 토픽 7(기후변화 리스크)이 가까운 거리에 모여 있는데, 이들 토픽은 기후변화로 나타난 자연환경의 변화와 이로 인한 질병 등의 2차 영향과 관련이 있다. 특히, 이들 토픽 간의 거리가 가깝다는 것은 이상기온과 같은 기후변화가 생태계의 변화를 초래하고 생태계의 변화가 질병 및 감염병의 확산으로 이어지거나, 이와 같은 기후변화가 기상이변의 원인으로 작용하여 자연재해 및 재난이 증가하는 기후변화 → 자연·사회 영향 간의 상관관계와 일맥상통한다는 점에서 시사점을 준다.

2 토픽 모델링 결과와 기후변화 영향 세부 분과 비교

아래에서는 토픽 모델링을 통해 도출한 주요 주제(토픽)를 제2장에서 논의한 기후변화 영향 세부 분과와 비교하였다. 제2장에서 논의한 바와 같이 기후변화 영향은 크게 환경, 에너지, 정주여건, 사회 분과로 나눌 수 있다. 따라서 토픽 모델링으로 도출한 주요 주제들이 위의 4가지 분류 중 어느 분류에 속하는지를 살펴본다. 일부 토픽은 복수의 분과에 포함된다.

먼저, 환경 분과는 기상변화, 생태계, 환경오염 등을 포함한다. 토픽 모델링을 통해 도출한 토픽 중 이와 관련이 깊은 토픽은 토픽 16(기상현상), 토픽 19(산림), 토픽 24(미래 시나리오), 토픽 25(수자원), 토픽 27(환경오염), 토픽 28(이상기온), 토픽 33(기상예보), 토픽 41(해양), 토픽 42(생태계)이다.

다음으로 에너지 분과는 에너지 수요 및 공급, 저탄소 기술 및 정책을 포함한다. 토픽 모델링을 통해 도출한 토픽 중 이와 관련이 깊은 토픽은 토픽 1(온실가스 감축), 토픽 6(저탄소 기술), 토픽 10(에너지), 토픽 11(친환경 연료), 토픽 30(친환경 건축)이다.

다음으로 정주여건 분야는 재난 및 안전, 도시 인프라 및 주거시설을 포함한다. 토픽 모델링을 통해 도출한 토픽 중 이와 관련이 깊은 토픽은 토픽 5(정보시스템), 토픽 7(기후변화 리스크), 토픽 18(지역관리·거버넌스), 토픽 23(도시계획), 토픽 25(수자원), 토픽 30(친환경 건축), 토픽 35(재난·안전)이다.

다음으로 사회 분야는 건강, 1차~4차 산업 영향, 정치·외교·통상 등을 포함한다. 토픽

모델링을 통해 도출한 토픽 중 이와 관련이 깊은 토픽은 토픽 2(법·제도), 토픽 4(기후협약), 토픽 12(건강), 토픽 15(농업생산성), 토픽 17(산업), 토픽 19(산림), 토픽 31(산업: 정책 영향), 토픽 32(농업), 토픽 34(녹색성장), 토픽 36(기술 실증화), 토픽 38(혁신성장)이다.

한편, 일부 토픽은 특정 분과에 포함된다고 보기는 어려우나 위의 4개 분과 모두를 어느 정도 포함하고 있다고 볼 수 있다. 토픽 3(사업·과제 평가), 토픽 9(사업·과제), 토픽 21(기술개발), 토픽 22(기후정책), 토픽 29(정부계획), 토픽 37(연구개발), 토픽 39(홍보·국민참여)가 이에 해당한다. 이들 토픽은 대체로 정부의 정책적인 요소를 담고 있기 때문에 하나의 분과가 아닌 여러 분과에 영향을 미치는 양상을 보인다.

[표 3-3] 토픽 모델링 결과와 기후변화 영향 세부 분과와의 비교

분과	세부 분과	토픽 모델링
환경	기상변화, 생태계, 환경오염	토픽 16(기상현상), 토픽 19(산림), 토픽 24(미래 시나리오), 토픽 25(수자원), 토픽 27 (환경오염), 토픽 28(이상기온), 토픽 33(기상예보), 토픽 41(해양), 토픽 42(생태계)
에너지	에너지 수요·공급, 저탄소 기술 및 정책	토픽 1(온실가스 감축), 토픽 6(저탄소 기술), 토픽 10(에너지), 토픽 11(친환경 연료), 토픽 30(친환경 건축)
정주여건	재난·안전, 도시 인프라·주거시설	토픽 5(정보시스템), 토픽 7(기후변화 리스크), 토픽 18(지역관리·거버넌스), 토픽 23(도시계획), 토픽 25(수자원), 토픽 30(친환경 건축), 토픽 35(재난·안전)
사회	건강, 1~4차 산업 영향, 정치·외교·통상	토픽 2(법·제도), 토픽 4(기후협약), 토픽 12(건강), 토픽 15(농업생산성), 토픽 17(산업), 토픽 19(산림), 토픽 31(산업: 정책 영향), 토픽 32(농업), 토픽 34 (녹색성장), 토픽 36(기술 실증화), 토픽 38(혁신성장)
기타	기타	토픽 3(사업·과제 평가), 토픽 9(사업·과제), 토픽 21(기술개발), 토픽 22(기후정책), 토픽 29(정부계획), 토픽 37(연구개발), 토픽 39(홍보·국민참여)

이상의 결과는 [표 3-3]에 정리된 바와 같다. 첫 번째 분과인 환경 분과에 포함된 토픽들은 대부분 [그림 3-7]의 3사분면 부근에 집중되어 있는 경향을 보인다. 기상변화와 관련된 토픽 16(기상현상), 토픽 24(미래 시나리오)는 매우 가까이에 위치하는데, 관측 및 자료라는 공통된 요소를 가지고 있다. 이상기온과 관련된 토픽 28은 생태계와 관련된 토픽 42와 가까운 거리에 위치한다. 환경의 변화와 관련된 토픽 19(산림), 토픽 25(수자원), 토픽 41(해양) 역시 서로 가까운 거리에 있다.

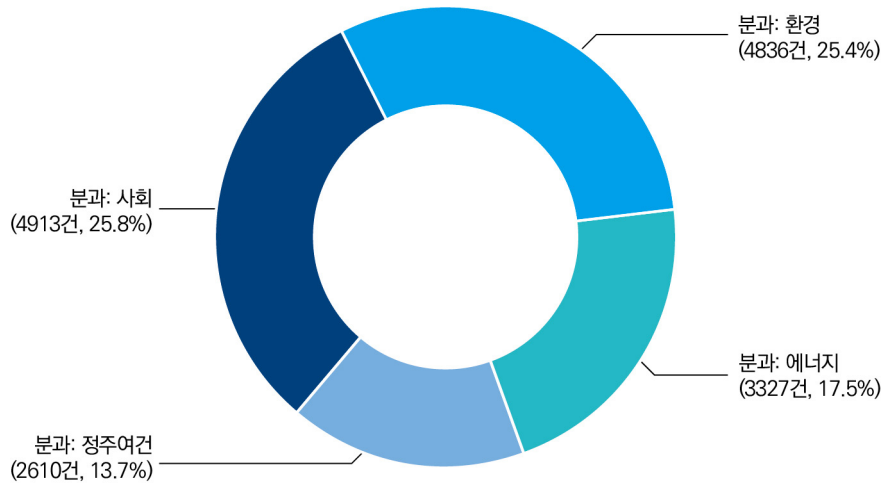
에너지 분과의 경우, 토픽 1(온실가스 감축)과 토픽 10(에너지)이 서로 가까운 위치(1사분면 부근)에 자리 잡고 있다. 이는 토픽 10(에너지)이 신재생에너지, 청정에너지, 에너지 효율 등과 관련된 키워드를 가지고 있는 것과 연관이 깊다고 볼 수 있다. 한편, 토픽 6(저탄소 기술), 토픽 11(친환경 연료), 토픽 30(친환경 건물)은 2사분면에서 서로 매우 가까운 거리에 자리 잡고 있다. 이들 토픽은 접근 방식에 약간의 차이가 있으나 탄소배출 저감이라는 공통의 목적이 있다는 점에서 밀접한 관련이 있다고 볼 수 있다.

정주여건 분과의 경우, 토픽 7(기후변화 리스크)과 토픽 35(재난·안전)가 3사분면 하단에 매우 가까이 있음을 볼 수 있다. 기후변화가 각종 재난을 초래할 것이라는 우려가 커지고 있음을 고려할 때, 두 토픽이 매우 가까이 있다는 것은 당연하다고도 할 수 있을 것이다. 한편, 토픽 18(지역관리·거버넌스), 토픽 23(도시계획)은 중앙 부근에 가까이 자리 잡고 있다.

사회 분과는 서로 차이가 많은 세부 분과들을 포함한다. 이에 따라 사회 분과에 속하는 토픽들은 지도상에 널리 흩어져 있는 경향이 있다. 그렇지만, 이 가운데에도 관련이 있는 몇몇 토픽이 가까운 거리에 있는 것을 볼 수 있다. 1사분면에 위치한 토픽 17(산업), 토픽 34(녹색성장), 토픽 38(혁신성장)은 모두 산업 및 경제 발전과 관련된 주제를 담고 있다는 공통점을 가지고 있으며, 특히 녹색 성장과 혁신 성장은 화석연료에 의존하던 과거의 경제 성장 방식에서 벗어난 환경친화적이면서 기술 중심적인 발전 전략이라고 볼 수 있다.

[그림 3-8]은 전체 자료가 기후변화 영향 분과별로 차지하는 비중을 나타낸다. LDA 모델을 추정하면 문서별로 토픽의 확률(분포)이 도출되는데, 해당 문서에서 가장 높은 확률을 갖는 토픽을 해당 문서의 토픽으로 정의하였다. 일부 토픽은 4개의 분과(환경, 에너지, 정주여건, 사회) 중 어디에도 포함되지 않고, 일부 토픽은 둘 이상의 분과에 포함되므로 [그림 3-8]에서 각 분과의 비중의 합은 100%가 되지 않는다는 점에 유의할 필요가 있다.

결과를 살펴보면, 전체 19,024개의 문서 중 25.8%에 해당하는 4,913건의 문서가 사회 분과에 포함되고, 25.4%에 해당하는 4,836건의 문서가 환경 분과에 포함된다. 이어서 전체의 17.5%인 3,327건의 문서가 에너지 분과에, 13.7%인 2,610건이 정주여건 분과에 포함된다.



[그림 3-8] 기후변화 영향 분과별 전체 분석 문건이 차지하는 비율

3 출처별 토픽의 분포

[표 3-4]~[표 3-8]에서는 출처별로 전체에서 차지하는 비중이 3% 이상인 토픽들을 내림차순으로 정리하였다. 토픽 옆에는 토픽의 번호, 주제에는 토픽의 주제를 표기하였고, 분과는 기후변화 영향 분과를 표시하였는데, 일부 주제는 복수의 분과에 속하므로 복수의 분과가 표시되었다. 다만, 토픽 모델링 결과 별도의 토픽으로 분류되었으나 기후변화와 직접적인 관련이 없다고 판단하여 주제를 정하지 않은 토픽은 목록에서 제외하였다. [그림 3-8]에서와 같이 각 문서에서 가장 높은 확률로 나타나는 토픽을 해당 문서의 토픽으로 정의하였다.

[표 3-4]~[표 3-8]을 살펴보면, KCI, 국가정책연구포털(NKIS), 사이언스온(ScienceOn)의 문서들은 전반적으로 학술적인 성격이 강하게 드러나는 양상이 보인다. KCI는 온실가

스 감축 및 자연환경 변화와 관련한 학술적 연구주제가 주를 이루었다. 이와는 달리 국가 정책연구포털(NKIS)의 보고서에서는 산업(정책 영향), 녹색성장, 기후정책, 기후변화 리스크 등 사회과학 분야 또는 정책 영역이 더욱 선명하게 드러난다. 반면, 사이언스온(ScienceOn)에서는 저탄소 기술, 기술 실증화와 같은 기술적 요소, 기상현상, 생태계와 같은 자연현상이 선명하게 드러난다. 한편, 정부 부처 보도자료에서는 기후협약, 1차 산업 영향, 홍보 및 국민참여와 같은 주제가 앞선 학술 문서와 대비된다. 그리고 입법예고 자료에서는 법·제도, 재난·안전의 비율이 상당히 높다는 것, 건강이라는 주제가 4.41%의 비중을 차지하고 있다는 점이 눈에 띈다.

[표 3-4] KCI 게재 논문의 주요 토픽

토픽	주제	분과	문서의 수	비율(%)
토픽 1	온실가스 감축	에너지	1066	19.48
토픽 24	미래 시나리오	환경	490	8.95
토픽 28	이상기온	환경	301	5.5
토픽 25	수자원	환경·정주여건	201	3.67
토픽 6	저탄소 기술	에너지	189	3.45
토픽 15	농업생산성	사회	174	3.18
토픽 41	해양	환경	169	3.09

[표 3-5] 국가정책연구포털(NKIS) 보고서의 주요 토픽

토픽	주제	분과	문서의 수	비율(%)
토픽 1	온실가스 감축	에너지	104	10.45
토픽 31	산업(정책 영향)	사회	74	7.44
토픽 34	녹색성장	사회	74	7.44
토픽 22	기후정책	기타	72	7.24
토픽 10	에너지	에너지	66	6.63
토픽 23	도시계획	정주여건	59	5.93
토픽 7	기후변화 리스크	정주여건	53	5.33
토픽 25	수자원	환경·정주여건	41	4.12
토픽 37	연구개발	기타	30	3.02

[표 3-6] 사이언스온(ScienceOn) 국가 R&D 보고서 주요 토픽

토픽	주제	분과	문서의 수	비율(%)
토픽 6	저탄소 기술	에너지	364	7.93
토픽 16	기상현상	환경	331	7.21
토픽 36	기술 실증화	사회	331	7.21
토픽 15	농업생산성	사회	316	6.88
토픽 24	미래 시나리오	환경	198	4.31
토픽 41	해양	환경	180	3.92
토픽 25	수자원	환경·정주여건	169	3.68
토픽 21	기술개발	기타	165	3.59
토픽 42	생태계	환경	157	3.42
토픽 1	온실가스 감축	에너지	148	3.22
토픽 37	연구개발	기타	141	3.07

[표 3-7] 정부 부처 보도자료 주요 토픽

토픽	주제	분과	문서의 수	비율(%)
토픽 4	기후협약	사회	604	8.09
토픽 19	산림	환경·사회	581	7.78
토픽 39	홍보 및 국민참여	기타	510	6.83
토픽 32	농업	사회	455	6.1
토픽 42	생태계	환경	354	4.74
토픽 35	재난·안전	정주여건	316	4.23
토픽 41	해양	환경	245	3.28

[표 3-8] 입법예고 주요 토픽

토픽	주제	분과	문서의 수	비율(%)
토픽 2	법·제도	사회	124	24.85
토픽 35	재난·안전	정주여건	62	12.42
토픽 10	에너지	에너지	34	6.81
토픽 11	친환경 연료	에너지	33	6.61
토픽 23	도시계획	정주여건	27	5.41
토픽 25	수자원	환경·정주여건	26	5.21
토픽 1	온실가스 감축	에너지	25	5.01
토픽 41	해양	환경	25	5.01
토픽 12	건강	사회	22	4.41

한편, 토픽 4(기후협력), 토픽 2(법·제도)는 기후변화에 대응하기 위한 제도적인 노력과 관련이 깊다. 토픽 4(기후협력)는 국제적인 제도라고 볼 수 있고, 토픽 2(법·제도)는 한국 안에서의 제도라고 볼 수 있다. [표 3-7] 정부 부처 보도자료 주요 토픽 중 토픽 4(기후협력)가 가장 높은 비중을 차지하고, [표 3-8] 입법예고 주요 토픽 중 토픽 2(법·제도)가 가장 높은 비중을 차지한다는 점에서 이들 토픽의 중요성을 알 수 있다. 이들 토픽은 제도적인 노력을 나타내므로, 해당 토픽이 어떠한 내용을 담고 있는지를 살펴보는 것도 의미가 있다.

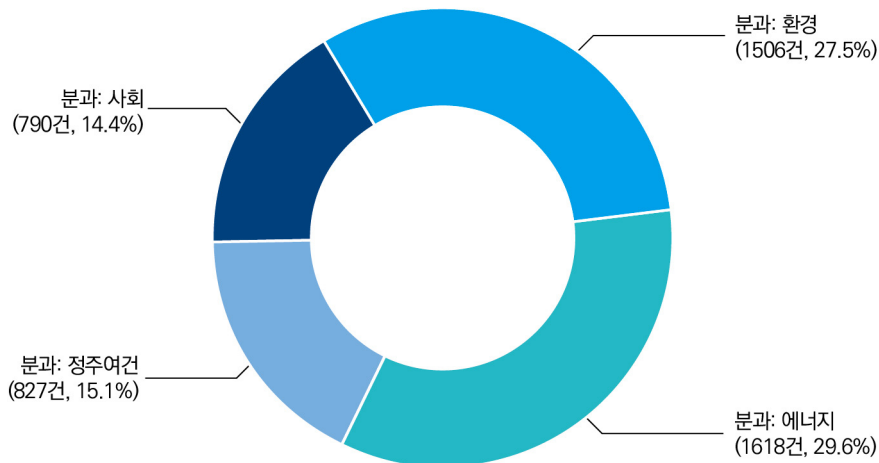
앞서 논의한 바와 같이, LDA 모델에서는 하나의 문서에 다양한 주제(토픽)가 담겨 있다고 가정한다. 따라서 본 보고서의 기준(가장 확률이 높은 토픽)에 따라 토픽 4, 또는 토픽 2로 분류된 문서에도 다른 주제(토픽)들이 포함되어 있다. 토픽 4(2)로 분류된 문서에서 그다음으로 높은 확률을 가지는 토픽을 살펴보면, 토픽 4(2)로 분류된 문서가 어떠한 내용을 담고 있는지를 유추해볼 수 있을 것이다. 다만, 본문에서는 44개의 토픽 중 기후변화와 특별한 관련이 없다고 판단되는 토픽에 대해서는 주제를 정하지 않았으므로, 이를 그대로 적용하여 토픽 4(2)로 분류된 문서에서 그다음으로 높은 확률을 가지는 토픽을 조사할 때에도 주제를 정하지 않은 토픽은 생략하였다.

토픽 4(기후협약)로 분류된 문서를 살펴보면, 전체 736개의 문서 중 94개의 문서에서 토픽 1(온실가스 감축)이 토픽 4 다음으로 높은 확률을 보였다. 다른 주제들 중에서는 토픽 19(산림), 토픽 34(녹색성장), 토픽 39(홍보 및 국민참여) 등이 각각 39개, 38개, 37개로 뒤를 이었다. 다만, 토픽 1(온실가스 감축)이 토픽 4 다음으로 높게 나타난 문서의 비중이 다른 주제들보다 상당히 높다는 점에서, 토픽 4(기후협약)로 분류된 문서들이 토픽 1(온실가스 감축) 관련 내용을 상당히 포함하고 있다고 유추할 수 있다. 기후변화와 관련된 대표적인 국제 협약으로는 1997년 제3차 유엔기후변화협약에서 체결된 교토의정서(Kyoto Protocol), 2015년 제21차 유엔기후변화협약에서 채택된 파리협정(Paris Agreement)을 들 수 있는데, 이들은 구체적인 방법의 차이는 있으나 모두 온실가스 배출을 줄이는 것을 주요 내용으로 한다. 따라서 토픽 4(기후협약)로 분류된 문서에서 토픽 1(온실가스 감축)의 확률이 높게 나타나는 것은 이러한 국제적인 기후협약과 관련된 내용이 반영된 결과라고도 볼 수 있을 것이다.

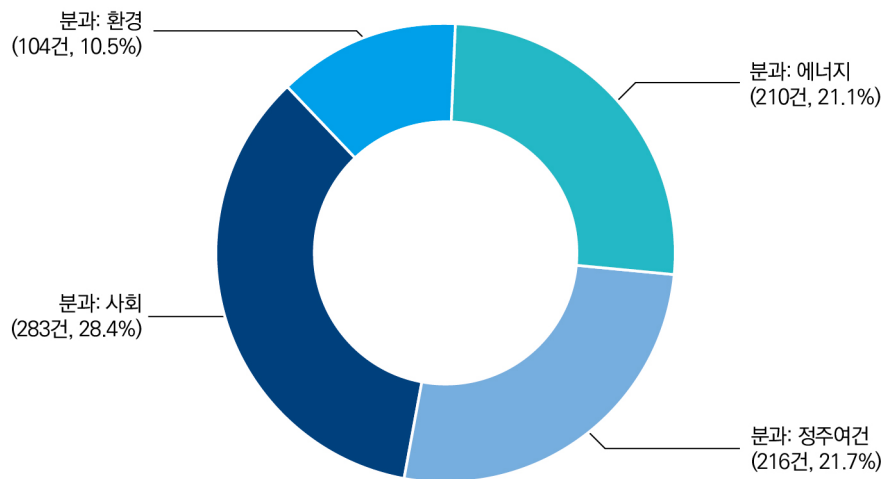
토픽 2(법·제도)로 분류된 문서를 살펴보면, 전체 442개의 문서 중 40개의 문서에서

토픽 1(온실가스 감축)이 토픽 2 다음으로 높은 확률을 보였다. 다른 주제들 가운데서는 토픽 32(농업), 토픽 10(에너지), 토픽 35(재난·안전), 토픽 41(해양), 토픽 31(산업: 정책 영향) 등이 각각 28개, 23개, 23개, 23개, 21개로 뒤를 이었다. 전반적으로 주제들이 고르게 분포되어 있는데, 이는 토픽 4(기후협약)와 비교했을 때, 국가 안에서의 제도는 더 다양한 분야를 포괄해야 하기 때문으로 볼 수 있을 것이다.

