

안 내 문

본 연구보고서에 기재된 내용들은 연구책임자의
개인적 견해이며 과학기술정보통신부의 공식견
해가 아님을 알려드립니다.

과학기술정보통신부 장관 유 영 민

제 출 문

과 학 기 술 정 보 통 신 부 장 관 귀 하

본 보고서를 “공정하고 지속가능한 미래사회 구현을 위한
과학기술 연구과제 도출에 관한 연구”의 최종보고서로 제출합니다.

2019. 04. 30.

연구기관명 : 한국과학기술한림원

연구책임자 : 윤 순 창 (인)

연 구 원 : 박 수 진 (인)

연 구 원 : 김 학 진 (인)

목차

1. 연구과제의 개요	1
1.1 연구의 필요성	1
1.2 연구 목표	1
1.3 연구내용 및 범위	1
1.4 추진방법 및 전략	2
2. 미래지구 국내외 현황과 연구의제들	3
2.1 미래지구 설립배경과 정체성	3
2.1.1 미래지구의 탄생	3
2.1.2 미래지구의 정체성	4
2.2 미래지구 해외 현황	6
2.2.1 미국	6
2.2.2 일본	7
2.2.3 독일	8
2.2.4 프랑스	10
2.2.5 스웨덴	10
2.2.6 중국	11
2.3 미래지구 국내 현황	13
2.3.1 미래지구 한국위원회 설립	13
2.3.2 미래지구 한국위원회 활동	13
2.4 미래지구 연구의제들	16
2.4.1 미래지구의 전략연구의제	16
○ 역동하는 지구 관련 핵심 연구의제	16
○ 글로벌 지속가능발전 관련 핵심 연구의제	19
○ 지속가능성으로의 전환 관련 핵심 연구의제	22
2.4.2 미래지구한국의 전략연구의제	26
○ 역동하는 지구 관련 핵심 연구의제	26
○ 글로벌 지속가능발전 관련 핵심 연구의제	27
○ 지속가능성으로의 전환 관련 핵심 연구의제	29

3. 2018년 미래지구한국 토론회와 집담회	31
3.1 2018년 미래지구한국 토론회 (9회)	31
3.2 한반도 지속가능성 집담회 (4회)	50
4. 미래지구한국의 연구과제 (2019)	52
4.1 미래지구한국의 연구과제 도출과정	52
4.2 미래지구한국의 연구과제 (2019)	56
4.2.1 재해위험경감	56
4.2.2 화학물질과 건강	59
4.2.3 미세먼지	62
4.2.4 건강한 식량	64
4.2.5 한반도의 지속가능성	68
4.2.6 질병과 감염병	72
4.2.7 기타 유엔 SDGs 관련 과제	74
참고문헌	80
부록	82

제1장 연구과제의 개요

1.1 연구의 필요성

- 국제과학기구들(ICSU¹⁾ & ISSC²⁾)은 “모든 사람이 공정하고 지속가능한 세상에서 번영하며 사는 것”을 목표로 세계 최대의 사회경제적 및 환경적 문제를 해결하기 위한 국제연구 프로그램인 ‘미래지구(Future Earth)’에 향후 10년간 세계 과학계가 노력을 집중하도록 추진하고 있음(한국과학기술한림원, 2016, “미래지구(Future Earth)”와 국제과학계의 최근동향).
- 우리나라도 미세먼지, 기후변화, 재해 재난, 유해 화학물질(가습기 살균제 등), 감염병(메르스와 조류독감) 등 과학기술이 해결해야 할 사회경제적 및 환경적 문제가 산적해 있음.
- 이러한 문제들은 공정하고 지속가능한 미래사회의 구현을 목적으로 하는 세계 과학계의 ‘미래지구’ 국제연구프로그램과 직·간접적으로 연관되어 있음.
- 그동안 세계 과학계가 개발한 미래지구의 틀을 이용하여 우리나라에서 과학기술이 시급히 해결해야 할 사회경제적 및 환경적 문제의 해법을 찾기 위한 연구과제들을 도출하여, 정부의 과학기술 기반 사회문제 해결형 연구사업에 반영해야 함.

1.2 연구 목표

- 모든 사람들이 공정하고 지속가능한 사회에서 번영하며 살아갈 수 있는 미래사회의 구현을 위해 과학기술이 해결해야 할 사회경제적 및 환경적 문제에 대한 연구 과제를 도출하여 정부의 연구개발 정책에 반영할 수 있도록 함.

1.3 연구의 내용 및 범위

- 연구 내용은 기후변화와 도시화, 인구고령화 및 제4차 산업혁명으로 불리는 디지털 기술 혁신 등의 결과로 발생하는 또는 발생할 것으로 예상되는 사회적 문제들을 중심으로 과학자와 언론인 및 시민사회(NGOs) 등이 같이 선정하는 문제에 대하여 현재의 제도적 문제점과 과학기술의 한계를 심도 깊게 진단하여 과학기술과 사회가 나아가야 할 방향을 제시하고, 이에 필요한 사회문제 해결형 과학기술 연구 과제를 도출함.

1) ICSU: International Council for Sciences - 국제과학연맹이사회, 세계 최대의 민간과학기구

2) ISSC: International Social Science Council - 국제사회과학기구

- 연구 범위는 우리나라의 사회적 및 환경적 문제와 세계과학계의 국제공동프로그램인 ‘미래지구’의 핵심 연구주제 중에서 한국과학기술한림원의 석학들과 서울대학교 아시아연구소의 사회과학자, 과학언론인회 및 시민사회(NGOs) 등 사회의 이해당사자들과 공조하여 아래에 예시한 주제 중에서 시급성과 중요도를 평가하여 우선 순위의 연구 범위를 정함.

- 1) 재해 위험에 대하여 회복성이 강한 사회로 발전하기 위한 과제
- 2) 질병과 감염병(AI, 메르스 등)의 문제와 현행 의료체제의 취약점 진단과 이의 해결을 위한 과제
- 3) 미세먼지 및 화학물질에 의한 건강피해의 진단과 해결을 위한 과제
- 4) 건강한 식량의 생산과 수급체계를 위한 과제
- 5) 북한을 포함한 한반도 전체의 산림 생태계를 보호하고 보전하기 위한 지속가능한 산림의 관리 및 활용을 위한 과제
- 6) 기타 유엔의 지속가능발전목표(SDGs*3) 2016-2030) 중 우리 사회에 문제점으로 부상하는 과제

1.4 추진전략 및 방법

- 우리나라 과학기술 분야 최고의 석학 단체인 한국과학기술한림원(KAST)이 과학언론인회와 공동으로 ‘미래사회를 위한 과학기술포럼(미래지구 토론회)’를 매달 개최하여, 우리나라가 시급히 해결해야 할 사회적 문제들을 정의하고 각 문제에 대한 현재의 과학적, 기술적 한계와 제도적 문제점을 심도 있게 검토하여 과학기술기반 해법을 구하기 위한 연구과제들을 도출함.
- 포럼에 추가하여 과학기술한림원의 석학과 서울대학교 아시아연구소 중심의 사회과학자와 과학언론인회 및 시민사회(NGOs) 등 사회의 이해당사자들이 참여하는 연구회의와 전문가 자문회의를 통하여 ‘미래지구’ 국제본부에서 제시한 미래지구의 핵심의제와 일본의 미래지구위원회가 2년여에 거친 노력 끝에 도출한 연구의제(2017) 등을 연구, 검토하여 공정하고 지속가능한 사회구현을 위한 우리나라의 과학기술기반 사회경제적 및 환경적 연구과제들을 발굴하여 제시함.

3) SDGs: Sustainable Development Goals - 유엔 지속가능발전목표
<https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?menu=1300>

제2장 미래지구 국내외 현황과 연구의제들

2.1 미래지구 설립배경과 정체성

2.1.1 미래지구의 탄생

- 유엔은 2012년 6월 ‘지속가능발전 정상회의 (Rio+20)’를 개최하고 ‘우리가 원하는 미래 (The Future We Want)’라는 선언문을 채택. ‘Rio+20’은 1992년 브라질 리우데자네이루에서 열린 제1차 UN 지속가능발전 정상회의 이후 20년 만에 같은 장소에서 개최된 회의이기 때문에 이같이 불리게 되었음.
- ‘Rio+20’ 회의에는 121개국 정상급 인사들이 참여했으며 녹색경제와 지속가능발전을 위한 관리체계 강화가 주요 의제. 가장 큰 성과물은 지속가능발전목표(Sustainable Development Goals, SDGs) 설정에 합의한 것임. SDGs는 에너지, 식량, 금융, 기후변화 등 인류가 직면하고 있는 다양한 문제를 포괄하고 있으며 2016-2030년 동안 이루어야 할 국가와 다양한 부문의 지속가능발전, 빈곤과 불평등의 해소, 모든 국가에 적용되는 보편성 원칙 강화, 민관협력의 강화, 기업의 참여 확대와 성과보고 책임의 강화 등을 주요 골자로 하는 17개의 발전 목표와 169개의 세부과제 및 230여개의 평가지표로 구성되어 있음.
- ‘Rio+20’에서 채택된 ‘우리가 원하는 미래’ 선언문은 과학기술자들의 역할과 각국의 최고지도자들의 지원에 대해 다음과 같이 말하고 있음. “우리는 지속가능한 발전을 이루는데 과학기술계가 중요한 공헌을 할 것으로 인식한다. 우리는 개발도상국에 중점을 두고 학계, 과학계, 기술계와 함께 일하면서 상호협력을 적극 지원한다. 특히 개발도상국과 선진국 간의 기술차이를 좁히고, 과학과 정책의 접점을 강화하고, 지속가능한 발전에 대한 국제적인 연구협력을 지원한다.”
- ‘미래지구(Future Earth)’는 ‘Rio+20’에서 결의된 지속가능발전목표(SDGs)와 ‘우리가 원하는 미래’ 선언문 그리고 ‘UN 사무총장 직속 전지구 지속가능성에 관한 고위급 패널 보고서’(UN, 2012)를 근거로 탄생한 국제 연구 프로그램.
- ICSU(International Council for Science, 국제과학연맹이사회)는 유엔의 지속가능발전목표(SDGs)의 달성을 위해 세계 과학계가 향후 10년간 공동으로 추진할 초학제적인(trans-disciplinary) 국제연구 플랫폼인 ‘미래지구(Future Earth)’를 탄생시킴 (Future Earth, 2013).
- ‘미래지구’는 ICSU가 중심이 되고 ISSC(국제사회과학연맹이사회), Belmont Forum, 일본 STS Forum, SDSN(지속가능발전해법네트워크), UNESCO(유엔교육과학문화기구), UNEP(유엔환경계획), UNU(유엔대학) 및 WMO(세계기상기구)가 연합한 ‘지속가능한 지구사회