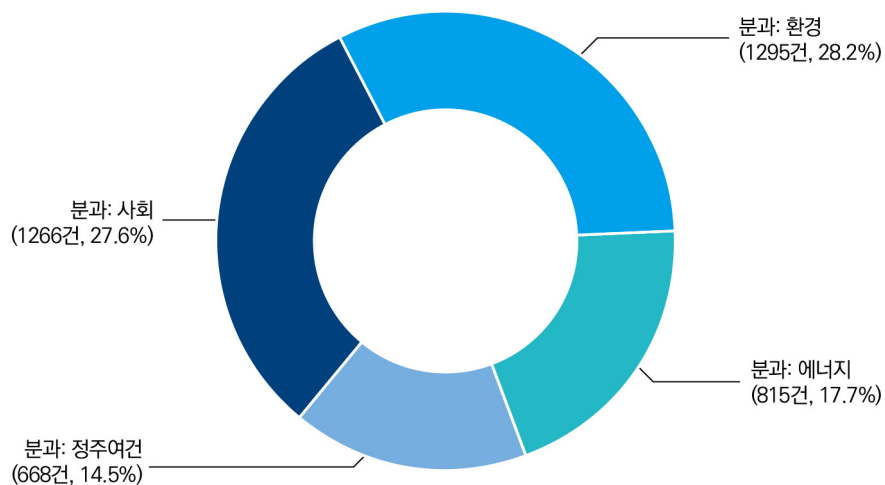
[그림 3-9]~[그림 3-13]에서는 출처별 자료의 토픽을 기후변화 영향 분과에 따라 구분해보았다. 일부 토픽은 두 개 이상의 분과에 속하지만, 일부 토픽은 어느 분과에도 속하지 않으므로 [그림 3-9]~[그림 3-13]에 나타난 각 분과의 비율의 합은 100%가 되지 않는다는 점에 유의할 필요가 있다. KCI 게재 논문에서는 환경 분과와 에너지 분과가 각각 27.5%, 29.6%로 높은 비중을 차지하지만, 정주여건 분과(15.1%)와 사회 분과(14.4%)의 비중도 낮지 않다. 국가정책연구포털(NKIS) 자료는 환경 분과의 비중이 10.5%로 다소 낮게 나타나는 반면 사회 분과의 비중이 28.4%로 다소 높게 나타난다. 사이언스온(ScienceOn)의 자료는 환경 분과(28.2%)와 사회 분과(27.6%)의 비중이 다소 높다. 이러한 양상은 정부 부처 보도자료에도 나타나는데, 보도자료에서는 에너지 분과와 정주여건 분과의 비중이 7.8%, 10.2%로 상당히 낮다. 마지막으로, 입법예고 자료는 비중이 특별히 낮은 분과는 없는데 사회 분과의 비중이 37.9%로 상당히 높게 나타난다.



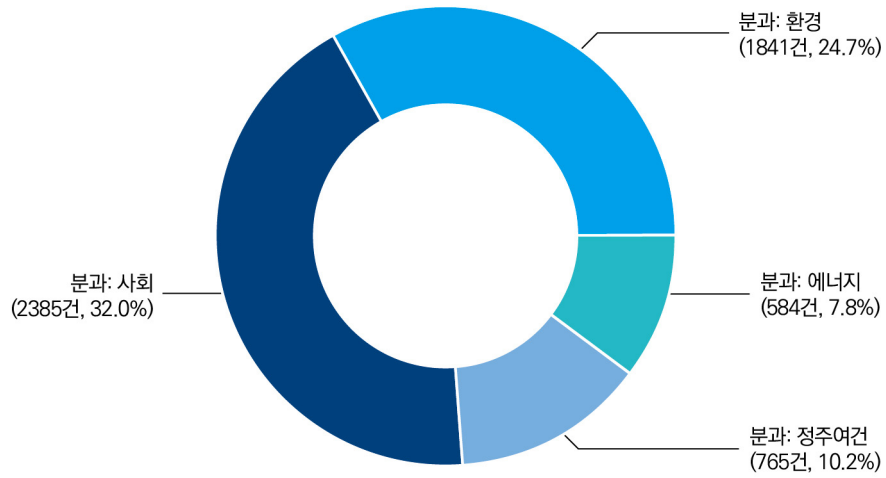
[그림 3-9] KCI 게재 논문이 기후변화 영향 분과별 차지하는 비율



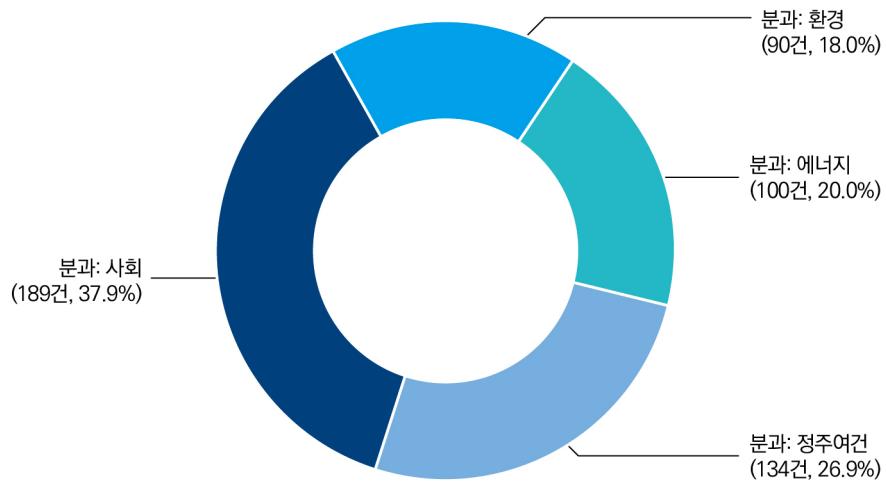
[그림 3-10] 국가정책연구포털(NKIS) 자료가 기후변화 영향 분과별 차지하는 비율



[그림 3-11] 사이언스온(ScienceOn) 자료가 기후변화 영향 분과별 차지하는 비율

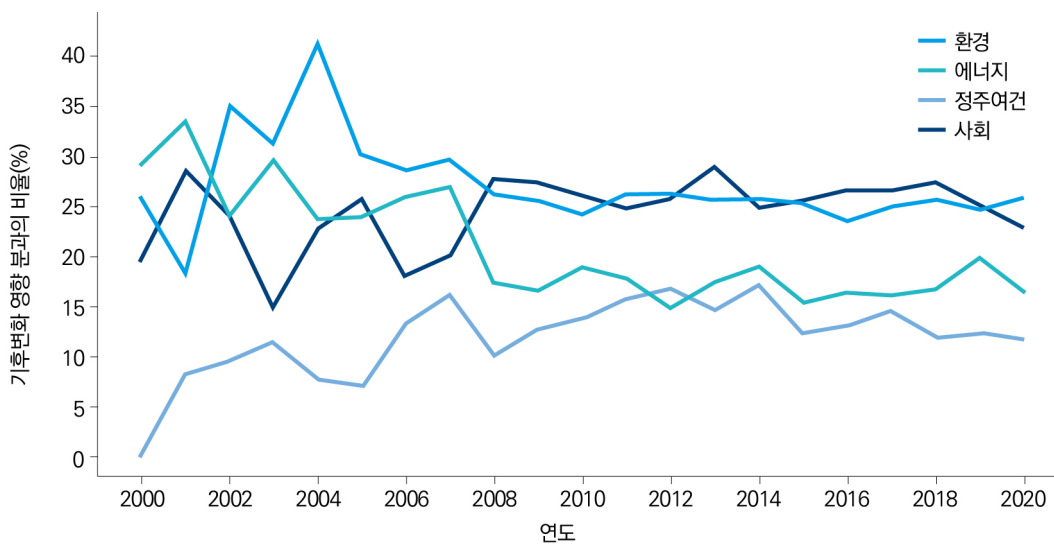


[그림 3-12] 정부 부처 보도자료가 기후변화 영향 분과별 차지하는 비율



[그림 3-13] 입법예고 자료가 기후변화 영향 분과별 차지하는 비율

[그림 3-14]에서는 시간이 흐름에 따라 국내 연구·정책 문건 비율이 기후변화 영향 분과별로 어떻게 변화하는지를 살펴보았다.²⁶⁾ 전반적으로 2008년 이전에는 분과별 비율의 변동이 크지만, 이후에는 비교적 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있다. 다만, 2008년 이전에는 [그림 3-2]에 나타나듯이 전체 문서의 수가 비교적 적으므로 큰 의미를 두기는 어렵다. 따라서 기후변화 분야에서 환경, 에너지, 정주여건, 사회 분야의 연구는 적어도 최근 10년간은 비중에 있어서 큰 변동 없이 일정하게 이루어졌다고 볼 수 있다.



[그림 3-14] 연도별 기후변화 영향 분과의 비율(%)

26) 앞선 논의에서와 마찬가지로 일부 토픽은 어느 분과에도 포함되지 않고, 일부 토픽은 둘 이상의 분과에 동시에 포함된다.

제4절

소결

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

이상에서 기후변화 영향 세부 분과 에 따라 토픽 모델링을 한 결과 도출된 주제를 분류 ([표 3-3])하였고, 연구, 행정부 정책, 입법부 정책 문건이 어떤 주제에 상대적으로 집중 되었는지를 분석하였다([표 3-4]~[표 3-8]). 본 연구가 기후변화 영향에 대한 연구·정책 대비도가 양적으로 부족한 영역을 발굴하여 해당 영역의 정책 어젠다와 보완되어야 할 연구주제를 제안하는 것을 목적으로 하므로, 본 절에서는 제2장과 제3장에서 분석한 결과 간의 간극을 분석하여 향후 논의의 영역을 제시하고자 한다. 아래 [표 3-9]는 [표 2-2]에 서 구분한 세부 분과별로 분석한 기후변화가 미래사회에 미치는 영향을 제시하고, 그와 관련된 토픽(제3장에서의 분석 결과)을 매칭하였다. 텍스트의 기계적 분석에 의한 토픽 분류 기준과 연구진이 구분한 세부 분과의 기준이 동일할 수 없으므로 일부 토픽은 복수 개의 세부 분과에 속할 수 있으며, 단일 세부 분과에 매칭된 토픽의 경우 해당 토픽에 포함된 문건의 내용이 매칭된 세부 분과와 가장 근접한 영역 안에 있음을 뜻한다.

[표 3-9] 토픽 모델링 결과와 세부 분과별 기후변화 영향과의 비교

세부 분과	기후변화 영향	토픽 모델링
기상 변화	폭염, 폭설, 폭우, 홍수, 태풍, 폭풍해일, 강풍, 이상 기상현상, 극한 기후, 기온 상승, 강수 패턴 변화(강우량 변동 폭 증가), 눈, 얼음 감소(빙하 감소), 대류권 습도 증가	토픽 16(기상현상) 토픽 24(미래 시나리오) 토픽 28(이상기온) 토픽 33(기상예보)
생태계	해수면 상승, 해수 표면 온도 상승, 하구역 생태계 및 조간대 변화·피해, 동토층 감소, 연안 침식, 연안 서식지 범람, 침수지역 증가, 염수 유입, 지반침하, 탄소 흡수원 변화, 토양 생물 활동 변화, 온실가스 배출 위험 증가, 범람원, 산림 건강성 악화, 종의 이동 및 멸종, 동물 서식지 축소, 산림 건강성/생육환경 악화, 수목 피해 증가, 산림재해 발생 증가 및 대형화, 외래종 증가, 담수 생물 개체수 감소 및 서식지 축소, 산호초 감소, 극지방 생태계 위협, 도서 생태계 변화, 습지 면적 감소/육화 및 생물상 변화	토픽 19(산림) 토픽 25(수자원) 토픽 41(해양) 토픽 42(생태계)

세부 분과	기후변화 영향	토픽 모델링
환경 오염	해양 산성화, 해수 용존산소량 감소, 연안지역 해양쓰레기 집중, 수질 악화, 식수원 오염, 비점오염원 유입, 연안/해양 부영양화, 갯녹음 현상, 대기질 악화	토픽 27(환경오염)
에너지 수요·공급	전력 수요 변화, 전력예비율 하락, 전력 생산비용 증가, 전력 공급 불안정성 증대, 발전/송배전 시설 손상, 에너지 시설 침수·손상, 발전원료 수송/보관/관리 비용 상승, 발전시설 냉각효율 저하, 발전용 냉각수 수질 악화, 에너지 생산원료 수급 지연, 에너지 믹스 변화	토픽 10(에너지) 토픽 11(친환경 연료)
저탄소 기술 및 정책	온실가스 배출, 이산화탄소 포집/저장/활용, 재생에너지, 녹색성장, 배출권거래 등에 관한 정책 강화, 온실가스 감축 기술개발 촉진, 에너지 효율 향상 기술개발 촉진	토픽 1(온실가스 감축) 토픽 10(에너지) 토픽 6(저탄소 기술) 토픽 11(친환경 연료) 토픽 30(친환경 건축)
재난·안전	하천시설 붕괴, 항만/어항 시설 피해, 수리/배수 시설물 파괴, 산사태 및 비탈면 붕괴, 지반침하, (도로, 공항, 철도 등) 교통시설 손상 및 교통사고 증가, (하수처리시설 등) 환경시설 침수, 건축물 침수, 노후 건축물 붕괴, 취약계층 피해 증가, 항만/방조제 취약성 증가, 전기/통신시설 피해 증가	토픽 5(정보시스템) 토픽 7(기후변화 리스크) 토픽 35(재난·안전)
도시 인프라·주거 시설	교통시설 기능 저하, 대중교통 수요 증가, 침수/침식 지역 토지/자산 가치 하락, 녹지 고사/한파 피해, 도시 열섬효과, 물 공급 불안정성 증가, 정수처리 비용 증가, 지하수 난개발, 비도시지역 및 빈곤층 물 부족, 건축물 손상, 배수시설 기능 저하	토픽 18 (지역관리·거버넌스) 토픽 23(도시계획) 토픽 25(수자원)
건강	온열/냉열 질환 증가, 부상/사망률 증가, 유병률 증가(심혈관 질환, 호흡기 질환, 정신질환 등), 수인성 감염병 증가, 식품 매개 감염병 증가, 매개 감염병 지역/계절 확대, 신종 병원성 미생물 출현, 인수공통 감염병 증가, 알레르기 영향 증가, 만성질환자 사망률 증가, 빈곤 지역 건강 취약성 증가, 부상 등 2차 건강 피해 증가	토픽 12(건강)
1차 산업 영향	국내 고유/특산종 멸종, 목재량/목질 저하, 나무 해충/병원균에 대한 취약성 증가, 일부 종의 생산량 증가, 수산업 생산성 저하, 수산물 급감/멸종/대량폐사, 어패류 부화율/생존율 변화, 회유성/정착성 어종 서식지 변화, 양식시설물/어선 피해 증가, 연안 공동체 붕괴, 가축 스트레스/질병/사망, 가축 사육 에너지/비용 증가, 우유 생산량 감소, 농업생산성 감소 및 품질 저하, 생산물 저장성 변화, 농작물 물가 변화, 농작물 저장시설/유통체계 변화, 농작물 재배 시기/적지 변화, 해충 위험 증가, 식량 가격 안정성 악화	토픽 15(농업생산성) 토픽 19(산림) 토픽 32(농업)

세부 분과	기후변화 영향	토픽 모델링
2~4차 산업 영향	근로자 생산성 저하, 유통시설 손상, 유통 마비, 생산시설 손상/파괴, 원자재 공급 불안정성 증가, 시설보수 및 생산시설 보호 비용 증가, 생산원가 상승, 일자리/소득 감소, 소비자 소비패턴 변화, 발전용수·공업용수 부족, 공공서비스 중단, 사회 규범/규제 강화, 개발 관련 규제 강화, 온실가스 감축 기술 및 에너지 효율 향상 기술개발 촉진, 기후변화 관련 산업 성장, 관광자원 훼손, 관광 수요 감소, 동계 관광산업에 부정적 영향, 하계 관광산업 활성화, 전력 다소비 시설 생산 제한, 제품가격 상승, 해양스포트 수요 감소, 문화재 유산/자산 피해	토픽 17(산업) 토픽 31(산업: 정책 영향) 토픽 34(녹색성장) 토픽 36(기술 실증화) 토픽 38(혁신성장)
정치·외교· 통상	(국가 간) 거주지 이동, 인종 간 갈등, 외교적 마찰, 지역 간/계층 간 공급 격차, 거주지역 이동, 이주비용 증가, 부의 불평등 심화, 복지비용 증가, 빈곤층 생계에 영향, 사회환경 취약성 증가, 폭력적 분쟁/충돌, 무역환경에 부정적 영향, 온실가스 다배출 국가의 수출 경쟁력 악화	토픽 2(법·제도) 토픽 4(기후협약)

[표 3-10]은 제3장에서 분석 대상으로 한 문서의 출처별로 자주 등장한(전체에서 차지하는 비중이 3% 이상인) 토픽을 보여준다. KCI와 사이언스온(ScienceOn)에서는 온실가스 감축, 저탄소 기술 같은 기술적 요소와 기상현상, 생태계 등의 자연환경 변화와 관련한 학술연구 주제를 폭넓게 포함하며, 국가정책연구포털 보고서는 산업(정책 영향), 녹색성장, 기후정책, 기후변화 리스크 등 사회과학 분야 또는 정책 영역의 토픽이 더욱 선명하게 드러났다. 정부 부처 보도자료에서는 기후협약, 1차 산업 영향, 홍보 및 국민참여와 같은 주제가 다수를 차지하며, 입법예고 자료에서는 법·제도, 재난·안전의 비율이 높다는 것이 특징적이다.

[표 3-10] 문서 출처별 상위 토픽

출처	상위 토픽(차지하는 비중 기준 내림차순 정리)
KCI	온실가스, 미래 시나리오, 이상기온, 수자원, 저탄소 기술, 농업생산성, 해양
국가정책연구포털(NKIS)	온실가스, 산업(정책 영향), 녹색성장, 기후정책, 에너지, 도시계획, 기후변화 리스크, 수자원, 연구개발
사이언스온(ScienceOn)	저탄소 기술, 기상현상, 기술 실증화, 농업생산성, 미래 시나리오, 해양, 수자원, 기술개발, 생태계, 온실가스, 연구개발
부처 보도자료	기후협약, 산림, 홍보 및 국민참여, 농업, 생태계, 재난·안전, 해양
입법예고	법·제도, 재난·안전, 에너지, 친환경 연료, 도시계획, 수자원, 온실가스, 해양, 건강

[표 3-9]에 정리된 기후변화 영향 중 [표 3-10]에서 상위 토픽에 포함되지 않은 기후변화 영향을 세부 분과 단위로 일차적으로 걸러 [표 3-11]에 정리하였다. 여기서 국내 연구 대비도가 낮은 기후변화 영향은 [표 3-10]에 제시된 KCI, NKIS, 사이언스온(ScienceOn)의 상위 토픽으로 존재하지 않는 세부 분과를 뜻하며, 행정부 및 입법부 정책 대응도가 낮은 기후변화 영향은 각각 부처 보도자료와 입법예고의 상위 토픽으로 존재하지 않는 세부 분과를 의미한다.

[표 3-11] 국내 연구 및 정책 대비도가 낮은 기후변화 영향(세부 분과)

분과	연구	행정부 정책	입법부 정책
환경	환경오염	기상변화, 환경오염	기상변화, 환경오염
에너지	-	에너지 수요·공급, 저탄소 기술 및 정책	-
정주여건	-	도시 인프라·주거시설	-
사회	건강, 정치·외교·통상	건강, 2~4차 산업 영향	1차 산업 영향, 2~4차 산업 영향

[표 3-11]을 해석할 때에 유의할 점은 [표 3-9]에서 확인할 수 있듯이 기후변화 영향에 대한 다양성의 정도가 세부 분과별로 동일하지 않으므로, 단순히 관련 문헌 건수가 적은 것을 세부 분과 내용에 대한 대비도가 낮다고 결론을 내릴 수는 없다. 또한 토픽의 범주가 각각의 기후변화 영향 범주에 비해 넓기 때문에 상위 토픽이 존재함에도 구체적인 기후변

화 영향에 대한 내용이 토픽에 포함되지 않았을 수 있다. 이러한 점을 감안하여 일차적으로 걸러진 기후변화 영향 대비도가 낮은 세부 분과([표 3-11])를 참고자료로 활용하였고, 최종적으로 기후변화 영향 취약 분야 선정 시에는 토픽별 주요 키워드를 통하여 세부내용을 정성적으로 파악하였다. 이때 연구와 정책(행정부 또는 입법부)에서 2회 이상 나타난 세부 분과를 중심으로 분석을 수행하였다.

환경 분과의 경우 ‘환경오염’이 모든 분석 대상(연구, 행정부 정책, 입법부 정책)에서 대비도가 낮은 것으로 나타났으나, 이는 기후변화-환경오염 간의 연결성 부족에 기인하는 것이며 환경오염 자체에 대해서는 기후변화 이외의 범주에서 연구 및 정책 비중이 높을 것으로 연구진이 판단하여 기후변화 영향 대응 취약 분야 후보에서 제외하였다. 기상현상, 기상예보 등 기상변화에 대한 대응은 정책의 영역보다 연구의 영역에서 기여할 부분이 많다고 판단하여 이 부분도 취약 분야 후보에서 제외하였다. 반면 다양한 기후변화 영향을 포함하고 있는 생태계 분과의 경우 자연환경 및 식물종에 관한 문헌자료가 상대적으로 많고 동물종의 영향에 대한 내용이 부족하며, 최근 신종 감염병의 주요 원인이 될 수 있는 야생동물 매개 감염병과 관련이 있는 ‘종의 이동’을 취약 분야로 정의하였다.