를 향한 국제조직연합(Science and Technology Alliance for Global Sustainability)'이 평의회(General Council)를 구성하여 중요한 사항을 결정(<http://www.futureearth.org/>).

- '미래지구' 평의회는 자문기구로 자문위원회(Advisory Committee)를 두고 있으며, 5개의 글로벌허브(미국, 캐나다, 프랑스, 스웨덴, 일본)와 5개의 지역센터(교토, 인도, 사이프러스, 이집트, 남아프리카)를 중심으로 운영되고 있음.
- '미래지구'는 각국의 국가위원회(National Committee)를 기본 단위로 하여 '미래지구' 지역 센터를 통하여 국제본부(파리 소재)와 소통. 국가위원회는 주로 각국의 ICSU 회원인 과학한림원(Academy of Sciences)에 설치하고 있음. 국가위원회는 반드시 과학자와 사회의 다양한 이해관계자들로 구성하여야 함.

2.1.2 미래지구의 정체성

- '미래지구'는 기후와 환경의 급격하고 비가역적인 변화를 극복하고 지속가능하고 공정한 미래사회로 나아간다는 것을 목표로 함 (Future Earth, 2014).
- 이러한 목표를 추구하기 위해 자연과학과 인문·사회과학의 학제간(Interdisciplinary) 융합연구와, 과학자와 사회의 다양한 이해당사자(Multi-Stakeholders) 가령 정부와 지자체, 의회, 연구 지원기관, 산업체, 언론 및 시민단체(NGO)가 초학제적(Trans-disciplinary)으로 공조하여, 초기 설계(Design) 단계부터 최종 인계(Delivery) 단계까지 공동설계(Co-Design), 공동생산(Co-Production), 공동인계(Co-Delivery)함으로서 최종 의사결정자에게 필요한 가치 있는 지식과 사회발전에 필요한 해법들을 제공하려고 함.
- 즉, '미래지구'는 과학자들만의 연구가 아니라 과학자와 사회의 이해당사자가 연구기획 단계부터 연구의 최종단계까지 협력하여 연구를 수행하는 새로운 패러다임의 연구방법을 강조하고 있음.
- 미래지구 프로그램이 앞으로 지속가능성 분야에서 크게 기여할 것으로 기대되는 과제들은 다음과 같음 (Future Earth, 2014).
 - 현재와 미래에 세계 모든 사람들에게 깨끗한 식수, 깨끗한 공기, 그리고 식량을 지속적으로 공급하려면 어떻게 해야 할 것인가.
 - 지구 지속가능성을 촉진하기 위해 위기관리방식을 어떻게 적응시킬 것인가.
 - 전 세계적인 경제성장과 산업발전에 따라 초래된 생태계 위기에 의해 현재 인류가 직면하게 된 위험은 무엇인가? 지구시스템이 티핑포인트(Tipping Point)를 넘어서면 기후변화가 인류 사회 지구시스템의 기능, 그리고 지구상의 생태계 다양성에 어떤 영향을 미칠 것이고 얼마나 심각할 것인가.

- 지구 지속가능성을 향상시킬 혁신과정을 촉진하기 위해 세계경제와 산업이 어떻게 변화해야 하는가.
- 도시화가 급속하게 일어나는 현재의 세계에서 더 많은 사람들이 삶의 질을 높이고 유지하기 위해서는 도시가 어떻게 설계되어야 하는가. 인간과 자연자원을 함께 고려한 지속가능한 도시발전을 어떻게 이루어 갈 수 있을까.
- 인류 모두의 에너지 사용을 보장할 수 있는 ‘저탄소 경제’로의 신속한 전환에 성공하기 위해서는 어떻게 해야 할 것인가.
- 지구 온난화에 의해 악화되는 사회적 생태학적 결과에 우리 사회는 어떻게 적응해나가야 하며, 적응에 대한 장벽이나 한계는 무엇인지, 그리고 기회는 또 무엇인가.
- 생태진화시스템 본연의 상태, 다양성, 기능성을 지속시키려면 어떻게 해야 하는가. 이를 통해 지구상의 생명과 생태계를 유지하면서 인간의 건강과 삶의 질을 공평하게 증진시킬 수 있을까.
- 환경을 지키면서 인간 복지에 도움이 되는 삶의 형태, 윤리 그리고 가치는 무엇이며, 이는 지속가능성으로의 전환을 이루는데 어떻게 공헌할 것인가.
- 지구환경변화가 인류의 빈곤과 발전에 어떻게 영향을 미치며, 세계가 지구 지속가능성을 달성하는 방향으로 가면서 어떻게 빈곤을 완화하고 생태를 보장할 수 있을까.

2.2 미래지구 해외현황

2.2.1 미국

- 미국은 '미래지구'의 태동과 확산에 큰 기여를 해 오고 있으며, 실제로 미국의 리더십과 과학적 역량은 초기 '미래지구' 발상과 제안에서부터 현재 '미래지구'의 전반 (조직, 발전방향, 의제 개발 등)에 걸쳐 핵심적인 역할을 하고 있음.
- 미국은 자국 내에서도 글로벌허브 중 하나를 콜로라도주에 유치하기 위해서 Mark Udall, Michael Bennet 상원의원과 Jared Polis, Ed Perlmutter 하원의원 등 지역 정치인들이 다양한 노력을 기울임. 그 결과, ICSU로부터 2015년 3월 콜로라도 주립대학의 SoGES (School of Global Environmental Sustainability, 지구환경지속가능대학원)와 콜로라도 대학 SEEC (Sustainability, Energy and Environment Complex, 지속가능·에너지·환경 연구단지)가 협업하여 글로벌허브의 지위를 공식적으로 얻음.
- '미래지구'의 참여국 중 미국은 과학, 기술, 인문, 사회 등 거의 모든 분야에 걸쳐 가장 첨단인 인적·물적 연구 역량과 자원을 가지고 있기 때문에 '미래지구'가 지향하는 다양한 과제의 중추적인 역할을 하고 있음.
- 콜로라도 글로벌허브는 USGCRP(U.S. Global Change Research Program, 미국지구변화연구프로그램)의 정책적 지원을 바탕으로 NSF(National Science Foundation, 미국연구재단), NASA(National Aeronautics and Space Administration, 미국항공우주국), 에너지부, 국방부 등 13개 기관으로부터 재정 지원을 받아 '미래지구' 핵심 프로젝트 (core project)를 콜로라도 주립대학과 콜로라도 대학에서 주도. 미래지구 콜로라도 글로벌허브에서는 2016년부터 Anthropocene 학술잡지를 년1회 발간하고 있다. (<http://www.anthropocenemagazine.org/>)
- 콜로라도 주립대학의 SoGES는 6개 집중 연구 분야(기후변화와 에너지, 식량 문제, 환경지구와 역할, 지속가능 사회, 육상 및 수자원, 생물다양성, 보존 및 관리)를 설정하고 관련 연구를 진행하고 있고, 콜로라도 대학은 IGAC (International Global Atmospheric Chemistry, 국제지구대기화학프로젝트)를 운영. (<http://www.igacproject.org/>)
- IGAC은 대기화학의 이해를 통한 지속가능사회로의 기여를 목적으로 설립되었으며 콜로라도대학 글로벌허브는 IGAC 활동 중에서 화석연료의 사용에 따른 육상-해양간의 상호 작용 변화, 농업활동에 따른 자연배출의 대기권 영향 등을 자체적으로 수행하고 있음.
- 미국 '미래지구'의 다양한 활동 및 연구의제는 USGCRP와 긴밀히 연관되어 있으며, 실제로 많은 프로젝트를 지원. USGCRP는 1989년 미국 대통령이 제안하고 의회가 입법화한 전지구변화 연구지원법 (Global Change Research Act)에 의해 설립된 기관으로 2014년 총 25억 달러의 예산을 집행 (USGCRP 2015).

<https://www.globalchange.gov/news/future-earth-launches-plan-global-sustainability-research>

- 최근 USGCRP는 새로운 전략 계획을 마련하고 '미래지구'를 파트너로서 전 지구 지속가능성을 위해서 협력하기로 함. 실제로 USGCRP는 다양한 프로그램을 통해서 참여연구자 지원 뿐만 아니라 프로그램 운영비 등을 지속적으로 지원.
- 특히 USGCRP가 추구하는 전 지구적인 지속가능성(global sustainability)이 성공하기 위해서는 국제협력의 강화가 필수적이며 이러한 부분을 향후 10년간 전략계획에 포함. 이 계획에 따르면 가장 중요한 국제협력 파트너가 '미래지구'로 많은 부분에서 전략적 목표와 수행 방법을 공유함.