에너지 분과의 경우 세부 토픽 내용에 대응하는 기후변화 영향을 비교하였을 때 저탄소 기술, 온실가스 감축과 같은 ‘저탄소 기술 및 정책’에 치중되어 있으며 전력 수요·공급 안정성 및 안전성에 해당하는 내용이 부족하여 ‘에너지 공급 안정성’을 취약 분야로 정의하였다.

정주여건 분과의 경우 재난·안전에 관한 문헌이 양적으로 많이 존재하며 도시 인프라·주거시설 세부 분과에 속한 기후변화 영향 중 도시계획과 수자원 영역에 해당하는 내용이 눈에 띄었던 반면, 많은 사람의 일상에 영향을 주는 교통에 대한 내용이 상대적으로 부족하다고 판단하여 ‘교통시스템’을 취약 분야로 정의하였다.

마지막으로 사회 분과의 2~4차 산업 영향은 행정부와 입법부 정책에서 대응도가 낮은 영역으로 드러났으나, 에너지 분과와 내용상 높은 관련성을 가지고 있어 취약 분야 후보에서 제외하였다. 건강과 관련한 내용은 연구와 행정부 정책에서 공통적으로 대응도가 낮은 분야로 나타나 건강 전반을 아우르는 ‘보건정책’을 취약 분야로 정의하였다.

제4장

기후변화 영향 미래준비도 향상전략

제1절 종(種)의 이동

제2절 에너지 공급 안정성

제3절 교통시스템

제4절 보건정책

제3장에서 기후변화 영향 세부 분과에 따라 토픽 모델링을 한 결과 결과 도출된 주제를 분류([표 3-3])하였고, 연구, 행정부 정책, 입법부 정책 문건이 어떤 주제에 상대적으로 집중되었는지를 분석하였다([표 3-4]~[표 3-8]). 제3장 제4절 소결에서는 제2장과 제3장에서 분석한 결과 간의 간극을 분석하여 기후변화 영향에 대한 연구·정책 대비도가 양적으로 부족한 영역을 여러 단계에 거쳐서 스크리닝하였다. 이때 토픽 모델링으로 파악하기 어려운 세부 주제영역은 토픽별 키워드 및 해당 문건의 내용을 참고하였고, 그 결과 ‘양’적으로 소홀하게 다뤄진 기후변화 관련 4개의 주제영역을 아래 [표 4-1]과 같이 선정하여 관련 외부 전문가를 대상으로 세미나 및 토론을 진행하였다. 전문가 세미나 및 토론은 양적 분석에서 일차적으로 걸러진 취약 영역에서 실제로 우리 사회에서 대응이 강화되어야 할 내용이 무엇인지를 구체적으로 알아보기 위하여 기획되었다. 제4장 “기후변화 영향 미래준비도 향상전략”에서는 본 세미나의 발제 자료 및 토론 자료를 참고하여 국회미래연구원 내부 연구진이 작성하였다.

[표 4-1] 세미나 주제영역 및 관련 세부 분야

세부 분과	주제영역 (원인)	관련 세부 분야 후보
생태계	종(種)의 이동 (해수면 상승, 온난화 등)	야생동물 이동, 식량안보, 생물다양성, 세계화
에너지 수요·공급	에너지 공급 안정성 (기상재해, 법·규제 등)	에너지 인프라 안전성, 탄소세, 재생에너지 기술, 에너지 복지, 기후정의, 무역환경
도시 인프라·주거시설	교통시스템 (기상재해, 폭염·한파 등)	교통정책, 인프라 관리, 대중교통, 도시계획, 물류, 수송 기술
건강	보건정책 (전염병, 폭염·한파 등)	노동생산성, 보건·복지, 공중보건, 의료(※전염성 질환), 정치, 산업 등

제 1절 종(種)의 이동

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

기후변화는 식물과 동물 모두의 서식지 변화를 가져왔다. 지구온난화 영향으로 식물이 자라는 온도 분포가 변하였고, 이에 따라 기존의 식생대에 변화가 왔다. 한편 기후변화에 의한 생태계 및 생물다양성 변화가 동물의 먹이사슬에 영향을 주고, 이에 따라 동물의 서식지 이동도 일어난다. 여기에 인간에 의한 토지 개발 및 도시화 영향으로 식물과 동물의 서식지에 큰 변화가 일어났다. 여기에서는 이와 같은 기후변화와 도시화가 결합되어 동식물종의 서식지 변화에 어떤 영향을 미쳤는지 그 현황 및 대응방안에 대하여 논하고자 한다.

1 기후변화 영향 및 대응 현황

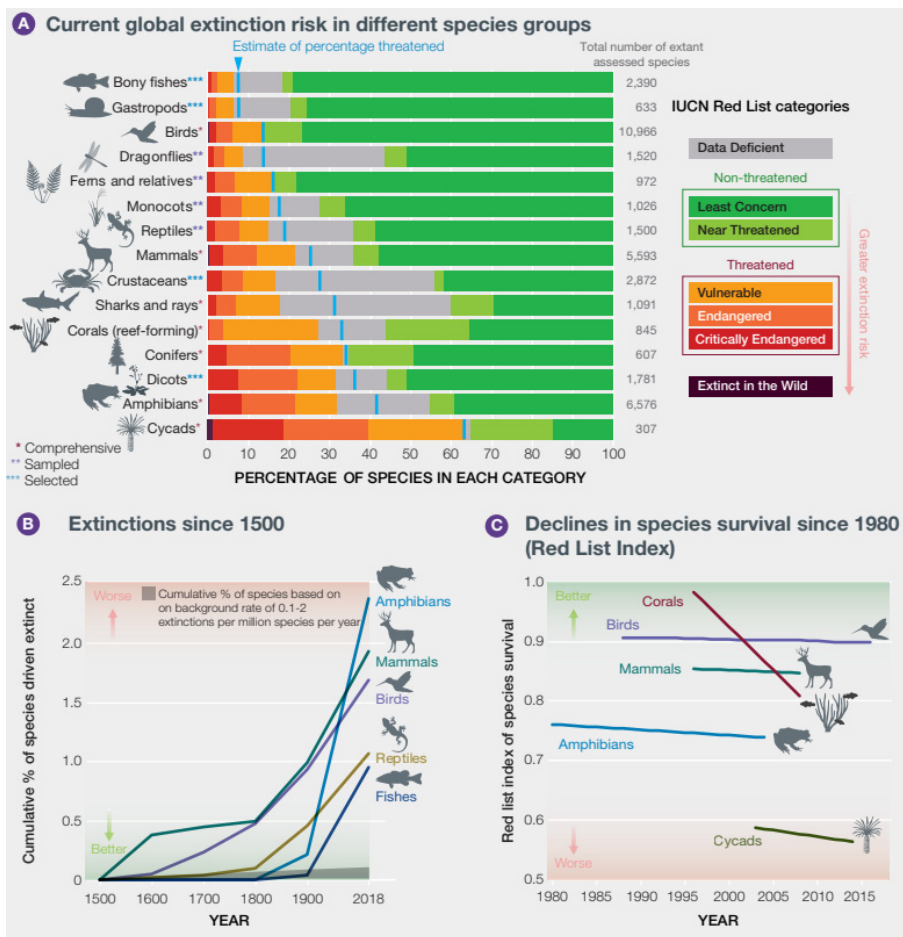
기후변화가 생물다양성에 미치는 영향은 오래전부터 문제로 제기되어 기후변화-생태계 간의 상호작용에 대한 연구는 많이 진행된 바 있다. 최근에는 코로나19 문제를 마주하면서 생물다양성 문제가 인간의 생활 영역에까지 영향 범위를 넓힐 수 있다는 사실을 인지하기 시작하였다. 즉 생물다양성 감소 또는 생태계 파괴가 인간의 건강에 부정적 영향을 줄 수 있다는 측면에서 기후변화가 생태계에 미치는 영향에 대하여 전과 다른 관점과 집중도로 바라보게 되었다.

생물다양성협약(Convention on Biological Diversity)과 국내 제도에서 생물다양성은 생물체의 유전적 다양성, 동식물종의 다양성, 생태계 다양성으로 구성된 개념을 사용하고 있으며, 이는 개체의 다양성뿐만 아니라 그것이 가져다주는 생태계 서비스²⁷⁾(공급 서비스, 문화 서비스, 지원 서비스)까지 확장된다.

생물다양성과학기구(IPBES, 2019)의 평가보고서에서는 전체 포유류 중 인간과 인간을 위한 가축을 제외한 야생동물은 3%만 남아있는 상황이며, 현재 800만 종의 동식물 중 100

27) 2015년 생물다양성과학기구(IPBES)는 생태계 서비스(ecosystem service)와 밀접하게 관련이 있는 개념으로 자연의 인간에 대한 혜택(Nature's Benefits to People)을 도입하였으며(Díaz et al., 2015), 이는 2017년 자연의 인간에 대한 기여(Natures Contributions to People, NCPs)로 수정되어 자연이 인간에 미치는 영향의 범위를 확장하여 인식하도록 함.

만 종이 멸종 위기에 처해 있다고 밝혔다. 특히 산호초의 감소 속도가 가장 빠르게 진행되고 있으며 세계자연기금(World Wildlife Funds)의 지구생명지표(Living Planet Index) 분석 결과에 따르면 2016년까지 척추동물이 1970년 대비 68%(WWF, 2020) 감소할 것으로 예상된다. 이와 같은 생물다양성 감소는 인간의 개발 및 재해로 인한 산림 감소(매년 650만ha)와 습지 손실(1700년대 대비 83% 이상) 등 서식지 파괴 외에 기후변화, 오염, 남획, 침입외래종 영향이 원인으로 꼽히고 있다. 여기서 기후변화는 오염 또는 침입외래종 증가 등과 같은 요인을 초래하는 동인이 되기도 하여 중요한 변수로 작용하고 있다.

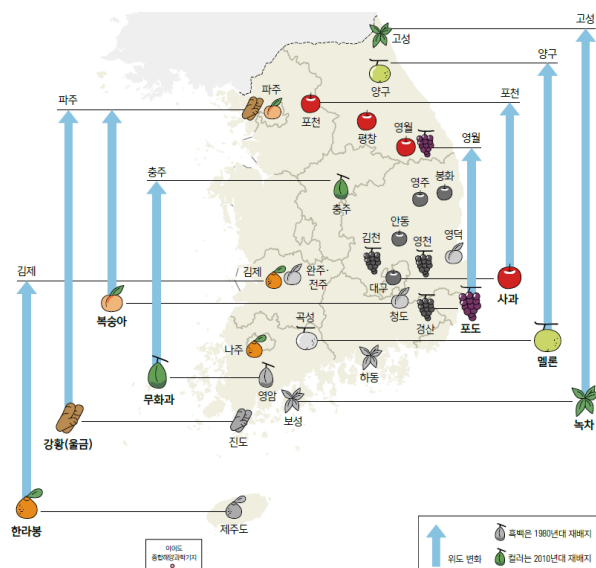


[그림 4-1] 생물다양성 감소 현황

출처: IPBES(2019), Global assessment report on biodiversity and ecosystem services
-summary for policy makers. p. 26.

국내의 경우 60년 전에 비하여 우리나라에 봄이 오는 시기는 1주일 빨라졌으며, 한반도 기온은 100년 전에 비해 평균 1℃ 상승하였다. 농작물 재배의 관점에서 기온 1℃ 상승은 적지 않은 변화로, 재배 가능 지역이 81km가량 북상하고 해발 고도가 154m 상승하는 효과를 가져온다. 따라서 겨울철 평균기온 상승으로 인해서 과거에 남부지방에 서식했던 식물종이 중부지역에서 생존할 가능성이 높아졌으며, 실제로 대구에서 재배되었던 사과가 현재 포천에서 재배 가능하며, 경산에서 재배되었던 포도가 영월에서도 재배 가능해졌다(한국농촌경제연구원, 2011).

한편 우리나라는 인구의 92%가 도시에 거주하며, 도시 면적은 국토 면적의 17%만 차지하여 인구 밀도가 전 세계 3위(2017년도 기준)로 높은 수준이다. 비오톱 지도상(2015년)으로 도시지역의 산림, 수역, 경작지, 조경용지 등 녹지 및 오픈스페이스는 40%에 불과하다. 또한 도시화로 인하여 서울의 불투수 면적이 약 50%에 이르러 강우 시 표면유출량이 1962년 9%에서 2002년 47%로 증가하였다. 이와 같이 악화된 물순환 환경은 도시 홍수와 도시열섬현상의 원인이 되며, 생물 서식공간 감소에 의한 생태계 교란 문제 및 토양 내 소동물 멸종 문제를 야기한다. 도시지역 내 녹지공간은 도시열섬현상을 완화하고, 이에 따라 에너지 소비에서 오는 CO₂ 배출량 감소 효과를 기대할 수 있다.



[그림 4-2] 1980년대와 2010년대 과일 재배지 변화

출처: 한국농촌경제연구원(2011), 농업전망 2011(I), 그림 13-6.

도시 생태계를 개선하기 위하여 외국에서는 생태발자국(ecological footprint) 또는 생태용량(biocapacity) 개념을 사용하여 관리를 하고 있으며, 우리나라에서는 일부 지자체에서 건물 상부를 정원 등으로 녹화하고, 인공지반을 녹화하는 등의 노력을 기울이고 있다.

미국 Clean Water Act 404조에서는 습지 전환 및 개발을 추진할 때에 개발업자가 허가를 받도록 규정하고 있다. 미국 오리건주 투알라틴(Tualatin)강 유역에서는 습지 손실에 의한 피해를 경험한 사례가 있는데 이는 습지 손실이 하천 생태계 시스템이 파괴로 이어져 수질이 저하되는 결과를 초래하였기 때문이다. 이러한 피해를 줄이기 위하여 외국에서는 습지은행, 습지충량제, 기능별 습지보전제도 등을 운영하고 있다.

2 기후변화 직간접 영향 미래예측

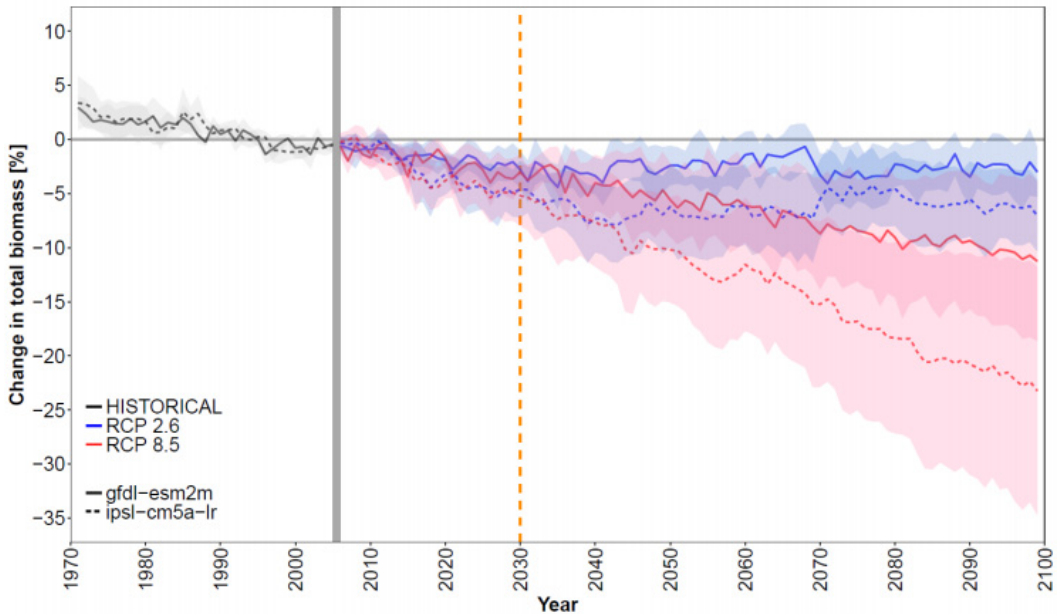
IPCC 4차 보고서(2007)는 기후변화에 의해 전 세계 기온이 2020년대에 1℃ 상승함에 따라 양서류가 멸종하고 산호초 백화현상이 나타나며, 2050년대에 2~3℃ 상승하여 전 지구 생명체의 20~30%가 멸종 위기에 처하고, 2080년까지 3℃ 이상 상승하여 전 지구 생명체 대부분이 멸종할 것으로 예상했다.

그리고 IPCC 특별보고서(2018)는 지구 평균기온이 산업화 이전에 비해 1.5℃ 이상 상승할 경우 숲과 녹지로 구성된 야생동물 서식지에 큰 피해를 줄 수 있다고 경고한다. 이러한 생물다양성 핫스팟²⁸⁾은 멸종 동물 및 토착 식물의 서식지일 뿐만 아니라 기후를 조절하고 대기 및 수질을 정화하는 등 인간에게도 중요한 순기능을 제공하는 곳인데, 이 중 75% 이상이 기후변화로 인하여 사라질 가능성이 높은 것으로 예측되고 있다.

IPBES(2019)에서는 2050년까지 지구 평균기온이 2℃ 증가하는 경우 멸종 위기종의 비율이 5% 증가할 것으로 예측하였으며, 산호초의 경우는 10~30% 감소할 것으로 예상했다. WWF는 2100년까지 지구 평균기온이 4.5℃ 올라가는 경우 생물서식지 67%가 서식지로서 부적합(즉 33%만 생물종 피난처로 이용 가능)하다고 예측하였고, 일부 생물다

28) 생물다양성 핫스팟(biodiversity hotspot)은 다양한 고유 식물종(최소 1,500종 이상)이 서식하고 있으면서 70% 이상이 파괴되었거나 그러한 위기에 처한 지역을 의미함.

양성 핫스팟(아마존, 갈라파고스 등)에 서식하는 생물종 50%가 2100년 전에 멸종할 가능성이 있다고 보고하였다.



[그림 4-3] 기후변화 시나리오별 해양생물 다양성 변화 예측 결과

출처: IPBES(2019), Global assessment report on biodiversity and ecosystem services, Figure 4.2.4.

한편, 습지학자들은 도시화의 진행으로 지구상 기상과 기후변화를 예측하기 어렵다고 발표한 바 있다. 습지는 도시화로 소멸해가는 대표적인 생태지대로, 지금의 추세가 지속될 경우 기후변화 영향을 완충(buffer)하기 어려운 정주여건이 조성될 것으로 예상하였다.

3 미래준비도 향상전략: 연구

종의 이동과 그 영향은 도시에 거주하는 대다수의 사람에게 와닿지 않는 주제로 관련한 정책이 시민들의 지지를 받기가 어려운 특징이 있다. 따라서 종의 이동과 관련하여 현재와 미래에 예측되는 기후변화 영향을 고려하였을 때 미래대비도 향상을 위하여 기후변화

에 의한 종의 이동 또는 생물다양성 감소가 도시 주민들에게 미치는 영향에 대한 기초연구가 우선적으로 필요해 보인다. 여기에서 파생된 주제로 기후변화의 영향에 반응하는 인간의 반응과 이와 관련한 신념체계 및 사회적 분위기 등 사회과학적인 연구가 필요한데, 이를 통하여 기후변화에 관한 과학적인 사실·근거를 대중과 소통하고 변화를 끌어내는 데에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

생물다양성 차원에서는 생태계 변화에 대한 정보화가 필요하다. 지중해 국가 및 지중해의 생물다양성 핫스팟을 대상으로 희귀종과 멸종 위기 동식물 분포 지도가 만들어진 바가 있는데, 이를 우리나라에도 적용하여 기후변화 시나리오별 멸종 위기종에 대한 데이터를 구축할 필요가 있다.

[표 4-2] 습지생태계 서비스 내용

생태계 서비스	내용
공급 서비스	음식: 어류, 농업생산 등
	물: 물의 저장
	연료와 섬유: 목재, 연료림, 이탄, 사료
	약품: 생물 유래 신약 등
	유전자 물질: 식물 병원균 내성, 장식 및 관상용 종 등
조절 서비스	기후변화 조절: 온실가스 발생 및 저장, 온도조절, 기후형성과정에 영향
	물순환 조절: 지하수 저장, 유출
	수질정화: 영양물질 및 오염물질 흡수/제거
	침식 조절: 토양 및 퇴적물 저장
	자연재해 조절: 홍수 조절, 피해 저감
	수분(pollination): 수분 매개체의 서식처
문화 서비스	영적, 영감의 근원
	레크리에이션에 활용
	심미적 가치 발견
	교육 훈련 기회
지원 및 서식처 서비스	서식처: 야생동물 서식환경 제공
	토양 형성: 침전물 저장 및 유기물 축적
	영양물질 순환: 영양물질 저장 및 재순환

그리고 기후변화 완화 및 적응 전략으로서 도시녹지 확대 방안을 고려해볼 수 있으며, 관련한 기반연구가 요구된다. 여기서 동식물종의 이동 및 생물다양성 등 생태계 파괴는 근본적으로 서식지 파괴에서 원인을 찾을 수 있다는 전제조건하에서 인간에 의한 서식지 파괴가 최소화되어야 한다는 결론에 도달하게 된다. 이때 서식지 보호로 인한 생물다양성 회복이 인간에게 줄 수 있는 이익을 고려한다면 관련 정책 입안의 설득력을 높일 수 있을 것으로 기대한다. 특히 습지생태계의 순기능을 활용한 습지생태계 서비스가 다양하게 존재하는데, 이러한 습지의 순기능에 대하여 [표 4-2]²⁹⁾에 정리하였다. 단순히 습지에 서식하는 생물자원의 보존 차원에서 그치는 것이 아니라 조절 서비스, 문화 서비스, 자원공급 서비스 등으로 나누어 다각적으로 바라볼 수 있는데, 각각에 대한 연구는 여전히 부족하다.