2.2.2 일본

- 일본은 2005년에 동경대학에 '지속가능성학 연계 연구기구'(Integrated Research System for Sustainability Science: IR3S, <https://ir3s.ifi.u-tokyo.ac.jp/en/>)를 신설하여 세계 최초로 지속가능성학 연구기관을 설립하여 운영. IR3S은 보편성이 높은 세계 공통의 과제와 관련이 높은 지역적인 과제의 통합을 통해 현대 사회의 복잡하고 장기적인 문제해결에 노력함. 그 결과로 이미 저탄소 사회· 순환형 사회· 자연공생사회의 융합에 의한 지속형 사회의 구축 등 정책 비전의 제언과 사회 구현 방법의 연구를 주도하고 있음.
- 일본은 선제적인 지속가능성학의 연구로 국제과학계의 '미래지구(Future Earth)'의 설립 초기부터 선도적인 역할을 해옴. 2013년 3월부터 문부과학성은 일본의 '미래지구' 추진전략을 짜기 위한 실무그룹을 구성하여, ICSU(International Council for Science, 국제과학연맹이사회) 회원인 SCJ (Science Council of Japan, 일본학술회의)와 공동으로 일본의 '미래지구' 프로그램을 적극적으로 추진. 2013년 6월에 첫 '미래지구' 공개포럼을 개최하였고, 8월에 SCJ에 '미래지구'위원회를 구성하여 첫 회의를 개최함. (<http://www.scj.go.jp/en/int/futureearth.html>)
- 2013년 10월 RIHN (Research Institute for Humanity and Nature, 종합지구환경학연구소)에 추진그룹이 편성되어 '미래지구' 일본위원회와 사무국 구성 준비에 들어갔으며, 10월말에는 문부과학성과 SCJ가 공동으로 1차 '미래지구' 초학제적 연구를 위한 워크숍을 개최하였고, 12월에 2차 워크숍을 개최함. (http://www.chikyuu.ac.jp/rihn_e/)
- RIHN은 인간과 환경의 상호작용 연구를 위하여 2001년에 설립된 자연과학과 인문학의 융합 연구소로 우리나라에서는 아직 찾아볼 수 없는 선도적인 연구소로서 우리에게 시사하는 바가 큼.
- 2015년 1월 제3차 '미래지구' 아시아 국제워크숍이 RIHN에서 개최되었고, 이후에 매년 RIHN에서 '미래지구-아시아' 국제워크숍을 개최함.

- 이와 같은 일본의 선제적이고 신속한 지속가능학 연구와 '미래지구' 추진 성과에 힘입어 일본은 2014년 7월 '미래지구'의 글로벌허브(Tokyo)로 선정되었고, RIHN은 아시아지역센터로 선정되어 글로벌 '미래지구'와 아시아 '미래지구'의 중추적인 역할을 담당하고 있음.
[\(http://www.futureearth.org/asiacentre/\)](http://www.futureearth.org/asiacentre/)

- 일본 미래지구는 총리실에서 직접 관리하고 있고 동경대학교와 국립환경연구원 (NIES)를 통하여 지원하고 있음. 총리가 주관하는 일본과학기술혁신심의회에서 2015년 6월에 발표한 "국가과학기술혁신종합전략2015"에 경제·사회적 과제의 해결을 위한 중요한 과학기술혁신 대책으로 지구시스템 관측기술과 예측기술의 고도화를 통한 지구환경정보플랫폼의 구축, 재생에너지 발전량 예측, 수력과 수자원의 활용, 연구커뮤니티와 사회의 다양한 이해당사자와의 초학제적 연계와 협력 등의 사업을 '미래지구'의 틀을 활용하여 추진하도록 명시함.

2.2.3 독일

- 독일은 '미래지구' 프로그램을 가장 선도적으로 진행함. 2013년에 일본을 제외한 스웨덴 등 다른 미래지구 허브(국제본부) 국가들이 계획단계에 있었던 반면 독일은 '미래지구' 국가위원회 (Future Earth German National Committee)를 구성함.
[\(http://www.dkn-future-earth.org/en/committee/about-us/\)](http://www.dkn-future-earth.org/en/committee/about-us/).

- 독일의 발 빠른 대응은 '미래지구'의 토대가 되는 IGBP의 국제연구프로그램에 독일과학자들이 핵심적인 역할을 하고 있었고, 이를 계승하기 위한 노력을 기울인데 기인. 연구자들의 빠른 대응과 시의적절한 제안을 수용하여 독일은 기존의 NKGCF (National Committee on Global Change Research, 전지구변화연구국가위원회)를 독일 '미래지구' 프로그램으로 전환하여 공식적으로 2013년 독일 '미래지구'위원회가 발족함(ICSU News 2013).

- 독일은 전 지구적 지속가능 연구를 위한 '미래지구' 프로그램 목적에 맞는 국내 및 국제 활동과 연계되는 이슈를 자문하기 위한 국가 전문가 그룹으로써 '미래지구' 위원회를 구성함. 주요 기능은 다음과 같음.

- '미래지구'에 부합하는 연구활동 개발에 참여하는 독일연구자 지원
- '미래지구'에 선도적, 독창적으로 기여가 가능한 분야 발굴 및 지원
- 추가적인 국가과학 의제 개발 및 지원.

- 이를 위해 독일 '미래지구' 위원회는 '미래지구'의 핵심 주제를 파악하고 '미래지구' 프로그램의 발전을 도모하면서 위원회 산하에 실무프로그램의 정착과 확장을 지원할 계획. 2016년까지의 세부 목표는 다음과 같음.

- 자연과학자, 사회과학자, 연구비 지원기관 사이의 대화와 소통 (연구주제의 협력 기획, co-design of research topics)을 장려하면서 사회적 수요가 강한 연구주제를 발굴하여 독일 '미래지구' 프로그램에 참여하는 연구자들을 지원.
 - 분야별 연구자들 간의 융합연구 개념을 정립하고 기획을 지원.
 - 자연과학, 사회과학, 인문과학, 경제, 공학과 같은 다양한 연구 분야의 연구자들 참여 기회 확대.
 - 독일연구재단이 '미래지구'에 관련한 국제협력과 전략 수립을 위한 지원.
- 독일은 '미래지구' 연구의제를 발굴하기 위해서 임시적으로 국가위원회 산하에 “국가지속가능연구 (Sustainability Research Germany)”, “지속가능 연구소통 (Research Dialogue Sustainability)”, “미래지구 국제협력 (International Coordination Future Earth)”의 3개 실무그룹 (working group)을 구성해 활동하고 있음.
- 독일지속가능 실무위원회는 사회가 요구하는 과학적 문제를 정리하고 이들 문제를 장기적으로 해결하기 위해 연구를 분류하는 역할을 하고 있음. 지속가능 연구소통 실무그룹은 새로운 연구방법론을 지원하고 '미래지구' 프로그램의 개념적인 도전과제를 개발하는 역할과 함께, 젊은 과학자를 지원하고, 과학자들이 좀 더 통섭적인 연구를 시도할 수 있는 기반을 가능한 빠른 시간에 확보하려는 노력을 하고 있음. 국제협력 실무그룹은 독일 내 연구가 국제적인 '미래지구' 목표에 부합하고 이에 걸 맞는 연구들이 우선적으로 지원되도록 조정할 뿐만 아니라 저개발 국가들의 연구 역량을 지원하는 기능을 담당하고 있음.
- 독일 미래지구위원회는 독일 연구재단과 공동으로 2014년 1월 “역동하는 지구”, “지구지속가능발전”, “지속가능성으로의 전환”이라는 미래지구의 3가지 대주제로 독일 '미래지구' 정상회의(German Future Earth Summit)를 개최하여 '미래지구'에 대한 학술적, 사회적 관심을 유도하고 다양한 국가적 연구의제 제안을 받았음. 260명의 독일 전문가가 참여하였으며, 이때 제안된 78개의 연구주제들을 기반으로 현재 독일 '미래지구' 프로그램의 연구 우선순위와 추가적인 연구개발 목표를 세웠음. 제안된 연구의제와 모든 회의내용을 공개함으로써 투명성과 참여도를 극대화할 수 있었음.
- 또한 제안된 의제를 발전시키고 추가적인 의제의 발굴을 위해서 독일연구재단과 공동으로 2년마다 독일 '미래지구'정상회의를 개최 (2016년 1월, 2018년 2월).

http://www.dkn-future-earth.org/data/mediapool/2.gfes_conference_summary_report_fd_010616_web.pdf

2.2.4 프랑스

- 프랑스의 ‘미래지구’ 글로벌허브는 ANR (National Funding Agency, 국립연구재단), 교육연구부 (Ministry of National Education, Superior Education and Research), AllEnvi (French National Alliance for Research on Environment, 프랑스국립환경연구연합), CNRS (French National Center for Scientific Research, 프랑스국립과학연구소)의 연합구성체이며 허브는 파리의 CNRS내에 위치하고 있음.
- 글로벌 파리허브의 핵심기능은 ‘미래지구’의 역량을 강화하고, 통합적 발전을 위한 선도적 대응 (Synthesis & Foresight)을 마련해 나가는 것임. 이를 위해서 파리 글로벌허브는 과학자, 기관, 국가 간의 이해를 조정하고, 시너지를 창출하면서, 당면한 주요 환경문제를 해결하는데 지대한 기여를 할 수 있는 연구를 발굴하고 지원할 계획.
- 글로벌 파리허브는 ANR, 교육연구부, AllEnvi, CNRS 등 27개 기관들의 컨소시엄에 의해 지원 받고 운영됨. 허브는 CNRS 본부에 위치하고 있으며, 관련 기관간의 협의를 바탕으로 운영(예를 들어 환경관련 이슈의 결정에 있어서는 환경연구연합 등). 허브는 통상적으로 CNRS 연구지원과의 인력으로 이루어지며, 글로벌 파리허브 원장을 포함하여 프로젝트 담당관, 기획관 등의 실무요원을 두고 운영됨.