특히, 습지를 탄소 저장 및 순환의 매개체로 바라보는 관점에서 습지생태계 보존은 탄소배출 저감과도 밀접하게 관련이 있는 영역인데, 이탄습지는 대기권 전체 탄소 함유량에 가까운 약 500Gt의 탄소 저장이 가능하며, 반대로 이탄습지 훼손 시 배출될 수 있는 이산화탄소량은 22%로 추정되었다. 이러한 습지의 온실가스 저장 효과에 대하여 국내 환경조건에서의 과학적인 평가가 이루어질 필요가 있으며, 다양한 개발 시나리오에 따른 온실가스 저감·배출 효과에 대한 연구가 필요하다.

기후변화에 의한 종의 이동 관련 미래준비도 향상에 필요한 연구주제

- 기후변화로 인한 생태계 변화 정보(생태정보 플랫폼) 구축
- 생물다양성 감소가 도시 거주민에게 미치는 영향에 관한 기초연구
- 서식지 이동과 신종 감염병 출현 간의 관계 분석
- 기후변화에 따른 농작물 공급 불균형 등 식량자원 안보에의 영향
- 해양생태계 변화에 따른 생태계 서비스 영향
- 습지의 기후변화 완화 기능에 대한 과학적 분석
- 기후변화 및 도시화에 의한 습지생태계 변화 분석

29) 본 [표 4-2]는 상명대학교 구본학 교수의 발표 자료에 포함된 표를 일부 편집하여 작성함.

4 미래준비도 향상전략: 정책

타 분야에도 해당되겠지만 생태계 서비스 관련 정책 수립은 데이터에 기반한 과학적인 접근이 필요하며, 이를 가능하게 하는 생태정보는 현재 양적으로도, 질적으로도 부족한 상황이다. 따라서 정책 어젠다 도출 이전에 기후변화로 발생하는 생태계 변화(생산성, 군집구조, 먹이사슬, 생물계절, 분포범위, 개체수 등)에 대한 데이터 구축 작업이 선행되어야 할 것이다. 이와 연계하여 생태계 변화 모니터링 지침 또는 가이드라인이 개발되어야 하며, 그것들은 지자체 차원에서 생태계 보전 및 생태계 서비스 증진을 위하여 활용될 수 있을 것으로 기대한다. 여기에는 기후변화에 따른 식량자원 재배 적지 변화 및 생산량 변화와 관련한 정보도 포함되며, 이는 식량수급 현황 및 미래전망에 기반한 정책 도입에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 본다.

도시 생태계 개선을 위해서 공원 및 녹지, 도시 숲을 조성하고 도시농업을 활성화 하며 인공지반 녹화, 옥상 텃밭, 벽면 텃밭 등 수직 공간의 녹지화 전략을 도입할 수 있다. 제도적으로 생태면적률, 자연 기반 녹지율, 녹지 용적률 등에 대한 목표치를 관리하는 방법이 있다. 장기적으로 생물다양성과 생태계 서비스에 대한 시민의식 변화를 유도하고 생태지향적 의식을 함양하는 교육이 필요하다고 생각한다.

기후변화 완충지로서 습지의 효용성을 극대화할 수 있는 정책 어젠다가 다수 존재하는데, 특히 인구 밀도가 높고 인공 구조물이 상대적으로 많이 분포하는 지역일수록 열섬현상과 같이 기후변화에 의한 영향이 클 수 있어 그린 인프라가 구축될 필요가 있다. 습지는 도시생활공간에서도 인위적으로 조성될 수 있으며, 도시습지 조성을 제도화하는 방안으로는 환경정책기본법, 습지보전법, 자연환경보전법, 환경영향평가법, 국토법 등에서 관련 내용을 반영한 개정법안 마련을 통하여 제도화를 추진하거나 도시재생사업 또는 스마트그린시티 사업의 내용으로 구성하는 방법도 가능하다.

그린 인프라 구축을 촉진하기 위한 전략으로서 인공습지 조성에 인센티브를 부여하는 방안으로 그린 크레디트를 기존의 제도(예: 비오톱 평가, 생태면적률, 환경영향평가 등)에서 가점 항목으로 추가하는 방안이 있다. 제도화 이전에 선행되어야 할 작업으로 인공습지로 사용할 수 있는 공간 기준, 습지 조성 가이드라인, 습지 가치 정량평가 방법, 유지관리 방법 등의 관리적인 측면과 함께 시민을 대상으로 한 환경교육 프로그램 개발과 인식 증진 노력이 필요하다.

최근 전 세계적으로 어려움을 가져다준 코로나19는 동물의 서식지 파괴 및 신종 감염병 출현 위험에 대한 인식을 높이는 계기가 되었으며, 선진국을 포함한 많은 국가에서 신종 감염병 대응 정책이 미흡했음을 드러냈다. 이러한 감염병 발생을 사전에 방지하기 위한 근본적인 대응 방법으로서 생물다양성 및 생태계 보전·복원 계획이 수립될 필요가 있다고 생각한다.

기후변화에 의한 종의 이동 관련 미래준비도 향상에 필요한 정책

- 생태정보 데이터 기반 생태계 보전, 생태계 서비스, 식량안보 정책 수립
- 기후변화 적응력 & 회복력 강화를 위한 도시계획
- 도시 그린 인프라 구축 촉진: 도시 인공지반 녹화, 도시농업 활성화, 도시 숲 조성, 빗물 이용, 저류시설 확대 등
- (도시) 인공습지 조성 제도화(관련법: 환경정책기본법, 습지보전법, 자연환경보전법, 환경영향평가법, 국토법 등)
- 외국의 습지은행, 습지총량제, 습지보전제도 벤치마킹
- 녹지조성 인센티브 제도: 그린 크레딧, 그린뱅킹 등
- 신종 감염병 매개체 등을 포함한 생물종 모니터링 기반 생태계 보전·복원 계획 수립

제2절 에너지 공급 안정성

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

1 기후변화 영향 및 대응 현황

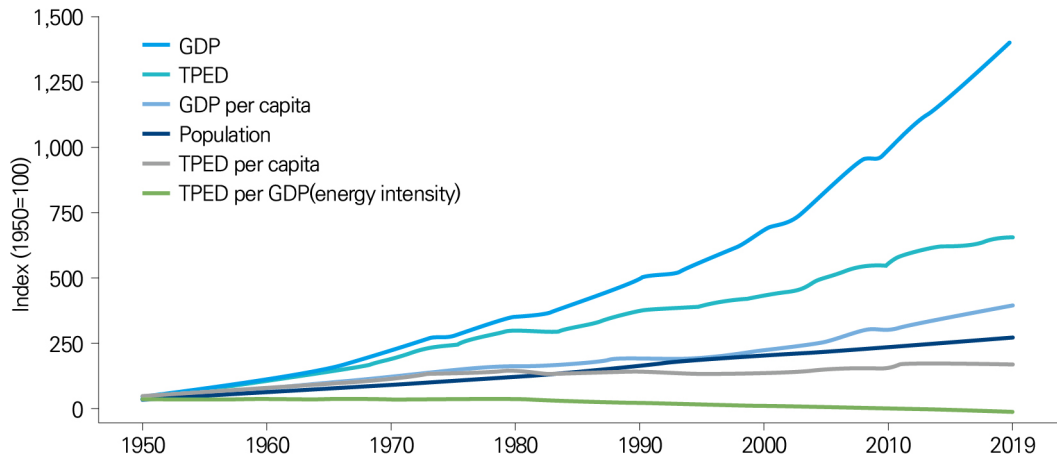
기후변화는 에너지 수요와 공급에도 영향을 줄 수 있으며, IPCC 4차 보고서에서는 기후변화 영향으로 에너지 생산 및 송배전 인프라 유지의 어려움을 예상하고 송배전 설비의 지하 매설 등 기간시설 강화와 에너지원 다변화 및 효율 개선 등을 에너지 부문에서의 적응 전략으로 제시하였다. 또한 온실가스 규제에 의한 전기료 인상은 에너지 믹스에 변화를 야기할 수 있고, 기후변화로 다른 산업에서 발생한 변화 혹은 법, 규제 등은 에너지 부문에 간접적으로 영향을 줄 가능성도 있다. 기후변화가 에너지 부문에 미치는 영향에 대해 해외에서는 다양한 연구 및 정책들이 추진되고 있으나 국내의 경우에는 제3차 국가기후변화적응대책(관계부처합동, 2020)과 제2차 기후변화대응 기본계획(관계부처합동, 2019)에서 에너지 공급 시설 기후 취약성 관리, 에너지 효율화 및 공급원 다양화, 산업계 기후변화 대응 지원 등의 일부 정책만을 언급하고 있는 실정이다.

한편, 에너지 부문은 기후변화 완화와 저감 정책이 유기적으로 얹혀 있어 에너지 다변화, 분산전원, 효율 향상 등의 온실가스 저감 정책 방향성은 에너지 공급 안정성 확보, 수요관리 등의 적응정책과 영향을 주고받는다.

가. 에너지 수요

국제에너지기구(IEA)의 2020 에너지 기술 전망(Energy Technology Perspectives 2020)에 따르면 세계 에너지 소비는 2차 산업혁명 이후 지속 증가하여 2019년 기준 1950년 대비 7배 규모, 1900년 대비 16배 규모로 증가하였으며(그림 4-4), 향후 2050년까지 현재 대비 50% 이상의 추가적인 증가가 예상된다. 에너지 소비의 증가는 인구의 증가와 경제활동의 활성화에 따른 GDP 증가가 가장 큰 원인으로 꼽히고 있으며, 최근에는 중국, 인도, 러시아, 브라질 등 신흥경제국들의 에너지 소비 증가가 세계 에너지 소비

증가를 주도했다고 할 수 있다. 부문별 에너지 소비를 보면 산업용, 수송용, 주거용, 상업용의 순으로 비중이 크며 이 네 부문에서의 소비가 전체 에너지 소비의 87%가량을 차지하였다.



Note: TPED = total primary energy demand.

IEA 2020. All rights reserved.

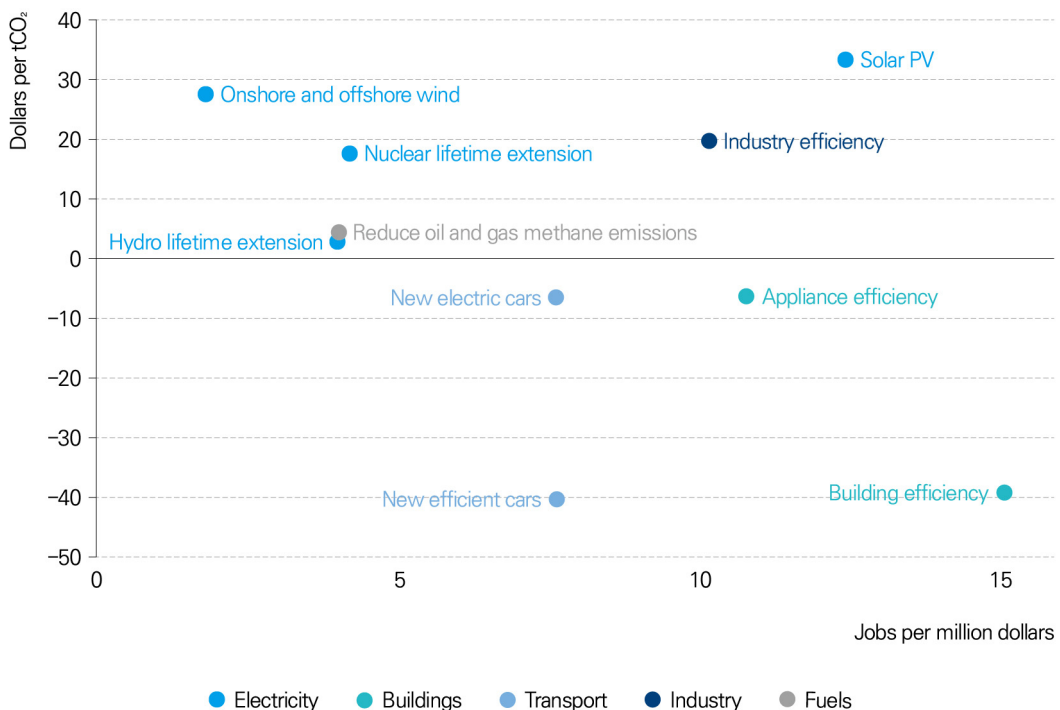
[그림 4-4] 1950~2019년 기간의 세계 1차 에너지 수요, 인구, GDP 추이

출처: IEA(2020a), Energy Technology Perspectives 2020, Figure 1.1.

나. 에너지 전환에 따른 일자리 변화

최근 국제에너지기구 IEA(2020b)에서는 에너지 산업의 종사자 현황, 일자리 창출효과 및 단기 전망을 발표하였다. 이 보고서에 따르면 2019년 기준 전 세계 전기, 석유, 가스, 석탄 및 바이오 연료를 포함한 에너지 산업에 직접 고용된 종사자는 4천만 명이며, 그중 전력 산업에 1천7백만 명, 화석연료 기반 산업에 2천만 명, 바이오에너지 산업에 3백만 명이 종사하고 있다. 전력 산업 중에서는 송·배전 산업에 5백만 명, 태양광 발전에 3백만 명, 석탄발전 2.5백만 명, 수력발전 2백만 명, 풍력 산업에 1백만 명이 종사하고 있어 전체적으로 보면 여전히 화석연료 기반 에너지 분야 종사자가 많은 것을 알 수 있다.

그러나 분야별로 투자금액당 일자리 창출 효과를 비교해보면, 태양광, 산업 및 건물 효율 분야는 백만 달러당 10~15명, 바이오 연료 분야는 15~30명, 신차 및 배터리 분야에서는 6~9명의 일자리 창출이 가능하지만 원자력 수명 연장은 2~3명, 화력발전 분야는 2~6명의 일자리 창출에 불과하여 온실가스 저감 효과가 높은 재생에너지 및 에너지 효율 향상 분야가 일자리 창출 효과 또한 큰 것을 알 수 있다([그림 4-5]). 그러나 단기적으로는 최근 코로나19의 영향으로 전 세계 에너지 산업 일자리 중 300만 개가 없어지거나 위험한 상황이며, 수송, 건물 및 산업 관련 분야에서 추가적인 300만 개의 일자리가 위협을 받고 있다고 분석했다. 특히 화석연료 기반 산업은 수요 감소와 낮은 가격 때문에 일자리가 감소할 것으로 예상하였지만, 전력 산업은 수요가 회복되며 일자리에 대한 영향은 크지 않을 것으로 내다보았다.



[그림 4-5] 에너지 부문별 일자리 창출 효과 및 CO2 감축 비용

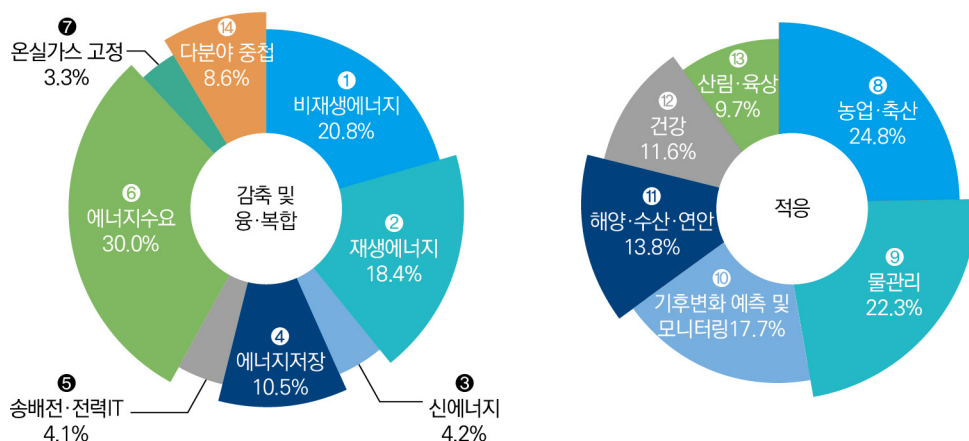
출처: IEA(2020b), Sustainable Recovery, Figure 3.2.

다. 에너지 R&D

2015년 파리협정에서 향후 5년간 청정에너지 R&D 공공투자를 두 배로 확대하여 청정에너지 혁신을 가속화함으로써 기후변화에 대응한다는 내용의 Mission Innovation이 출범하였다. 이에 우리나라는 2016년 기준 5,600억 원 수준이었던 신재생, 효율 향상, 수요관리, CCUS 등의 청정에너지 6대 분야 R&D 투자를 2021년 1.12조 원 수준까지 확대하겠다는 계획을 발표하였다.

과학기술통신부와 녹색기술센터에서 발표한 2018년도 기후기술 분류체계 적용 국가연구개발사업 투자·성과분석(2020) 보고서에 따르면, 2018년 기후기술 관련 국가 R&D 총 투자액 2조 5,694억 원 중 온실가스 감축 분야에 1조 6,885억 원(65.7%)이 투자되었으며 기후변화 적응 또는 융·복합 분야보다는 온실가스 감축 분야에 투자가 집중되어 있음을 알 수 있다.

세부 부문별로 보면 2018년 기준 온실가스 감축 분야에서는 에너지 수요 부문이 5,544억 원으로 가장 비중이 높고, 그다음으로는 비재생에너지 부문에 3,3849억 원, 재생에너지에 3,404억 원이 투자되었으며, 기후변화 적응 분야에서는 농업·축산 부문에 1,793억 원, 물관리에 1,611억 원, 기후변화 예측 및 모니터링 부문에 1,277억 원 순으로 투자되었다([그림 4-6]).



[그림 4-6] '18년 기후기술별 투자 현황

출처: 과학기술정보통신부, 녹색기술센터(2020), 2018년도 기후기술 분류체계 적용 국가연구개발사업 투자·성과 분석

2 기후변화 직간접 영향 미래예측

가. 에너지 수요

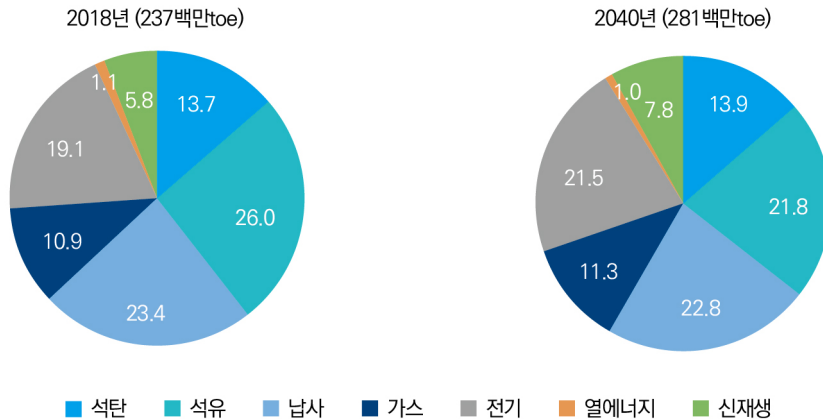
에너지경제연구원이 발간한 2019 장기에너지 전망 보고서에서는 국내 에너지 최종 소비가 2018년 236.7백만toe에서 2040년에는 약 281백만toe에 도달할 것으로 전망하였으며, 최종 소비 증가의 약 85%는 산업부문에서 발생하여 산업부문의 비중이 2018년 61.3%에서 2040년 65.0%까지 증가할 것으로 분석하였다. 총에너지 수요는 2030년대 중반 약 357백만toe 수준으로 정점에 도달한 후 전기 수요 증가율 하락, 석탄발전·원전 폐지 및 연료전환으로 인해 점차 감소하여 2040년에는 352백만toe 수준이 될 것으로 예측하였다([표 4-3]). 그러나 2040년에도 여전히 화석연료 비중이 80%에 달할 것으로 전망되어 이에 대한 개선이 절실하다고 할 수 있다.

[표 4-3] 2040년까지의 최종 에너지 소비 및 총에너지 소비 전망

최종 에너지 소비 전망(Mtoe)					총에너지 소비 전망(Mtoe)				
	2000	2018	2030	2040		2000	2018	2030	2040
최종소비	150.0	236.7	272.3	280.6	총에너지	193.2	206.1	351.4	352.0
산업	84.2	145.0	174.1	182.3	석탄	42.9	86.7	95.8	84.4
(원료용)	29.1	55.3	63.0	63.9	석유	100.6	118.5	127.5	125.8
수송	30.9	43.0	46.4	44.6	천연가스	18.9	53.5	61.3	71.1
가정	21.2	23.2	21.9	21.7	원자력	272	28.4	30.9	26.5
서비스	13.6	25.5	30.0	32.0	수력	1.4	1.5	1.8	2.0
석탄	19.7	32.4	39.7	39.0	신재생·기타	2.1	17.5	34.1	42.1
석유	93.8	116.8	126.7	125.0	(변동성 재생에너지)	-	2.4	16.6	22.8
도시가스	12.6	25.9	30.1	31.8	화석연료 비중	84.1%	84.5%	81.0%	79.9%
전기	20.6	45.2	54.7	60.2					
열에너지	1.2	2.6	2.7	2.8					
신재생·기타	2.1	13.7	18.5	21.7					

출처: 에너지경제연구원(2020a), 2019 장기에너지전망 자료 재구성

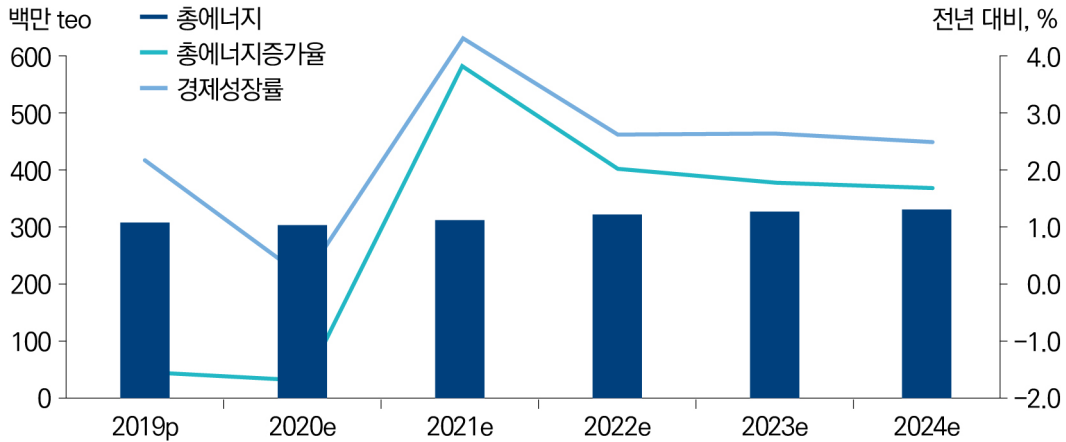
에너지원별 소비를 보면 친환경 자동차 증가와 난방 연료 대체로 석유 비중이 2018년 49.4%에서 2040년 44.5%로 줄어듦 것으로 전망되었고, 연료용 석유 소비를 가스와 전기가 대체하면서 가스, 전기 및 열에너지, 신재생에너지 비중이 2018년 36.9%에서 2040년 41%로 증가할 것으로 전망되었다([그림 4-7]).