2.2.5 스웨덴

- 스웨덴 글로벌허브는 스웨덴의 왕립한림원의 지원으로 2015년 1월부터 공식적인 지위를 얻어 기관을 설립했고, 2015년 11월 스톡홀름에서 개소식을 가짐. 현재는 왕립한림원과 여러 국가 연구지원기관들의 공동설립체인 SSEESS (Swedish Secretariat for Environmental Earth System Sciences, 스웨덴 환경지구시스템과학사무국)의 지원을 받고 있음.
- 스웨덴 허브의 핵심적인 비전과 전략은 지구환경변화에 있어서 문제해결 지향적인 방향으로 다양한 자연과학, 사회과학, 인문과학 분야의 통섭을 이루고, 이와 관련된 전문가들의 사회기여를 증진시키는 것임.
- 스웨덴의 글로벌허브는 ‘미래지구’ 뿐만 아니라 세부적인 핵심연구프로젝트, 새로운 네트워크, 그리고 연구 프로그램들을 밀접하게 연계시키면서 ‘미래지구’의 전지구적인 전략과 비전을 지원하는 운영 계획을 가지고 있음. 단기적으로는 국제회의 등 ‘미래지구’와 관련된 다양한 이벤트를 스웨덴에서 개최할 계획임. 또한 스웨덴 글로벌허브는 다른 국가 연구자들이 수행하는 다양한 연구를 지원함으로써 전지구적 협업체계를 구성할 계획에 있음.
- 스웨덴의 글로벌허브는 왕립한림원과 같은 국가 연구지원기관의 지원을 받는 독립적 기구. 스톡홀름 허브는 스웨덴의 개별 연구자들의 연구를 직접 지원하지 않으며 이 기능은

SSEESS가 담당함. SSEESS는 스웨덴의 GEC(Global Environmental Change) 프로그램에 관여하는 스웨덴 과학자들과 이해당사자들을 지원하는 기관으로 국제 프로그램들의 다양한 프로젝트에 연구지원을 함. ‘미래지구’는 SSEESS가 지원할 중요한 프로그램의 하나로 결정되었고 앞으로 SSEESS는 스톡홀름 허브와 함께 개별 연구자들이 효과적으로 ‘미래지구’에 포함된 핵심연구 프로젝트에 참여할 수 있는 기회를 제공하기 위해서 노력할 예정.

- 스톡홀름 허브는 지원기관인 SSEESS와 함께 스웨덴 과학자들이 ‘미래지구’에 참여할 수 있는 다양한 기회를 마련. 2015년 11월 스웨덴에서 처음으로 ‘미래지구’ 회의 (SSEESS Conference on Future Earth)가 개최되었는데, 이 회의에서는 스웨덴 과학자들이 현재 참여하고 있는 프로젝트와 그 결과들이 어떻게 ‘미래지구’와 연계되고 발전될 수 있는지에 대해 언급되었고, 그에 대한 연구 지원이 어떤 형태로 이루어져야 하는지에 관해 활발히 논의함.
- 특히, 학제간 지속가능연구, 식량안보, 위험 및 재난관리, 도시 환경, 환경 및 건강, 생태계와 사회 등의 연구의제가 토의됨. ‘미래지구’는 핵심연구 프로젝트 내의 연구 결과와 규명되는 과학적 지식이 곧바로 정책적 활용을 통해서 사회적인 파급효과를 발휘할 수 있는 선형적 모델(linear model)을 지향함. 스톡홀름 허브는 이와 같은 목적에 합당한 연구 기획, 지원, 활용을 위한 고민을 선도적으로 수행할 계획.
- 현재 SSEESS 대신에 스톡홀름대학의 스톡홀름회복센터(Stockholm Resilience Center, <https://www.stockholmresilience.org/>)가 미래지구와 지속가능성학 연구를 주관함.

2.2.6 중국

- 중국은 ICSU 회원인 CAST (China Association for Science and Technology, 중국과학기술연합회)가 NSFC (National Natural Science Foundation of China, 중국자연과학재단), CAS (Chinese Academy of Sciences, 중국과학한림원), CAE (Chinese Academy of Engineering, 중국공학한림원), CASS (Chinese Academy of Social Sciences, 중국사회과학한림원)과 공동으로 ‘미래지구’중국국가위원회 창립총회를 2014년 3월 21일 개최. (<http://cnc-fe.cast.org.cn/eng-index.asp>)
- 2014년 6월에는 ‘미래지구’ 본부의 과학위원회(Science Committee) 및 참여위원회(Engagement Committee)와 공동으로 국제심포지움을 북경에서 개최하였고, ‘미래지-중국’의 전략연구의제별 소모임과 ‘미래지구’ 관련 분야별 국제회의에 적극적으로 참여함.