[그림 4-7] '18년 및 '40년 부문별 최종 소비 부문별 에너지 소비 비중

출처: 에너지경제연구원(2020a), 2019 장기에너지전망, p. 46.

코로나19로 인해 국내에서도 단기적으로 에너지 수요 및 온실가스 배출량이 감소하겠으나 그 영향이 단기간 내에 회복이 된다면 장기적인 추세는 비슷한 양상을 보일 것으로 예상된다. 2020 중기에너지 수요전망 보고서에서는 코로나19의 영향으로 2020년에는 에너지 수요가 감소하였다가 2021년 이후 경제활동이 정상화되며 빠르게 증가할 것으로 전망하였다([그림 4-8]). 그러나 코로나19의 확산 범위와 지속 기간 등에 따라 경제 전망 불확실성이 크고, 국민들의 생활방식 변화에 따라 에너지 소비 구조와 규모도 변화할 것으로 예상되어 향후 이에 대한 추가적인 분석과 전망이 필요하다.



[그림 4-8] '19~'24년 기간 동안의 코로나19 영향을 반영한 총에너지 수요 전망

출처: 에너지경제연구원(2020b), 2020 중기에너지 수요전망

나. 에너지 전환에 따른 일자리 변화

재생에너지 투자 증가는 재생에너지 산업 및 전력망 관련 산업의 급격한 성장을 유도하여 일자리 창출 여력을 증가시키고, 디지털 기술이 에너지 기술에 접목되면서 다양한 산업과 일자리가 만들어질 수 있다. 또한 대규모 재생에너지 발전단지 건설이 증가하여 설치, 시공, 운영·유지관리를 담당할 인력 수요가 크게 늘고, 전력거래 인프라는 실시간으로 정보와 에너지를 거래하는 융합 네트워크로 진화하여 다양한 일자리를 만들 수 있게 된다.

IRENA(2020)에서 발표한 보고서(THE Post-COVID Recovery, 2020)에 따르면 재생에너지와 에너지 유연화(Energy Flexibility) 분야에서는 투자금액 백만 달러당 최소 25개의 일자리 창출이, 에너지 효율 분야에서는 10개의 일자리 창출이 가능하다고 분석하였다. 그리고 에너지 전환 기술에 대한 추가 투자로 2023년 화석연료 및 원자력 산업은 1백만 명의 일자리가 줄어들고, 재생에너지, 전력망, 에너지 효율 관련 산업은 5.5백만 명의 일자리가 늘어날 것으로 전망하였다.

홍종호 외(2019)는 에너지 전환에 따른 2050년까지의 재생에너지 비중 확대를 가정한 네 가지 시나리오를 기반으로 국내 일자리 창출 효과를 전망하였다. 전력 부문의 태양광, 풍력, 수력, 바이오를 중심으로 분석하고 Wei et al.(2010) 및 한국 노동연구원(2017)에서 산정한 고용계수를 바탕으로 시나리오별 일자리 수를 추정하였으며, 그 결과는 [그림

4-9)와 같다. 현 추세를 반영한 BAU 시나리오에서도 2030년에는 1만 3천여 개의 일자리가, 2050년에는 2만 4천여 개의 일자리가 창출될 것으로 전망되었으며, 에너지 전환이 가속화되어 2050년에 재생에너지 발전 비중이 100%로 대폭 확대되는 경우 최대 50만 3천여 개의 일자리가 창출될 것으로 전망되었다. 재생에너지 발전 비중이 100%는 아니어도 현재 2050 장기 저탄소 발전 전략 검토안에서 논의되고 있는 60% 수준만 고려하더라도 2050년 19만여 개의 일자리가 창출될 것으로 전망되었다(ATM 시나리오). 또한 시나리오별 결과를 비교해보면 전력 생산량이 많고 재생에너지 비중이 큰 시나리오일수록 일자리 창출 효과가 커졌으며, 이 전망 결과는 일부 부문에 한정된 분석으로 에너지 전환 전 분야로 확대할 경우 실제 일자리 창출 효과는 더 커질 것으로 예상하였다.

시나리오	2020년	2025년	2030년	2035년	2040년	2045년	2050년
BAU	9,313	10,667	13,246	16,743	19,082	21,748	24,143
MTS	89,216	123,179	154,363	180,728	209,772	239,247	269,027
ATS	63,334	89,797	114,070	132,106	151,987	171,561	190,611
VTS	177,076	230,232	282,602	333,751	389,064	444,672	503,274

(BAU: Business-As-Usual, MTS: Moderate Transition Scenario, ATS: Advanced Transition Scenario, VTS: Visionaty Transition Scenario)

[그림 4-9] 시나리오별 일자리 수 전망 결과(단위: 명)

출처: 홍종호 외(2019), 대한민국 RE100 비전과 일자리 창출, p. 4.

3 미래준비도 향상전략: 연구

기존의 기후기술 R&D는 17개 부처(청/처/위원회 포함)가 분산·파편화된 방식으로 추진해오며 태양광, 연료전지 등 개별 기술과 산업경쟁력 제고에 기여해 왔지만, 온실가스 감축이라는 국가적 목표를 달성하는 데는 미흡했던 것이 사실이다. 이제는 실질적인 기후변화 대응을 위해 신기후체제하에서 국내 산업 환경 여건, 국외 동향, 기술 성숙도 등을 고려해 활용성이 높은 기후기술 R&D에 대한 장기적인 전략과 방향성 제시가 필요한 시점이다.

앞서 미래전망에서 살펴본 바와 같이 에너지 전환으로 에너지 산업의 전환 및 그에 따른 일자리 변화가 예상됨에 따라 기업은 변화에 대응방안을 마련해야 하고, 이를 위한 기업 지원(기술·정보) 성격의 연구개발이 필요하다. 또한 기술의 성능뿐 아니라 안정성 확보 및 국민 수용성이 중요한 에너지 기술의 특성을 고려할 때 기술개발 이후의 시스템 구현, 플랫폼 구축 및 실증 단계의 지원 강화도 필요하다.

에너지 전환의 주요 목적이 온실가스 저감에 있는 만큼 기술별 온실가스 감축 효과를 분석하고 예측할 수 있는 기술 DB와 이를 활용할 분석 모델이 필요하며, 최종 단계에서의 온실가스 저감 효과가 아닌 원료 생산부터 사용 및 폐기에 이르는 전 주기 평가(LCA)에 기반한 소비자 중심의 온실가스 탄소 회계 개념이 도입될 필요가 있다. 이것의 연장선에서 전 주기적 관점의 물질·에너지 순환을 추구하는 순환경제의 온실가스 배출 또는 에너지 수요 저감 효과를 평가하는 것도 의미가 있을 것으로 본다.

최근 수송 분야 에너지 전환의 중심에는 전기차 또는 수소차 보급이 있으며, 자동차뿐만 아니라 철도, 선박, 항공기 등 중대형 수송 수단까지 그 범위를 확장하고 있다. 그러나 그러한 전환에 필요한 인프라(전력망, 충전소 등)에 대한 연구는 상대적으로 미흡한 면이 있으며, 다양한 수요·공급 시나리오 개발 및 인프라 모델에 관한 연구가 필요하다.

앞서 제시한 방안들을 체계적으로 진행하기 위해서는 R&D 포트폴리오 수립과 기획부터 성과 활용까지의 전 주기 관리에 필요한 데이터를 구축하고 과학적인 방법론을 활용할 수 있는 시스템 구축이 선행되어야 하며, 기술별 투자 우선순위 도출, 성과 분석 및 환류를 위한 방법론 구축도 필요하다.

에너지 공급 안정성 관련 미래준비도 향상에 필요한 연구주제

- 기업의 기후변화 정책 대응을 위한 기술·정보 지원(기술개발 이후의 시스템 구현, 플랫폼 구축 및 실증 연구 포함)
- 중대형 수송 수단의 전력화에 따른 전력 수요 및 전력망 부하 예측: 중대형 연료 수소 전환에 필요한 수소 충전소 모델
- 에너지 기술별 온실가스 감축 효과 분석·예측을 위한 DB 구축 및 분석 모델 개발
- 신재생에너지 생산의 온실가스 배출량 전 주기 평가(LCA)
- 소비자 중심의 온실가스 탄소 회계(연료 채굴, 제품 생산, 사용, 폐기 과정 세분화)
- 순환경제의 온실가스 배출 및 에너지 수요량 저감 효과 평가

4 미래준비도 향상전략: 정책

기후변화 가속화로 세계 각국이 탄소중립을 선언하고 있으며, 이에 따라 세계 경제, 산업, 에너지 구조에 대한 대대적인 변화가 있을 것으로 예상되고 있어 이에 대한 대비가 절실하다. 그러나 현재 우리나라는 기존 파리협정에 제출한 NDC 목표도 달성하지 못하고 있으며, 탄소중립 선언으로 더 강화된 목표를 수립한다 하더라도 현재와 같은 에너지 수요가 유지되는 경우 탈탄소 에너지원으로서의 전환 및 공급은 현실에서 구현하기 어려울 것으로 예상된다. 따라서 2050 탄소중립 목표를 달성하기 위해서는 실현가능한 에너지 전환 로드맵이 필요하며, 변화를 촉진하는 제도적, 정책적 수단이 도입될 필요가 있다.

그동안의 에너지 전환 정책은 신재생에너지 발전비율 확대 등과 같이 에너지 공급 중심으로 이루어진 경향이 있어, 가까운 미래의 기술 및 산업 환경에서 신재생에너지 공급 확대만으로는 경제성 또는 공급 안정성 측면에서 무리가 있다는 비판을 피할 수 없다. 따라서 에너지 수요량에 변화를 줄 수 있는 에너지 효율 향상 및 수요관리정책³⁰⁾이 강화될 필요가 있다. 또한, 수요 변화를 이끌 수 있는 전력 가격조정이 필요하며 그에 필요한 제도가 도입되기 전 가격조정 필요성에 대한 사회적 공감대 형성이 선행되어야 한다.

현재 온실가스 감축 정책의 경우 부문별로 관련 부처 책임제를 통해 국무조정실과 환경부에서 총괄 취합 및 대응하고 있으나 주무 부처인 환경부가 타 부처의 정책 이행을 강제할 근거는 없는 상황이다. 또한 국내의 에너지·환경 데이터 관리 시스템은 1차 자료의 집적 수준에 머물러 있고 에너지 분야와 환경 분야의 정보가 개별적으로 구축되어 있어 통합관리가 불가능한 상황이다. 이러한 분산적인 구조는 온실가스 감축 및 에너지 전환 목표 달성 수준을 모니터링하기에 비효율적인 구조로, 관련 정보의 통합과 데이터 공유를 위한 법적 근거를 마련하고 통합이 필요한 정보의 범위와 분류체계를 정립할 필요가 있다.

전 세계적으로 재생에너지, 에너지 효율 등 에너지 전환 핵심 산업에 대한 투자가 증가하고 있어 에너지 산업 구조 변화와 더불어 일자리 창출에 핵심적인 역할을 할 것으로 예상된다. 재생에너지, 배터리, 전기차, 녹색건축 등 미래 에너지 시장을 선도할 신산업 분야에 진출할 신규 인적자원 양성뿐만 아니라, 정의로운 전환을 위하여 전통 에너지 산업에 종사하는 기존 인적자원을 재배치하거나 전환시키는 리스킬(reskill) 전략이 필요하다.

30) 현재 수송, 건물 및 공공부문, 산업부문, 기기부문의 수요관리정책이 존재함

마지막으로, 탄소중립 사회로의 전환에 따른 산업 구조 변화와 이에 따른 일자리 변화가 예측됨에 따라 국민들이 미래사회 변화에 대한 인식을 제고하고 일자리 변화에 대비할 수 있도록 전통적 에너지원에 의존적인 일자리와 환경친화적인 산업에 대한 일자리 변화 예측 정보를 국민에게 제공할 필요가 있다.

에너지 공급 안정성 관련 미래준비도 향상에 필요한 정책

- 에너지 효율 향상 및 소비량 저감 정책 강화(공급 중심 정책으로부터의 전환)
- 전력 가격조정에 대한 사회적 공감대 형성
- 전력 가격조정을 통한 소비량 조절 및 재생에너지 비중 확대 정책
- 유가보조금 정책 수정
- 탄소 가격제(탄소세, 배출권거래제, 탄소 크레딧 등) 효율성 제고
- 온실가스 다배출 부문(건물, 수송, 산업 등) 온실가스 배출 총량제 법제화
- 지속가능한 생산·소비 및 녹색도시 부문에 순환경제 정책 확대 도입
- 온실가스 배출 및 에너지 전환 등과 관련한 통합 데이터 관리 플랫폼 구축 및 데이터 통합 관리를 위한 거버넌스 정비
- 전통 에너지 산업 종사 인력 재배치 또는 재교육 전략 수립

제3절

교통시스템

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

1 기후변화 영향 및 대응 현황

가. 기후변화 정책과 교통부문 온실가스 배출량

전 세계적으로 기후변화 대응을 위한 변화의 움직임이 커지는 추세에 있다. 유럽연합은 일찍이 2050년까지 탄소중립 목표를 선언하였고, 최근 2030년을 목표로 온실가스를 1990년 대비 55% 감축하기로 상향조정하였다. 중국은 2050년까지 전체 에너지의 62%를 재생에너지로 전환하겠다고 선언하였고, 2060년까지 탄소중립을 실현하기로 약속하였다. 한편 혁신성장과 불평등 해소 필요성과 함께 기후변화 대응 정책은 ‘그린뉴딜’ 관점으로 재접근하는 움직임이 있는데, EU는 2019년 그린딜에 합의했으며 같은 해 미국 민주당은 그린뉴딜 결의안을 제출하였다. 우리나라의 경우에도 코로나19와 맞물려 경기부양과 일자리 창출 효과를 기대하며 그린뉴딜 정책을 추진하고 있다.

우리나라는 2011년 1차 온실가스 감축 목표 설정 시 국내 총배출을 2020년까지 BAU 대비 30%를 목표로 하였으며, 2015년 목표 수정 시에 2030년 BAU 대비 37% 감축을 목표로 설정하였는데 이 중 해외 감축분 11.3%가 포함되어 있다. 최근 우리나라의 온실가스 감축 목표를 BAU 대비가 아닌 절대량 기준으로 변경하여 2030년까지 2017년 배출량 대비 24.4% 감축을 ‘국가 온실가스 감축계획(NDC)’에 반영하였다. 그 후 얼마 지나지 않아 대통령은 국회시정연설에서 2050년까지 탄소배출 넷제로 목표를 선언하였고, 지방정부에서는 탄소중립 실천연대를 설립하여 70여 개의 광역 시도 또는 기초단체장이 참여하고 있다.

우리나라 온실가스 총배출량에서 교통부문은 2017년 16%(환경부 온실가스 종합정보센터, 2019)를 차지하고 그중 도로 배출량이 95%를 차지하며, 교통부문 배출량은 1998년 IMF로 단기간 급감한 이후로 꾸준히 증가 추세에 있다. 이에 국내외 온실가스 감축 정책 도입에 따라 교통부문에 특화된 배출 저감 정책이 시행되고 있다. 교통부문의 감축 목

표는 「지속가능교통물류발전법」에 기반하여 2011년부터 1차 기본계획을 수립하였고, 국가 온실가스 감축 목표 수정에 따라 2018년 수정계획(2018~2020년)을 수립하였다.

국내 교통부문의 온실가스 저감 정책은 수소차 또는 전기차 보급 확대와 같이 화석연료에서 친환경 에너지로의 전환 정책이 주를 이룬다. 이에 따라 수소차와 전기차 생산과 관련한 기술개발 필요성이 높아지고 있는 추세이다.

(단위 : 백만톤 CO₂eq.)

부문	1990	2000	2010	2015	2016	2017	1990년 대비 증감률(%)	전년 대비 증감률(%)
1A 연료연소	235.3	409.1	562.3	597.0	598.8	611.8	160.0	2.2
1A1 에너지산업	48.4	136.3	256.1	261.6	263.4	270.7	458.7	2.8
1A2 제조업 및 건설업	76.6	130.6	162.0	187.8	181.5	186.6	143.8	2.8
1A3 수송	35.5	69.9	85.4	94.2	98.8	98.3	177.0	-0.5
1A4 기타	74.6	69.8	55.8	50.4	52.1	53.0	-28.9	1.8
1A5 미분류	0.2	2.4	2.9	3.1	3.1	3.2	1,657.2	4.0
1B 탈루	5.1	2.7	3.8	3.8	3.9	4.0	-21.4	2.1
1B1 고체연료	4.8	1.2	0.6	0.5	0.5	0.4	-91.4	-14.0
1B2 석유 및 천연가스	0.3	1.5	3.2	3.3	3.4	3.6	1,187.8	4.3
합계	240.4	411.8	566.1	600.8	602.7	615.8	156.2	2.2

[그림 4-10] 에너지 분야 부문별 온실가스 배출량

출처: 환경부 온실가스 종합정보센터(2019), 2019 국가 온실가스 인벤토리 보고서

나. 대기오염물질 배출원으로서의 교통

기후변화는 미세먼지 문제를 증폭시키는 원인이 되기도 하며, 산업시설이 적은 도시의 경우 교통부문에서의 배출이 미세먼지의 주요 원인으로 꼽힌다. 수송부문에서 배출하는 질소산화물은 온실가스이면서 미세먼지를 생성하는 주요 오염원이기도 하여 기후변화 완화 정책과 미세먼지 저감 정책은 상당 부분 중복되어 있다. 실제로 서울의 경우 미세먼지 해결을 위해 노후 경유차 단속 정책을 시행한 바 있으며 정부는 서울을 비롯한 대기관리권역 전체를 대상으로 노후 경유차 운행 제한 제도를 운영하고 있다. 2020년 「미세먼

지 저감 및 관리에 관한 특별법」이 발효됨에 따라 미세먼지 농도가 높아 비상저감조치가 취해질 때 배출가스가 5등급 이하인 차량 운행이 제한된다.

독일의 경우 교통 수요 및 흐름을 분석하는 소프트웨어와 연계하여 기후변화 영향에 따른 지자체별 대응방안을 시뮬레이션하는 등 지역 정책 시행에 과학적인 근거를 활용하고 있다.

2 기후변화 직간접 영향 미래예측

기후변화의 영향이 자연재난, 미세먼지 문제, 코로나19와 같은 보건재난까지 포함을 하면서 각각의 기후변화 영향 요소가 간접적으로 교통 영역에까지 미치고 있으며, 향후에도 지속될 것으로 예상된다.

가. 포스트 코로나 사회

기후변화는 코로나19의 직접적인 원인은 아니지만 최근 몇 년간 증가 추세에 있는 인수공통 신종 감염병과 연관성이 있다는 주장이 대두되고 있다. 코로나19를 사태를 겪으면서 새로운 삶의 방식으로의 전환이 불가피해졌으며, 이에 따라 교통 사용 패턴에도 변화가 감지되고 있다. 더 나아가 감염병 대응력을 강화하는 도시의 형태는 지금과 다른 교통시스템을 도입할 수 있다. 언택트 생활방식의 보편화에 따라 직장 출퇴근, 등하교, 오프라인 모임 등이 줄어들어 이동 빈도와 거리는 줄어들 가능성이 있으나, 사람이 밀집된 공간을 피하고자 하는 필요성에 따라 대중교통보다 자가운전을 선택하는 경향성이 강화될 수 있다. 따라서 포스트 코로나 사회에서의 대중교통을 포함한 교통 수요에 대한 예측은 지금 단계에서는 어려운 상황이다.

나. 대기오염 문제

미세먼지 문제와 관련한 교통정책은 주로 오염물 배출이 없는 친환경 에너지 차량의 전환과 연계가 되며, 이는 기술개발 수준과 직결되어 있다. 더불어 국내기술 및 관련 산업의 상대적인 우위에 따라 기술의존도 및 수출 경쟁력 문제로, 더 나아가 국가 경제 문제로 이어질 가능성이 있다.

한편, 수송 기술개발은 새로운 교통수단 및 운영 시스템으로의 전환을 촉진하는데, 현재 드론과 urban air mobility 기술이 이미 상업화 단계에 와 있으며 이들의 이용 확대는 새로운 교통인프라 구축을 필요로 할 것이다. 또한 최근 전 세계적으로 도시의 온실가스 배출 저감 및 대기질 개선 목표 달성을 위하여 전기자동차와 수소자동차 기술개발 노력과 함께 보급 확대를 위한 정책적인 노력을 기울이고 있으며, 이러한 교통수단의 에너지 전환 추세는 앞으로도 계속될 것으로 전망된다.

다. 자연재난 빈도·강도 증가

2012년 기후변화에 관한 정부 간 협의체 특별보고서(IPCC, 2012)에서도 밝힌 바와 같이 기후변화로 인하여 홍수, 가뭄 등과 같은 자연재해 발생 빈도와 강도가 증가할 것으로 예상되고 있다. 폭설에 의해 항공기와 버스·기차 등의 운송 수단의 운행이 중지될 수 있으며, 폭염에 의해 포장도로 및 철도 선로가 변형이 되어 안전을 위협하고, 폭우로 인하여 교통시설 침수 및 사면붕괴 위험이 증가한다. 더불어 장기적인 변화로서 해수면 상승에 의해 도로와 철도, 특히 연안지역의 교통인프라에 해수가 범람함에 따라 도로 또는 철도가 폐쇄되는 구간이 발생할 수 있다.

3 미래준비도 향상전략: 연구

위에 분석한 바와 같이 기후변화는 코로나19와 같은 신종 감염병 출현 가능성을 높이며, 미세먼지와 같은 환경오염 문제를 악화시키고, 홍수·태풍·쓰나미와 같은 자연재해의 빈도와 강도를 높이는 요인이 된다. 그러나 이와 같은 현상이 교통시스템에 어떠한 영향을 주는지에 대한 연구는 충분히 이루어지지 않았다. 따라서 우선적으로 기후변화에 의한 자연환경과 동물생태계의 변화가 사회·경제·문화·교육에 미치는 영향에 대한 연구가 필요하고, 이러한 요소들이 교통 환경에 미치는 영향에 대해서 시뮬레이션을 해볼 필요가 있겠다.

한편, 미래환경 변화에 따른 교통수단의 수요를 분석하고, 그에 기반하여 대중교통과 자전거, 1인용 전동차, 자가용 등의 교통수단별 수요를 예측하는 연구가 필요하다. 더불어

어 현재 중장기적으로 추진하고 있는 GTX, 트램 설치와 같은 교통인프라 공급계획이 예측된 수요와 어떻게 호응을 하는지 분석해볼 필요가 있다. 이때 전략 수립을 위해 시범적으로 효과를 검증하는 tactical urbanism 연구 방법을 적용할 수 있으며, 특히 그린뉴딜에서 중요하게 다루고 있는 스마트그린시티 내부 이동성 측면에서 도시공간 구조를 최적화하는 연구가 필요하다.

또한 대기오염 문제를 완화하고 노출에 의한 건강 피해를 최소화하기 위한 방법으로 대기오염 정보서비스를 고도화할 필요가 있고, 이때 지능형 교통체계(C-ITS)를 활용할 수 있다. 이러한 정보서비스를 구현하기 위해서는 교통량, 평균속도, 차종, 도로 조건 등과 같은 변수가 대기오염에 미치는 영향을 데이터에 기반하여 모델링을 하고, 고배출 조건에서 능동적으로 관리할 수 있는 의사결정 시스템 구축이 유용하게 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

친환경 에너지(수소, 전기) 교통수단으로의 전환을 위한 원천기술개발이 전 세계적으로 경쟁적으로 진행되고 있으며 국내에서도 활발하게 연구가 되고 있으나, 제반 인프라 기술 및 안전성을 높이는 기술개발 또한 중요하게 다뤄질 필요가 있다. 또한 전기차, 수소차 생산은 산업경쟁력과 밀접한 관련이 있는 상용화 기술로, 핵심 소재·부품의 국산화를 위한 투자도 원천기술개발 못지않은 중요성을 가지고 있다.

기후변화에 의한 교통시스템 영향 관련 미래준비도 향상에 필요한 연구주제

- 포스트 코로나 시대의 새로운 도시환경 및 사회·경제적 변화가 교통 수요 및 공급에 미치는 영향
- 중장기 교통정책 수립의 기반연구로서 Tactical urbanism 연구
- 폭설, 폭염, 폭우, 해수면 상승으로 인한 교통인프라 피해 예측
- 수소, 전기차 소재·부품 원천기술, 수소·전기 공급 인프라 기술, 안전성 향상 기술개발
- 스마트그린시티 내 이동성 측면에서 도시공간 구조 연구
- 지능형 교통체계(C-ITS) 기반 교통 대기오염 정보서비스(교통량, 속도, 차종, 도로 조건 등을 고려한 거시/미시 모델링)

4 미래준비도 향상전략: 정책

미래의 교통 환경을 예측하는 연구 결과는 그 변화에 따른 정책 수요를 파악하는 데에 도움이 될 것이다. 연구 결과를 기반으로 포스트 코로나 시대의 새로워진 생활패턴에 적합하면서 대기오염으로 인한 피해를 최소화하며, 빈도와 강도가 높아진 기후 재난으로부터의 회복력을 높이는 도시계획 및 교통정책이 필요하다. 이때, 최근 우리나라에서 추진하고 있는 디지털뉴딜과 그린뉴딜의 내용과 겹치는 영역에 대하여 정책적인 연계가 필요하다고 생각한다.

코로나19와 같은 감염병에 취약한 도시환경 개선 필요성과 함께 비대면 생활환경이 보편화될 것으로 예상됨에 따라 이러한 사회문화 변화를 반영한 도시공간 활용계획이 도출되어야 한다. 파리 15분 도시와 같이 디지털 기술로 주변 커뮤니티와의 연결성은 높이면서 물리적인 생활환경은 축소하는 모델이 대안 중 하나가 될 수 있을 것이다. 이러한 도시 공간에서는 1인 전동차와 같은 personal mobility, 대중교통, 자전거 등 친환경 이동수단의 사용을 촉진할 수 있을 것으로 기대한다.

다른 한편에서는 친환경 자동차 사용 확대에 따라 경유·휘발유 구입 시에 지불하는 운행세 및 배기량에 따라 책정되는 자동차 보유세 급감이 예상된다. 여기에 친환경차 구매 시 적용되는 세금 감면 혜택을 더하면 세수 감소 폭이 2050년 연 최대 5조3천억 원(최재성, 2019) 이상이 될 것으로 예상되어 이에 대한 대책으로 주행세 도입 방안이 제안되었다. 또한 탈내연기관화 추세를 반영한 정부기본계획 체계를 검토할 필요가 있다.

한편, 기후 재난에 대비하여 위험성(risk)의 범위를 재조정하고, 이를 반영한 교통인프라 예비타당성 평가 기준 및 환경영향평가 항목을 마련할 필요가 있다.

기후변화에 의한 교통시스템 영향 관련 미래준비도 향상에 필요한 정책

- 비대면 생활환경(디지털 뉴딜)과 교통 수요/공급 재편(그린뉴딜)을 교차 만족시킬 수 있는 전략
- 신규 교통수단(personal mobility 등)과 대중교통 중심의 도시계획
- 수소차, 전기차 등 친환경 자동차 확대 대비 주행세 도입
- 탈내연기관화 촉진을 위한 정부기본계획 목표 조정
- 이상기후 위험을 반영한 교통 SOC 예비타당성 평가 기준 마련 & 환경영향평가 평가 항목 도입

제4절 보건정책

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

1 기후변화 영향 및 대응 현황

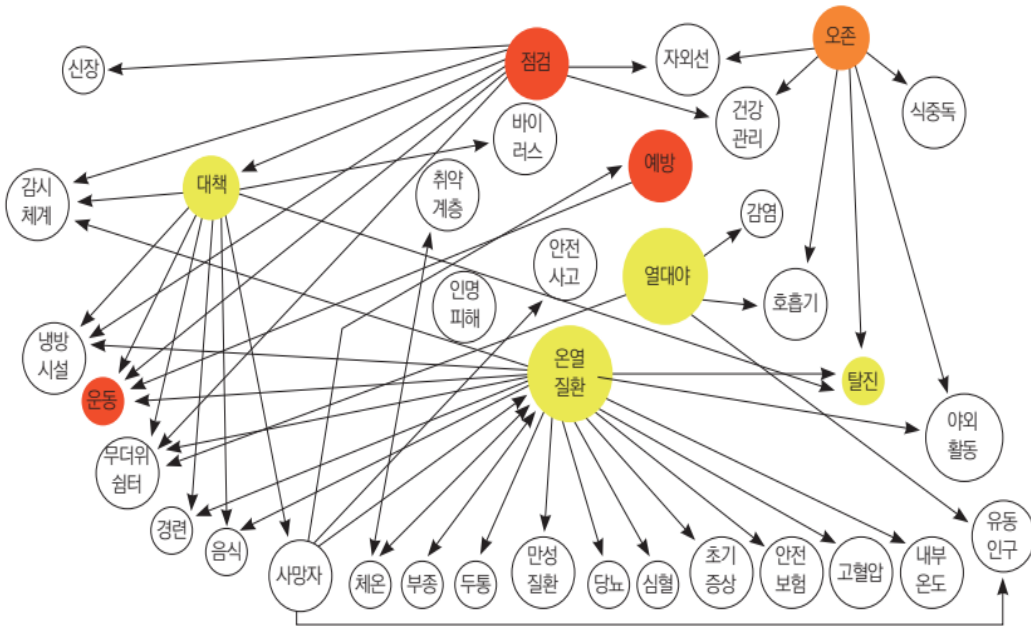
폭염, 한파, 기후 재난 등 기후변화로 인한 극한 기상현상의 심화는 자연 생태계와 인간의 건강에 영향을 준다. 지난 2011년 8월 일본은 35℃ 이상의 폭염이 지속되면서 15명이 사망했고, 같은 해 7월 22일 미국 동부와 중서부지방에서도 폭염이 이어져 뉴저지주는 42℃로 역대 최고 기온을 기록했다.

세계보건기구(WHO, 2003)는 기후변화로 인해 인간의 건강을 위협할 수 있는 요인으로 폭염·한파, 대기오염, 전염병 매개체, 기후재해가 수반하는 물리적 파괴력 등을 제시하였다. 이와 같은 요인은 물리적인 상해를 포함한 감염병, 호흡기 질환, 심혈관 질환, 암 등의 신체적 질병, 정신적 질환 및 그로 인한 사망에까지 영향을 줄 수 있다. 그리고 우리나라의 경우 약 92%의 인구가 도시에 밀집해 거주함에 따라 신종 감염병과 같은 기후변화와 관련한 건강영향이 증폭될 가능성이 높다. 서울연구원의 연구 결과(조항문·이윤혜, 2018)에 따르면 폭염으로 48.3%가 불면증·수면부족을 겪고, 25.4%는 두통과 같은 건강 피해를 겪었다.

국내에서 기후변화에 따른 건강영향 연구 및 정책 대상은 폭염으로 인한 온열 질환이 대표적이다. 특히 고령자(65세 이상)는 체온 유지 능력이 저하됨에 따라 열은 증상 인지에 어려움이 있으며 다른 약물 복용에 따른 탈수현상 강화 등 폭염에 대한 취약도가 높기 때문에 정책의 주요 대상이다. 고령화가 지속되면서 고령자를 대상으로 한 온열 질환자 대응 정책은 더욱 중요해질 것으로 예상된다.

폭염 이외의 홍수, 호우, 태풍, 대설 등의 기상재해 또한 인간의 건강에 영향을 미칠 수 있는데, IPCC(2007) 보고서에 따르면 특히 적응 역량이 낮은 집단에 미치는 영향이 클 것으로 예상된다. 제3차 국가기후변화적응대책(관계부처합동, 2020)의 건강부문 리스크에 “기상재해로 인한 정신건강 질환 증가”가 포함되어 있으며, 한국 기후변화 평가보고서

2020(환경부, 2020)에서는 집중호우 빈도 증가로 인하여 사망, 상해, 감염, 호흡기계 및 피부질환 위험이 증가한다고 기술하였다. 또한 가뭄은 수인성 질병 및 식중독 위험을 증가시킬 수 있다(환경부, 2020). 그러나 폭염 이외의 기상재해로 인한 건강영향 관련 국내 연구는 현재까지 상대적으로 부족한 상황이다.



[그림 4-11] 폭염이 건강에 미치는 영향

출처: 채여라 외(2020), 2020 폭염영향보고서, p. 29.

연령 이외에 사회경제적 조건에 따라 취약도에 차이가 있다는 연구 결과에 따라서, 기존에 온도를 기준으로 일괄 적용했던 폭염 대책을 대상자의 거주지역, 연령, 사회환경 등을 반영하여 다각화해야 할 필요성도 존재한다. 농수산업 종사자 비율이 높은 비도시지역의 경우 외부 작업시간이 도시에 비해 길어 야외근무로 인한 온열 질환 발병률이 높기 때문에 관련 대응 대책이 필요하다. 한편, 도시지역의 경우 외부활동 시 열섬현상에 따른 폭염 영향이 비도시지역보다 심각하고, 소득수준(즉 거주환경)이나 직업군에 따라 취약도가 다르게 나타나며, 1인가구와 외국인 노동자의 취약성 또한 높게 나타났다.

유엔재난위험경감사무국(UN Disaster Risk Reduction, UNDRR)에서 발표한 센다

이 프레임워크(Sendai Framework)는 파리기후변화협약의 내용과 연계하여 재난 이후의 재활, 회복성 강화를 위한 노력을 강조하였다. 이러한 맥락에서 지역주민의 건강을 관리하는 주체로서 지자체의 역할이 중요할 수 있으며, 최근 몇몇 해외 도시에서는 기후변화 대응과 주민의 건강 증진 전략을 반영한 도시계획이 수립된 바 있다. 미국 캘리포니아에서는 도시계획(General Plan)에 토지 사용, 자연환경·자원 보존, 주택, 순환, 교통, 안전, 환경정의 요소를 필수적으로 갖추게 되어 있는데, 2012년 리치몬드는 도시계획 2030(General Plan 2030)³¹⁾에서 에너지/기후변화 요소와 함께 건강(community health)과 웰니스 요소를 추가하였다.

‘건강도시’는 1986년 세계건강증진대회에서 오타와 선언을 계기로 시작된 개념으로, 인간의 건강을 결정하는 물리적·사회적 환경을 개선하기 위해 노력을 기울이는 도시를 의미한다. 우리나라는 2020년 기준 103개의 도시가 대한민국 건강도시협의회에 가입을 하여 전국적 네트워크를 형성하고 있으나 아직은 느슨한 협력체 위상을 가지고 있다. 이탈리아 피렌체의 경우 건강과 기후변화 모두에 영향을 주는 차량 온실가스 및 오염물질 배출을 최소화하기 위하여 ‘자전거 이용 촉진법’을 제정하였다. 이외에도 미세먼지, 녹지 공간, 친환경 자동차 등의 영역에서 지속가능한 도시계획 요소를 찾을 수 있다. 코로나19 사태를 겪으면서 감염병 대응력 강화를 위한 정책 어젠다가 건강도시 이슈로 등장하였다. 기후변화 대응, 회복력 강화, 건강도시 전략은 모두 서로 연계가 되는 정책 대상으로 국가 및 지역에서 통합적으로 접근할 필요가 있어 보인다.

31) <http://www.ci.richmond.ca.us/2608/General-Plan-2030>

[표 4-4] 건강도시 조건

1. 깨끗하고 안전하며, 질 높은 도시의 물리적 환경
 2. 안정되고, 장기적으로 지속가능한 생태계
 3. 계층 간, 부문 간 강한 상호지원 체계와 착취하지 않는 지역사회
 4. 개개인의 삶, 건강 및 복지에 영향을 미치는 문제에 대한 시민의 높은 참여와 통제
 5. 모든 시민을 위한 기본적 요구(음식, 물, 주거, 소득, 안전, 직장) 등의 충족
 6. 시민들 간의 다양한 만남, 상호작용 및 의사소통을 가능하게 하는 기회와 자원에 대한 접근성
 7. 다양하고 활기 넘치며 혁신적인 도시 경제
 8. 역사, 문화 및 생물학적 유산 혹은 지역사회 내 모임들과 개인과의 연계를 도모
 9. 모든 시민에 대한 적절한 공중보건 및 치료 서비스의 최적화
 10. 높은 수준의 건강과 낮은 수준의 질병 발생
- 이상의 요건들이 서로 양립할 뿐만 아니라 더불어 이요소들을 증진시키는 도시 행태

출처: 대한민국 건강도시협의회(<http://www.khcp.kr/hb/main/sub03>)

2 기후변화 직간접 영향 미래예측

인간의 건강은 생물학적 조건과 환경적 조건 등 다양한 요인에 동시에 영향을 받기 때문에 특정 환경조건이 특정 질병에 대한 유병률 또는 사망률에 미치는 영향을 규명하는 것은 쉽지 않은 일이다. 그럼에도 불구하고 IPCC 제5차 평가보고서(IPCC, 2014a)에서는 기후변화로 인하여 신체적·정신적 건강 피해가 지속적으로 증가할 것으로 예측하였다. 우리나라의 제2차 기후변화대응 기본계획에서도 기온 상승, 폭염, 재난, 재해와 같은 기후변화의 직접적인 영향으로 건강 위험이 증가할 것으로 내다보았다. 이와 같은 예측에 사회적으로 노년층 인구가 늘어나는 요소가 더해져 기후변화 취약계층이 지속적으로 증가할 것으로 예측되었다. 이러한 기후변화의 사회 영향에 대응하여 기후변화 취약계층 보호 정책이 과거에 비해 중요하게 다뤄질 필요가 있으며, 제2차 기후변화대응 기본계획에서는 관련하여 건강부문 적응력 제고를 위한 기후변화-건강모니터링 및 예측 기반 강화와 기후보건영향평가 기반 마련 과제가 제시되었다.

[표 4-5] 기후변화에 의한 건강영향

환경조건	잠재적 위험 인자	가능한 건강영향
이상기온	빈번하고 길어지는 폭염 기간 전체적으로 더 따뜻한 날씨	열 관련 질병과 사망 호흡기계, 심혈관계 질환 추위로 인한 질병과 사망의 패턴 변화
극단적 기상현상, 자연재해	빈번하고 더 험해지는 기상현상 산사태와 홍수를 일으키는 폭우 해수면 상승과 해안의 불안정 가뭄 증가	심한 태풍, 홍수 등으로 사망, 부상, 질병 정신건강 악화 이재민 발생 생태학적 변화와 기반시설의 손상
공기질 악화	지상 오존 농도, 미세먼지 증가 식물의 포자와 꽃가루 생산 증가	눈, 코, 목의 자극과 호흡 곤란 만성 폐쇄성 폐질환, 심혈관계 질환 조기사망
음식·물 오염	폭우로 인한 식수 오염 조류 대증식과 독소 증가 수인성·식품 매개 감염의 위험 증가	수인성 병원체와 미생물에 기인한 질병 발생 식품 매개 감염병 설사병, 장 질환 영양 불 균형
곤충, 진드기 등의 매개체 감염병	곤충, 진드기, 설치류의 생물학적 변화 감염병 유행 기간의 변화	기존 매개 감염병 발생 증가 신종 감염병, 재출현 감염병
성층권 오존층 파괴	성층권 화학작용의 변화 더 따뜻해진 날씨, 자외선 노출 증가	햇빛에 입은 화상, 피부암, 백내장 등 다양한 면역체계 장애

출처: 제2차 기후변화대응 기본계획, p.94의 표 편집

채수미 외(2014)의 연구에서는 기온이 1℃ 증가하는 경우 국내에서 말라리아 발생 위험이 서울에서 10.8%, 강원도에서 20.8% 증가하는 것으로 나타났다. 김시현·장재연(2010)도 기상요인이 말라리아와 비브리오패혈증에 밀접한 영향을 주는 것으로 분석하였다. 최근 코로나19 사태를 겪으면서 기후변화가 감염병을 통하여 간접적으로 인간의 건강에 지대한 영향을 미칠 수 있다는 가능성을 대중적으로 인지를 하게 되었으나 신종 감염병으로 인한 위험도는 곤충 동물 매개 감염병, 수인성·식품 매개 감염병만큼 연구가 되지 않은 상황이다. 여전히 과학적인 증거와 파급효과에 대한 연구가 필요한 단계이지만 기후변화는 매개체, 병원체, 전파경로 등 복잡한 경로를 통하여 감염병에 영향을 미칠 것으로 예측된다.

한편, 기후변화로 인한 자연재난은 직간접적으로 인간의 건강에 미칠 수 있다. 재난으로 생활터전이 파괴되어 물, 식량, 주택 등 생존 필수자원이 부족해질 수 있으며 이로 인

하여 보건생태계가 붕괴될 수 있다. 이러한 위험 가능성은 선제적으로 기후변화 적응을 위한 투자를 어느 수준으로 할 수 있느냐에 따라 개인별, 지역별, 국가별 차이가 클 것으로 예상되며, 취약 그룹의 피해는 기후난민 발생으로까지 이어질 수 있다. 이에 따라 지역 간의 연대 필요성이 점차 커질 것이나 동시에 그로 인한 지역 간의 갈등도 심화될 가능성이 있다.

3 미래준비도 향상전략: 연구

우리나라의 기후변화 건강영향에 대한 증거는 몇몇 분야에서 입증되어 있으나 대중적인 인식은 여전히 초기단계로, 보건정책의 변화로 이어지기 위해서는 인식의 전환이 필요한 상황이다. 기후변화와 신종 감염병 출현 간의 관계는 곤충 매개 감염병, 수인성 감염병, 식품 매개 감염병에 비해 연구가 초기 수준에 머물러 있다. 따라서 신종 감염병과 관련이 있는 동물 매개체, 병원체에 대한 연구와 매개체 전파경로 역학조사와 같이 인간-동물-자연환경 간의 복잡한 상호작용에 대한 과학적인 연구가 심도 있게 진행될 필요가 있다고 생각한다.

연구 결과가 대중에게 효과적으로 전달이 되고 정책 수립의 근거로 활용되기 위해서는 기후변화에 의한 건강 위해요소 정보가 수치적으로, 시각적으로 제공될 필요가 있다고 본다. 이러한 목적에서 지역별 건강 위해요소 정보를 축적하는 연구와 함께 축적된 정보가 지역별로 표기된 ‘위험지도’를 개발하여 활용할 수 있을 것이다. 건강 위해요소로는 대표적으로 미세먼지 정보가 있으며, 온실가스 농도, 생활화학물질 유해성 등이 포함될 수 있고, 이러한 정보가 지역주민들이 이해하기 쉬운 ‘위험성’으로 해석되어야 할 것이다.

최근에는 ‘기후변화’ 대신 ‘기후위기’라는 표현을 자주 접하게 되는데, 이는 기후변화로 인한 영향이 인간의 삶에 미칠 수 있는 위험성의 정도가 ‘위기’ 상황으로 인식되기 시작했음을 시사한다고 볼 수 있다. 기후변화로 인한 재해의 규모와 빈도가 증가하는 추세를 고려했을 때 적절한 수준의 정책적 대응을 준비하기 위하여 기후변화로 인한 재난 영향을 과학적으로 밝히는 영향평가가 선행되어야 한다. 그리고 회복 배당금(resilience dividend) 가치평가제도를 도입하여 현재 또는 미래 재난 상황을 가정하여 도시기반시설(주거, 의료, 사회인프라 등)에 선제 투자의 편익을 평가하는 등 미래예측에 기반하여

기후변화 적응정책 효과를 과학적으로 평가하는 방법을 개발할 필요가 있다고 생각한다.

기후변화에 의한 건강영향 관련 미래준비도 향상에 필요한 연구주제

- 기후변화와 신종 감염병 간의 관계(매개체, 전파경로 등)에 관한 과학적 분석
- 기후변화→환경오염→건강 간의 인과관계에 대한 과학적 분석
- 기후 재난 상황으로부터의 재할, 회복 전략
- 기후변화로 인한 건강 피해 위험지도 제작
- 기후 재난 영향에 관한 미래예측 기반 회복 배당금 가치평가 연구

4 미래준비도 향상전략: 정책

최근 전 세계를 혼란에 몰아넣고 있는 코로나19와 같은 전염병 확산 등 건강 재난 상황에 대응하기 위한 응급의료체제와 지역의료체제가 강화될 필요성과 함께 공공의료체제의 효과적인 운영을 위한 개편안이 시급하다고 여겨진다. 또한 UNDRR의 기후변화로 인한 재난 회복력(resilience) 강화의 연계선상에서 우리나라도 회복력 강화 프로그램이 개발될 필요가 있다고 본다. 이때 지역사회의 역할이 매우 중요하며 재난 회복을 지원하는 주체와 재난 약자의 긴밀한 상호작용이 가능한 네트워크가 구축되는 것이 바람직할 것이다. 또한, 지역 보건소, 학교, 노인·아동 시설 등 간의 협력을 통하여 지역주민의 건강 증진 역량을 강화할 수 있을 것으로 기대한다.

위와 같은 정책을 도입하기 전 기후변화를 재난으로 정의하고 이에 의한 건강영향 대책을 재난 대책의 수준으로 격상하는 작업이 선행되어야 한다. 그렇게 되면 재난 상황에 대비하는 차원에서 건강영향을 완화하기 위한 도시기반시설(주거, 의료 사회인프라 등) 선제 투자 편익을 평가할 수 있을 것이다. 이러한 기반이 갖춰진 상태에서 기후변화 대응을 위한 도시계획의 내용은 지금과 많이 달라질 수 있을 것이며, 기후변화로 인한 건강영향을 최소화하고 적응력 및 회복력을 강화하기 위한 전략이 도시계획에서 지금보다 중요한 요소로 다뤄질 것으로 예상된다.

그동안 기후변화 요인이 보건정책 영역에서 소홀하게 다뤄져왔으나 2017년 개정된 보건 의료기본법상에 기후보건영향평가가 제도화된 것은 고무적인 변화이다. 그러나 형식

이 아닌 내용상 실효성 있는 제도로 정착이 될 수 있도록 예산 확보가 필요하며 질병관리청 안에 전담부서 인력을 확충하여 지금보다 넓은 범위의 기후변화 영향 대응 보건정책을 추진할 수 있도록 기반을 확충할 필요가 있다.

폭염으로 인한 건강영향 대응은 건강부문에서의 대표적인 기후변화 대응 정책 영역이며, 지금은 기온 및 노인 연령과 같이 일괄적인 기준에 의거한 정책이 시행되고 있다. 그러나 폭염 영향이 사회·경제적 요인과 거주환경(도시/비도시지역)에 따라 그 정도에 편차가 크므로 지금의 폭염 대응 정책보다 세분화된 가이드라인이 마련될 필요가 있다. 시설 확충을 통한 대응 정책으로는 이동식 그늘막 설치, 그늘 보행로 확대, 식수대 확대 등이 가능하며, 기존의 정책 보완 내용으로 여름철 무더위 쉼터 개방시간 연장, 독거노인 상시 모니터링 프로그램 도입 등을 고려해볼 필요가 있다고 생각한다.

폭염을 포함한 기후변화, 자연재해, 고령화 등 예상되는 미래의 위기에 대응하고 회복력 있는 도시를 만드는 것은 도시의 지속가능성 측면에서 반드시 필요하며, 여기에는 에너지 및 기후변화, 건강과 웰니스, 안전 등이 포함될 수 있으며, 이러한 영역들은 개별적으로 존재하기보다는 상호 간에 연결이 되어 있다. 현재의 기후변화 대응 정책의 포괄성 및 효과성을 높이기 위해 ‘건강도시’ 개념이 제안되었는데, 이는 가입 및 참여에 의의를 두는 수준으로, 건강 불평등 완화 및 건강 증진을 위한 실질적 노력을 강제할 수 없어 실행력을 장담할 수 없다는 한계점이 있다. 대안적으로 제도화된 국제안전도시는 인증과정을 고려해 볼 수 있으며, 이것을 기후변화 대응 보건정책의 맥락에서 활용할 수 있을 것이다.

기후변화에 의한 건강영향 관련 미래준비도 향상에 필요한 정책

- 기후보건영향평가의 실효성 증대를 위한 예산·인력 확보
- 기후변화를 재난으로 정의, 재난 상황을 가정하여 도시기반시설에의 선제 투자 편익 평가
- 재난 상황으로부터 재할, 회복력 강화를 위한 프로그램 개발
- 지역주민 역량 강화를 위한 지역의료기관-보건소-NGOs-학교-민간 노인·아동 시설과의 연계
- 전염병 등 재난 상황에 대응하기 위한 지역의료체계 및 공공의료체계 개편
- 건강 불평등 완화와 건강 증진을 위한 “건강도시” 또는 “안전도시” 인증제도 도입
- 지속가능한 발전 관점에서의 도시계획과 건강도시의 연계(모니터링 지표)
- 사회경제적 여건(연령, 소득, 직업 등)에 따른 폭염 영향 대상 확대
- 무더위 쉼터 야간 연장 운영, 이동식 에어컨 대여, 독거노인 상시 모니터링, 이동식 그늘막, 그늘 보행로, 식수 확대 등

제 5 장

결론 및 제언

제1절 미래대비 주요 정책의제

제2절 선제대응을 위한 연구주제

본 연구에서는 기후변화가 우리의 삶에 미치는 영역을 ‘자연’에 가까운 영역에서부터 ‘인간’까지 크게 4개의 영역(환경, 에너지, 정주여건, 사회)과 12개 세부 분과로 구분하여 살펴보았다. 기후변화가 과거, 현재, 미래 사회에 미치는 영향에 대하여 문헌조사를 하고, 그와 비교했을 때 국내 연구, 행정부 정책, 입법부 정책이 어떠한 ‘기후변화 영향’에 양적으로 집중되었는지를 텍스트 마이닝 기법을 활용하여 분석하였으며, 상대적으로 다뤄진 빈도가 낮은 ‘기후변화 영향’에 대하여 미래대비도를 높이기 위한 추가적인 논의를 진행하였다. 양적으로 미래대비가 부족한 ‘기후변화 영향’은 (1) 종의 이동(환경 분과), (2) 에너지 공급 안정성(에너지 분과), (3) 교통시스템(정주여건 분과), (4) 보건정책(사회 분과)으로 도출되었으며, 세부적인 연구주제 및 정책 어젠다는 전문가 세미나, 토론 및 자문을 통하여 조사하였다. 제5장에서는 이러한 전문가 의견 수렴 과정에서 얻어진 정보와 내부 연구진의 문헌 분석 결과를 종합적으로 정리한 결과를 보여준다.

위와 같은 일련의 분석과정을 통하여 본 연구는 광범위한 국내 기후변화 영향 대응에 대한 연구와 정책 지형의 전반을 확인하고, 이미 예측되었거나 위험성을 인지하고 있는 기후변화 영향 대비 연구와 정책에서 양적으로 부족한 부분을 분석하는 방법론을 시범적으로 사용하였다는 점에서 의의를 가진다. 단, 본 연구가 ‘국내 기후변화 영향’ 및 ‘국내 연구·정책’을 주요 분석 대상으로 설정함에 따라 해외의 선진 연구 및 정책과의 상대비교는 연구 내용에 포함하지 않았으며 이는 향후 심화연구를 통하여 보완될 필요가 있는 부분이라고 생각한다.

제 1절 미래대비 주요 정책의제

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

제3절에서 행정부 정책자료를 분석한 결과와 국내 연구현황 및 입법 정책 분석 결과를 비교했을 때, 행정부 정책의 경우 1차 산업에의 영향과 관련한 주제가 세분화되어 있는 반면, 에너지, 저탄소 기술 및 그와 관련한 산업에 대한 비중이 낮은 것을 확인할 수 있었

다. 입법부 정책의 경우 행정부 정책과 비교했을 때 상대적으로 에너지 분과에 해당하는 정책 내용이 중요하게 다뤄졌으며, 그와 관련한 산업 활동과 환경오염을 비롯한 재난·안전과 같이 온실가스 저감 및 국민의 생존과 관련한 내용을 집중적으로 다루었음을 확인하였다.

종의 이동과 보건정책의 경우 공통적으로 환경의 질과 생태계 등 자연환경의 변화가 인간의 삶의 질에 밀접하게 영향을 주는 동시에, 인구변화 또는 도시화와 같은 사회변화가 복합적인 작용을 하는 특징을 가진다. 또한, 그동안 기후변화가 해당 정책(행정부, 입법부)에서 상대적으로 중요하게 다뤄지지 않았다는 공통의 이슈를 가지고 있다. 기후변화로 인한 종의 이동이 도시 거주민(우리나라의 경우 전체 인구의 92%가량이 도시에 살고 있음.)에게 미치는 영향을 체감하기 어려우며, 보건정책의 경우도 기후변화가 건강에 미치는 간접적인 영향을 체감하기 어렵기 때문에 두 주제 모두 중요하게 다루어지지 않았다.

에너지 공급 안정성과 교통시스템 부문은 온실가스 배출과 관련한 기술개발, 저탄소 정책, 산업 등과 밀접한 관련을 가지고 있으며, 행정부와 입법부 모두 ‘온실가스 배출’과 관련한 정책 집중도가 높았으나 에너지와 교통 사용자의 삶과 관련한 정주여건과의 연계성이 부족하다는 이슈를 발견할 수 있었다. 그리고 현재 수준의 전력·에너지·교통 수요량에 기반한 공급자 또는 에너지원 중심의 정책이 주를 이루는 데에서 발생할 수 있는 한계점을 발견할 수 있었다.

네 개의 분과 공통으로 정책 수립 시 코로나19와 같이 전 세계 사람들의 삶의 양식에 변화를 가져다주는 요인을 기후변화 요인과 함께 고려할 필요가 있으며, 미래사회 변화에 대한 예측에 기반한 정책 수립이 중요하다는 점도 주목할 부분이다.

종의 이동 부문에서는 생태계 서비스에 대한 시민의식의 변화가 중요하고, 수단적인 측면에서 도시 생태계 개선을 위한 녹지화 전략과 그를 뒷받침할 그린 인프라 구축을 확대할 제도적인 장치를 강화할 필요가 있으며, 특히 도시습지 조성을 위한 제도화 노력이 필요하다. 이러한 정책 어젠다는 정부 주도의 지원정책 및 제도화를 통해 변화를 이끄는 하향식(top-down) 방식이 주를 이룬다는 점이 특징적이다. 한편, 종의 이동 부문에서는 ‘동물’의 이동에 관한 정책 어젠다가 도출되지 못했는데, 관련 기반연구가 부족하여 그 부분이 선행될 필요가 있어 보인다.

에너지 공급 안정성 부문에서는 2050 탄소중립 목표 달성이라는 목적하에서 실현가능

한 에너지 전환 로드맵이 필요하며, 변화를 촉진하는 제도적, 정책적 수단이 마련될 필요가 있다. 그동안 신재생에너지 발전비율 확대 등과 같은 에너지 공급원 중심의 에너지 전환 정책에서 에너지 수요를 저감할 수 있는 도시공간 설계와 시장 메커니즘 활용방안 등 소비자가 고려된 정책으로의 전환이 필요하다고 생각한다. 이를 위해 수요를 효과적으로 조절할 수 있는 전력/연료 가격조정 및 제반 제도를 정비할 필요가 있으며 관련 정책 수립 시 지자체와 국민의 참여를 중요한 절차로 고려해야 한다. 또한 에너지 전환으로 발생하는 일자리 변화에 국민이 대비할 수 있도록 인력 양성 및 재교육 등의 지원 정책 마련도 시급한 상황이다.

교통시스템 부문에서는 미래 교통시스템을 준비하기 위해 교통수단 사용자의 사용 패턴 변화를 고려하는 것이 중요하며, 포스트 코로나 시대의 교통 수요 및 이동양상의 변화 예측에 기반한 도시계획 및 교통정책이 필요하다. 또한 대기오염으로 인한 피해를 줄이고 온실가스 배출을 줄이는 목적의 제도에 대한 고민이 필요하고, 관련 정부기본계획의 수정이 뒤따라야 할 것으로 보인다. 한편, 기후 재난에 취약한 기후인프라의 위험성을 재평가하여 정부 및 지자체의 관리 수준을 재조정하고 도시의 회복력을 높이는 정책이 마련될 필요가 있다.

보건정책 부문에서는 코로나19와 같은 건강 재난 상황에 대응하기 위한 지역의료체계의 개편안 마련이 시급한 상황이라고 생각한다. 우선 기후변화를 재난의 수준으로 정의하고 그에 걸맞은 대책 및 선제적 투자가 필요하며, 기후보건평가의 실효성을 높이는 등 기후변화의 건강영향에 대한 시급성을 재평가할 필요가 있다. 기후변화의 건강영향 가운데 대표적인 폭염과 관련된 보건정책은 지금의 일괄 기준 적용 방식에서 취약계층 밀착형 지원 방식으로의 전환 방법을 모색할 필요가 있으며, 관련하여 ‘건강도시’ 정책을 강화하는 것이 바람직하다고 생각한다.

이상에서 제시된 정책 어젠다를 구체화하여 주제별로 아래 [표 5-1]에 정리하였다.

[표 5-1] 기후변화 영향 대응 취약 영역에 대한 미래대비도 향상을 위한 정책 어젠다

취약 영역	정책 어젠다
종(種)의 이동 (환경 분과)	- 기후변화 적응력 & 회복력 강화를 위한 도시계획 - 도시 그린 인프라 구축 촉진: 도시 인공지반 녹화, 도시농업 활성화, 도시 숲 조성, 빗물 이용 등 (도시) 인공습지 조성 제도화(관련법: 환경정책기본법, 습지보전법, 자연환경보전법, 환경영향평가법, 국토법 등) - 외국의 습지은행, 습지총량제, 습지보전제도 벤치마킹 - 녹지조성 인센티브 제도: 그린 크레딧, 그린뱅킹 등
에너지 공급 안정성 (에너지 분과)	- 에너지 효율 향상 및 소비량 저감 정책 강화(공급 중심 정책으로부터의 전환) - 전력 가격조정에 대한 사회적 공감대 형성 - 전력 가격조정을 통한 소비량 조절 및 재생에너지 비중 확대 정책 - 유가보조금 정책 수정 - 탄소 가격제(탄소세, 배출권거래제, 탄소 크레딧 등) 효율성 제고 - 온실가스 다배출 부문(건물, 수송, 산업 등) 온실가스 배출 총량제 법제화 - 지속가능한 생산·소비 및 녹색도시 부문에 순환경제 정책 확대 도입 - 온실가스 배출 및 에너지 전환 등과 관련한 통합 데이터 관리 플랫폼 구축 및 데이터 통합 관리를 위한 거버넌스 정비 - 전통 에너지 산업 종사 인력 재배치 또는 재교육 전략 수립
교통시스템 (정주여건 분과)	- 비대면 생활환경(디지털 뉴딜)과 교통 수요/공급 재편(그린뉴딜)을 교차 만족시킬 수 있는 전략 수립 - 신규 교통수단(personal mobility 등)과 대중교통 중심의 도시계획 - 주행세 도입 - 탈내연기관화 촉진을 위한 정부기본계획 목표 조정 - 이상기후 위험을 반영한 교통 SOC 예비타당성 평가 기준 마련 & 환경영향평가 평가 항목 도입
보건정책 (사회 분과)	- 기후보건영향평가의 실효성 증대를 위한 예산인력 확보 - 기후변화를 재난으로 정의, 재난 상황을 가정하여 도시기반시설에의 선제 투자 편익 평가 - 재난 상황으로부터 재할, 회복력 강화를 위한 프로그램 개발 - 지역주민 역량 강화를 위한 지역의료기관-보건소-NGOs-학교-민간 노인·아동 시설과의 연계 - 전염병 등 재난 상황에 대응하기 위한 지역의료체계 및 공공의료체계 개편 - 건강 불평등 완화와 건강 증진을 위한 “건강도시” 또는 “안전도시” 인증제도 도입 - 지속가능한 발전 관점에서의 도시계획과 건강도시의 연계(모니터링 지표) - 사회경제적 여건(연령, 소득, 직업 등)에 따른 폭염 영향 대상 확대 - 무더위 쉼터 야간 연장 운영, 이동식 에어컨 대여, 독거노인 상시 모니터링, 이동식 그늘막, 그늘 보행로, 식수 확대 등

제2절

선제대응을 위한 연구주제

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

제3절에서 기후변화 관련 국내 연구주제를 분석한 결과, 크게 에너지, 탄소배출과 관련한 연구와 기상·기후현상을 포함한 자연환경 및 생태계와 관련한 연구로 구분되어 있으며, 전반적으로 사회 분과의 주제가 세분화되지 않고 주변화된 특징을 확인하였다. 이로 부터 기후변화의 사회 영향 또는 간접적인 파급효과에 대한 연구가 상대적으로 부족하다는 이슈를 파악하였다.

기후변화로 인한 동식물종의 이동에 대한 연구 결과는 이미 잘 알려져 있으나, 종의 이동이 원인이 되어 인간에게, 특히 도시 거주민에게 어떤 영향을 미치게 되는지에 대한 연구는 부족한 상황이다. 이와는 대조적으로 기후변화가 건강에 미치는 간접적인 영향에 대해서는 여전히 밝혀지지 않은 부분이 많아 이에 대한 기초연구가 필요해 보인다. 그러나 두 분야 공통적으로 기후변화가 인간의 삶에 미치는 간접적인 영향에 대한 연구가 부족한 데서 오는 문제점을 공유한다.

에너지 공급 안정성과 교통시스템 부문의 연구 또한 온실가스 배출과 관련한 기술개발, 저탄소 정책, 산업 등과 밀접한 관련이 있으며, 주로 신재생에너지와 같은 기후변화 완화 ‘기술’에 집중되어 있다. 정책에서 언급되었던 문제점이 연구 분야에서도 공통적으로 존재하며, 두 부문 모두 세부 연구 분야들이 부처별로 파편화되어 추진됨에 따라 기술력 향상 과제 또는 경제성 중심의 평가 과제 등이 백화점식으로 기획되고 진행되어 왔다. 이에 따라 온실가스 감축 및 지속가능발전과 같은 국가적 목표를 달성을 위한 연구가 통합적인 시각에서 기획되기 어려운 환경이라는 점이 한계점으로 파악되었다.

네 개의 분과 공통으로 과학적인 정책 지원을 위한 ‘정보’와 ‘데이터’ 구축이 중요하게 다뤄졌으며, 기후변화 적응력 향상(회복력 강화 등), 온실가스 감축과 같은 목적 달성을 위해 필요한 주제가 제안되었다.

종의 이동 부문에서는 생태계 변화에 대한 정보화 과제가 주요 추진과제 중 하나로 도출되었으며, 특히 새로운 기후변화 시나리오 조건에서 멸종 위기종과 서식지 변화에 대한

예측 정보가 구축될 필요가 있다. 이러한 정보는 관련한 적응 전략 도출에 활용할 수 있을 것으로 기대한다. 또한, 기후변화 완화 전략이면서 동시에 적응 전략으로 활용될 수 있는 도시녹지(습지 포함)의 영향에 대한 과학적인 분석 연구를 통하여, 관련 정책을 추진하는 데에 근거자료를 제공할 수 있어야 한다.

에너지 공급 안정성 부문에서는 온실가스 감축의 실효성 제고 차원에서 산업계 지원 및 기술 실증화 연구가 필요하다고 생각한다. 또한 온실가스 저감 효과는 평가 대상을 어떻게 정의하느냐에 따라 다른 결과가 나올 수 있는데, 전 지구 단위의 온실가스 저감을 목표로 하는 경우 원료 생산부터 사용, 폐기 과정을 아우르는 순환경제 관점에서 전 주기 평가(LCA)가 필요하며, 다양한 공정 프로세스와 운송 과정 등이 반영될 수 있도록 LCA 고도화 연구가 필요하다. 또한 에너지 전환 요소 기술개발뿐만 아니라 그것을 사용하는 데 필요한 인프라 구축과 관련한 모델링 연구도 동시에 진행되어야 하며, 이때 에너지 수요·공급 시나리오 연구가 선행되어야 할 것이다.

교통시스템 부문에서는 기후변화로 인한 다양한 문제(자연재해, 환경오염, 감염병 출현 등)가 교통시스템에 미치는 영향에 대한 연구가 미흡하여 이에 대한 기초연구가 우선적으로 진행될 필요가 있다고 생각한다. 특히 기후변화가 도시·비도시 주민의 이동패턴과 교통수단의 수요 변화에 어떠한 영향을 미칠지 예측하고, 그에 기반하여 대중교통, 자전거, 전동차, 자가용 등의 운행이 지금과 어떻게 달라질 것인지에 대한 연구가 필요하다. 이때 기후변화와 함께 디지털화와 같은 사회·경제적 변화도 영향 분석에 함께 고려되어야 할 것이다.

보건정책 부문에서는 최근에 전 세계적으로 인간의 삶에 영향을 주고 있는 코로나19의 출현과 관련한 연구가 부족하다는 문제가 가장 두드러지게 나타났다. 특히 신종 감염병과 관련이 있는 동물 매개체, 병원체에 대한 연구와 매개체 전파경로 역학조사와 같이 인간-동물-자연환경 간의 복잡한 상호작용에 대한 과학적인 연구가 필요하다. 감염병 이외에도 기후변화로 인한 인간 건강 위해요소 정보가 대중들에게 제공될 필요가 있으며, 이를 위해 지역별로 건강 위해요소 정보가 축적될 필요가 있다. 그리고 연구로 축적된 정보는 대중이 직관적으로 이해할 수 있도록 시각화 툴 등을 이용한 효과적인 리스크 커뮤니케이션 방법이 개발될 필요가 있다고 본다.

이상에서 제시된 연구주제를 구체화하여 주제별로 아래 [표 5-2]에 정리하였다.

[표 5-2] 기후변화 영향 대응 취약 영역에 대한 미래대비도 향상을 위한 연구주제

취약 영역	연구주제
종(種)의 이동 (환경 분과)	• 기후변화로 인한 생태계 변화 정보(생태정보 플랫폼) 구축 • 생물다양성 감소가 도시 거주민에게 미치는 영향에 관한 기초연구 • 서식지 이동과 신종 감염병 출현 간의 관계 분석 • 기후변화에 따른 농작물 공급 불균형 등 식량자원 안보에의 영향 • 해양생태계 변화에 따른 생태계 서비스 영향 • 습지의 기후변화 완화 기능에 대한 과학적 분석 • 기후변화 및 도시화에 의한 습지생태계 변화 분석
에너지 공급 안정성 (에너지 분과)	• 기업의 기후변화 정책 대응을 위한 기술·정보 지원(기술개발 이후의 시스템 구현, 플랫폼 구축 및 실증 연구 포함) • 중대형 수송 수단의 전력화에 따른 전력 수요 및 전력망 부하 예측: 중대형 연료 수소 전환에 필요한 수소 충전소 모델 • 에너지 기술별 온실가스 감축 효과 분석·예측을 위한 DB 구축 및 분석 모델 개발 • 신재생에너지 생산의 온실가스 배출량 전 주기 평가(LCA) • 소비자 중심의 온실가스 탄소 회계 (연료 채굴, 제품 생산, 사용, 폐기 과정 세분화) • 순환경제의 온실가스 배출 및 에너지 수요량 저감 효과 평가
교통시스템 (정주여건 분과)	• 포스트 코로나 시대의 새로운 도시환경 및 사회경제적 변화가 교통 수요 및 공급에 미치는 영향 • 중장기 교통정책 수립의 기반연구로서 Tactical urbanism 연구 • 폭설, 폭염, 폭우, 해수면 상승으로 인한 교통인프라 피해 예측 • 스마트그린시티 내 이동성 측면에서 도시공간 구조 연구 • 지능형 교통체계(C-ITS) 기반 교통 대기오염 정보 서비스(교통량, 속도, 차종, 도로 조건 등을 고려한 거시/미시 모델링)
보건정책 (사회 분과)	• 기후변화와 신종 감염병 간의 관계(매개체, 전파경로 등)에 관한 과학적 분석 • 기후변화→환경오염→건강 간의 인과관계에 대한 과학적 분석 • 기후 재난 상황으로부터의 재할, 회복 전략 • 기후변화로 인한 건강 피해 위험지도 제작 • 기후 재난 영향에 관한 미래예측 기반 회복 배당금 가치평가 연구

참고문헌

1. 문헌자료
2. 웹사이트

참 고 문 헌

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

1 문헌자료

- 과학기술정보통신부, 녹색기술센터(2020), 「2018년도 기후기술 분류체계 적용 국가연구개발사업 투자·성과분석」.
- 관계부처합동(2015), 「제2차 국가기후변화 적응대책」.
- 관계부처합동(2018.07.), 「2030 온실가스 감축 로드맵 수정안」.
- 관계부처합동(2019), 「제2차 기후변화대응 기본계획」.
- 관계부처합동(2020a), 「제3차 국가기후변화 적응대책」.
- 관계부처합동(2020b), 「한국판 뉴딜 종합계획-선도국가로 도약하는 대한민국으로 대전환」.
- 산업통상자원부(2019), 「제3차 에너지기본계획」.
- 에너지경제연구원(2020a), 「2019 장기에너지전망」.
- 에너지경제연구원(2020b), 「2020 중기 에너지수요전망(2019~2024)」.
- 한국농촌경제연구원(2011), 「농업전망 2011(1)-농업·농촌과 농식품산업: 새로운 시장과 기회」.
- 환경부(2020), 「한국 기후변화 평가보고서 2020-기후변화 영향 및 적응」.
- 환경부 온실가스 종합정보센터(2019), 「2019 국가 온실가스 인벤토리 보고서」.
- 강범일·송민·조화순(2013), 「토픽 모델링을 이용한 신문 자료의 오피니언 마이닝에 대한 연구」, 『한국문헌정보학회지』, 47(4), 한국문헌정보학회, pp. 315~334.
- 구정우·조성권(2017), 「언론을 통해 본 한국의 ODA: 토픽 모델링을 활용한 신문기사 분석, 1993~ 2016」, 『국제지역연구』, 26(3), 서울대학교 국제대학원, pp. 173~210.

- 구희성(2009), 「기후변화가 축산업에 미치는 영향: 해외 연구 동향 분석」, 『기후연구』, 4(2), 건국대학교 기후연구소, pp. 110~117.
- 김묘정·김광섭(2018), 「26 GCM 결과를 이용한 미래 홍수피해액 예측」, 『Journal of Korea Water Resources Association. Korea Water Resources Association』, 51(11), 한국수자원학회, pp. 1149~1159.
- 김시현·장재연(2010), 「국내 기후변화 관련 감염병과 기상요인간의 상관성」, 『예방의학 회지』, 43(5), 대한예방의학회, pp. 436~444.
- 김윤권 외(2019), 「미래예견적 국정관리와 정부혁신」, 경제·인문사회연구회.
- 김청일·오윤경(2018), 「기후변화 대응정책 방향 모색을 위한 연구동향 분석: 완화 (mitigation)와 적응 (adaptation) 전략을 중심으로」, 『한국행정논집』, 30(3), 한국 정부학회, pp. 577~599.
- 문동지·연다인·김희웅(2018), 「토픽 모델링 기반 한국 노인의 행복과 불행 이슈 분석」, 『Information systems review』, 20(2), 한국경영정보학회, pp. 139~161.
- 박승정·전진오·김선우·김성태(2017), 「국내 주요일간지의 대통령 이슈소유권에 대한 빅 데이터 분석: LDA (latent Dirichlet allocation) 토픽 모델링 (Topic Modeling) 을 중심으로」, 『정치·정보연구』, 20(3), 한국정치정보학회, pp. 25~55.
- 박은정·조성준(2014), 「KoNLPy: 쉽고 간결한 한국어 정보처리 파이썬 패키지」, 『제26 회 한글 및 한국어 정보처리 학술대회 논문집』, 언어공학연구회, pp. 1~4.
- 박자현·송민(2013), 「토픽모델링을 활용한 국내 문헌정보학 연구동향 분석」, 『정보관리 학회지』, 30(1), 한국정보관리학회, pp. 7~32.
- 박종도(2019), 「토픽 모델링을 활용한 다문화 연구의 이슈 추적 연구」, 『한국문헌정보학 회지』, 53(3), 한국문헌정보학회, pp. 273~289.
- 박주섭·홍순구·김종원(2017), 「토픽모델링을 활용한 과학기술동향 및 예측에 관한 연구」, 『한국산업정보학회논문지』, 22(4), 한국산업정보학회, pp. 19~28.
- 박창석 외(2014), 「제2차 국가기후변화적응대책 수립방안 연구」, 한국환경정책·평가연구원.

- 박철호 외(2020), 「기후변화대응 국가 R&D 및 국내외 기관 조사·분석연구」, 국가과학기술자문회의.
- 박현정·김한나·홍유정(2017), 「토픽모델링을 활용한 학생인권조례의 사회적 이슈 분석」, 아시아교육연구.
- 안영환 외(2010), 「에너지부문의 기후변화 적응전략에 대한 탐색적 연구」, 『에너지경제연구』, 9(2), 에너지경제연구원, pp. 153~185. 유이선 외(2017), 「신기후체제하에서의 산업정책적 제언을 위한 연구」, 산업연구원.
- 유재호·전의찬·김하나(2019), 「텍스트 분석을 활용한 기후변화 연구 동향 분석-한국기후변화학회지를 중심으로」, 『한국기후변화학회지』, 10(3), 한국기후변화학회, pp. 161~172.
- 윤경준(2017), 「환경행정 거버넌스 개편방향」, 『한국환경정책학회 학술대회논문집』, 한국정책학회, pp. 65~79.
- 이길상·진대용·송슬기·최희선(2019), 「텍스트 분석을 통한 국내 ‘회복력’ 관련 연구동향, 도시 기후변화 및 재난재해를 중심으로」, 『한국기후변화학회지』, 10(4), 한국기후변화학회, pp. 401~414.
- 이은석 외(2019), 「2019 기후변화 대응 건축·도시 정책동향」, 건축도시공간연구소.
- 이재경·김영오·강노을(2012), 「한반도 수자원분야 기후변화 연구동향 분석」, 『한국기후변화학회지』, 3(1), 한국기후변화학회, pp. 71~88.
- 장서연·신동훈(2013), 「우리나라 에너지 기후변화 교육 연구의 실태 및 동향 분석」, 『에너지기후변화교육』, 3(2), 에너지기후변화교육학회, pp. 115~125.
- 전호철·정예민(2018), 「에너지 수요전망모형 개발 기초연구」, 한국환경정책평가연구원.
- 조항문·이윤희(2018), 「서울시 폭염 대응력 향상 방안」, 서울연구원.
- 채수미 외(2014), 「기온과 지역특성이 말라리아 발생에 미치는 영향」, 『보건사회연구』, 34(1), 한국보건사회연구원, pp. 436~455.
- 채여라 외(2020), 「2020 폭염영향보고서」, 한국환경정책·평가연구원.

최재성(2019), 「친환경차 보급확대에 따른 교통 분야 세입감소 대응방안」, 『국토정책 브리프』, 국토연구원.

최충익·강보영(2012), 「기후변화 연구에 관한 사회연결망 분석과 합의」, 『한국지역개발학회지』, 24(5), 한국지역개발학회, pp. 1~20.

하종식(2014), 「한국의 건강 분야 기후변화적응 연구동향 분석」, 『한국기후변화학회지』, 5(2), 한국기후변화학회, pp. 139~151.

홍종호 외(2019), 「대한민국 RE100 비전과 일자리 창출」, 에너지경제연구원.

Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I.(2003), “Latent dirichlet allocation”, *Journal of machine Learning research*, 3(Jan), pp. 993-1022.

Blei, D. M.(2012), “Probabilistic topic models” *Communications of the ACM*, 55(4), pp. 77-84.

Chang, J., Gerrish, S., Wang, C., Boyd-Graber, J., & Blei, D.(2009), “Reading tea leaves: How humans interpret topic models”, *Advances in neural information processing systems*, 22, pp. 288-296.

CRED and UNDRR(2020), “Human cost of disasters-an overview of the last 20 years 2000~2019”.

Diaz, S., Demissew, S., Carabias, J., Joly, C., Lonsdale, M., Ash, N., & Zlatanova, D., (2015), “The IPBES Conceptual Framework?connecting nature and people”, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 14, pp. 1-16.

IEA(2020a), “Energy Technology Perspectives 2020”.

IEA(2020b), “Sustainable Recovery – World Energy Outlook Special Report”.

IPBES(2019), “Global assessment report on biodiversity and ecosystem services-summary for policy makers”.

IRENA(2020), “The Post-COVID Recovery”.

- IPCC(1990), “Climate Change, The IPCC Impacts Assessment, Contribution of Working Group II to the First Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”.
- IPCC(1995), “Climate Change 1995, Impacts, Adaptation and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analysis, Contribution of Working Group II to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”.
- IPCC(2001), “Climate Change 2001, Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”.
- IPCC(2007), “Climate Change 2007, Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”.
- IPCC(2012), “Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Group I and II of the IPCC”.
- IPCC(2014a), “Climate Change 2014, Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B, Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”.
- IPCC(2014b), “Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change”.
- IPCC(2018), “Global Warming of 1.5°C”.(IPCC Special Report)
- McCallum, A. K.(2002), “Mallet: A machine learning for language toolkit”, <http://mallet.cs.umass.edu>.

NESTA(2020), “Preparing the UK workforce for the transition to a net-zero economy”.

OECD(2008), “OECD Environmental Outlook to 2030”.

Rehurek, R., & Sojka, P.(2010), “Software framework for topic modelling with large corpora”, Paper presented at the In Proceedings of the LREC 2010 Workshop on New Challenges for NLP Frameworks

Röder, M., Both, A., & Hinneburg, A.(2015), “Exploring the space of topic coherence measures”, Paper presented at the Proceedings of the eighth ACM international conference on Web search and data mining.

Sievert, C., & Shirley, K.(2014), “LDAvis: A method for visualizing and interpreting topics”, Paper presented at the Proceedings of the workshop on interactive language learning, visualization, and interfaces.

UNEP(2019), “Emmissions Gap Report 2019”.

WHO(2003), “Climate Change and Health-Risk and Responses(Summary)”.

WWF(2020), “Living Planet Report 2020 - Bending the curve of biodiversity loss”.

2 웹사이트

국가법령정보센터, <https://www.law.go.kr>

국가정책연구포털, <https://www.nkis.re.kr>

국민참여입법센터, <https://opinion.lawmaking.go.kr>

대한민국 건강도시협의회, <http://www.khcp.kr/hb/main/sub03>

대한민국 정책브리핑 사이트, <https://korea.kr>

한국 과학 기술 정보 연구원, ScienceOn, <https://ScienceOn.kisti.re.kr>

City of Richmond, CA, <http://www.ci.richmond.ca.us/2608/General-Plan-2030>

젠심(Gensim), [https://radimrehurek.com/젠심\(Gensim\)/](https://radimrehurek.com/젠심(Gensim)/)

MAchine Learning for LanguagE Toolkit, <http://mallet.cs.umass.edu>

Strategic Intelligence(World Economic Forum), <https://intelligence.weforum.org/>

Abstract

Exploratory research to enhance preparedness for future climate change impacts

NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

Climate change is regarded as one of the major threats to human society, and highlights the need to devise national and regional strategies to strengthen our resilience to potentially devastating future climate change impacts. The impacts from climate change were classified into four areas (ecology, settlement conditions, energy, society), and we collected risk factors from the literature. This study analyzed Korea's climate change preparedness in each of the administrative or legislative policy and research sectors. We gathered written information such as research papers or reports, press releases, and legislative notices with which we carried out text analysis including keyword extraction and topic analysis. Comparing the risk factors with the quantities of the corresponding documents, we were able to identify areas that were comparatively less prepared (movement of species, transportation system, stability of energy supply, health policy) for future risks from climate change. We organized seminars on these areas to share information on research and policy trends and to discuss the gaps in legislative or administrative policies to be filled to enhance preparedness for future climate change impacts. This study incorporated the discussion results from the seminars to suggest a policy agenda which requires further development

부 록

부록1. 전문가 세미나 프로그램

부록1 전문가 세미나 프로그램

1. 종의 이동

■ 일 시 ■ 2020년 10월 23일(금) 14:00-16:00

■ 장 소 ■ 상연재 컨퍼런스룸8

■ 주 관 ■  한국환경정책학회

■ 주 최 ■  국회미래연구원
NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

Program

좌장: 정종관(충남연구원 명예연구위원)	
14:00-14:30	발제1 : 기후변화 대응과 도시 생태계 - 발표자 : 오충현(동국대학교 교수)
14:30-15:00	발제2 : 습지생태계와 기후변화 - 발표자 : 구본학(상명대학교 교수)
15:00-16:00	종합토론 - 토론자 : 박은영(중부대학교 교수) - 토론자 : 이관규(고려대학교 교수) - 토론자 : 홍창유(제주연구원 책임연구원) - 토론자 : 주우영(국립생태원 생태계서비스팀 팀장)

2. 에너지 공급 안정성

■ 일 시 ■ 2020년 10월 30일(금) 16:00-18:00

■ 장 소 ■ 컨퍼런스하우스달개비

■ 주 관 ■  한국환경정책학회

■ 주 최 ■



Program

좌장: 김기은(서경대학교 교수)

16:00-16:30	발제1 : 국내외 에너지 효율정책과 전망 - 발표자 : 김정인(중앙대학교 교수)
16:30-17:00	발제2 : 기후변화와 석탄발전 - 발표자 : 조용성(에너지경제연구원 원장)
17:00-18:00	종합토론 - 토론자 : 반영운(충북대학교 교수) - 토론자 : 박지영(한국교통연구원 연구위원) - 토론자 : 황인창(서울연구원 부연구위원) - 토론자 : 박주영(고려대학교 교수)

3. 교통시스템

■ 일 시 ■ 2020년 9월 25일(금)

■ 장 소 ■ 상연재 세미나룸7

■ 주 관 ■  한국환경정책학회

■ 주 최 ■  국회미래연구원  서울주택도시공사

Program

좌장: 양광식(순천향대학교 교수)	
16:00-16:10	[개회사] 문태훈(한국환경정책학회 회장)
16:10-16:40	발제1: 세계도시의 교통부문 기후변화 대응 전략 - 발표자 : 고준호(한양대학교 도시대학원 교수)
16:40-17:10	발제2: 기후변화 시대에 교통부문의 실천과제 - 발표자 : 이재훈(한국교통연구원 명예연구위원)
17:10-18:00	종합토론 - 토론자1 : 백호종(한국항공대학교 항공교통물류학부 교수) - 토론자2 : 이선하(국립공주대학교 건설환경공학부 교수) - 토론자3 : 박창석(한국환경정책·평가연구원 선임연구위원) - 토론자4 : 김정곤(서울주택도시공사 스마트시티사업단장)

4. 보건정책

■ 일 시 ■ 2020년 10월 16일(금)

■ 장 소 ■ LW컨벤션 중회의실

■ 주 관 ■  한국환경정책학회

■ 주 최 ■  국회미래연구원
NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE

 KEI 한국환경정책·평가연구원
Korea Environment Institute

Program

좌장: 양광식(순천향대학교 교수)	
10:00-10:20	[개회사] 문태훈(한국환경정책학회 회장) [축사] 윤제용(한국환경정책·평가연구원 원장)
10:20-10:50	발제1: 사회경제환경여건을 고려한 영향 기반 폭염 대응 - 발표자 : 채여라(한국환경정책·평가연구원 기후대기안전연구본부장)
10:50-11:20	발제2: 기후변화 대응을 위한 건강도시 정책 방향 - 발표자 : 강은정(순천향대학교 보건행정경영학과 교수)
11:20-12:00	종합토론 - 토론자1 : 고영호(건축도시공간연구소 고령친화정책연구센터장) - 토론자2 : 강창현(단국대학교 보건복지대학원 원장) - 토론자3 : 채수미(한국보건사회연구원 미래질병대응연구센터장) - 토론자4 : 손창우(서울연구원 도시사회연구실 연구위원)

기후변화 미래영향 대응 기반연구

인 쇄 2020년 12월 27일
발 행 2020년 12월 31일
발 행 인 김 현 곤
발 행 처 국회미래연구원
주 소 서울시 영등포구 의사당대로 1
국회의원회관 2층 222호
전 화 02)786-2190
팩 스 02)786-3977
홈페이지 www.nafi.re.kr
인 쇄 처 명문인쇄공사 02)2079-9200

©2020 국회미래연구원

ISBN 979-11-90858-15-1 (93300)

내일을 여는 국민의 국회



국회미래연구원
NATIONAL ASSEMBLY FUTURES INSTITUTE