- 2015년 5월 CAS 대기물리연구소 (북경)에서 '미래지-중국'의 정기회의가 개최되었고, 이 후 매년 1회씩 '미래지-중국'의 정기회의를 개최함. '미래지구-중국'의 12가지 중과제가 아래와 같이 선정됨. (<http://cnc-fe.cast.org.cn/about-eng.asp?id=274>)

- 환경과 기후변화와 연관된 오염 문제 (PI: X. Zhang)
- 도시화 및 사회친화 발전 (PI: Tong Zhu)
- 몬순 지역 기후변동성 및 인간 활동 (PI: R. Zhang)
- 지구환경변화와 민감 지역 반응 (PI: Xi Chen)
- 식량, 에너지 공급과 미래발전 (PI: P. Rao & J. He)
- 생물다양성과 생태서비스 (PI: K. Ma)
- 산업전환과 녹색 생산 (PI: Y. Lu)
- 지구환경변화에 따른 재해방지 조기경고 시스템 개발 (PI: P. Shi)
- 동아시아 전통문화와 지속가능발전 (PI: D. Du)
- 극지역 지속가능성 (PI: C. Xiao)
- 지구시스템 관측과 지식 서비스 (PI: H. Guo)
- 지구시스템 모델, 기후 경제 모델과 과학 정책 (PI. D. Wenjie)

▶ 시사점

- 해외 유수의 국가는 미래지구 프로그램이 진행되고 있으며 이에 대한 R&D 연계를 위한 예산 지원이 이루어지고 있음
- 이에 반해 국내에는 해당 과제에 대한 정부의 지원이 이루어지지 않은 실정임

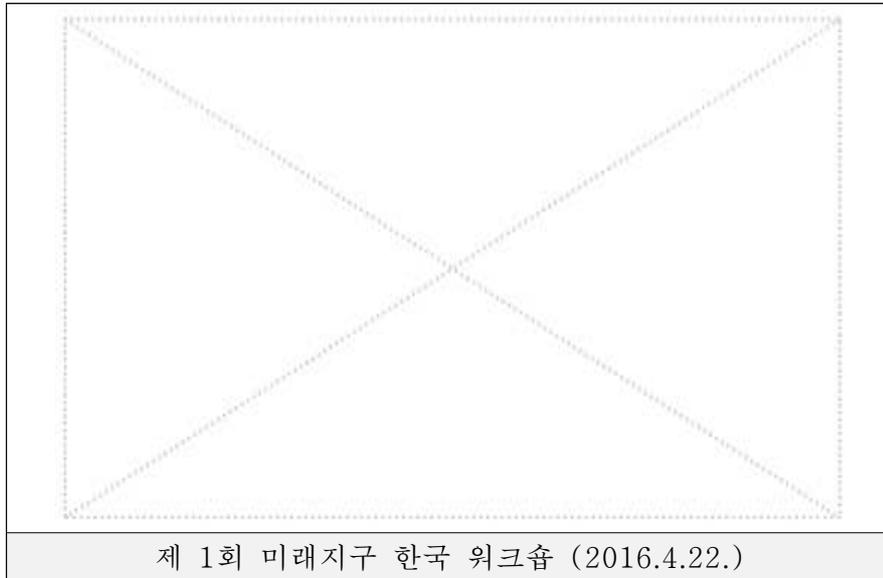
2.3. 미래지구 국내 현황

2.3.1 미래지구 한국위원회 설립

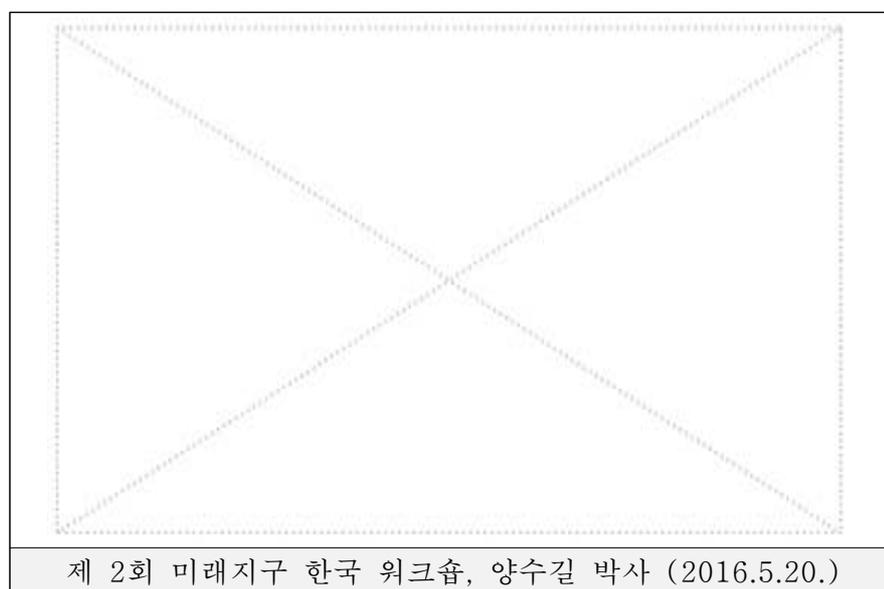
- ICSU(국제과학연맹이사회)는 2013년 11월 26-27일 서울에서 ‘Future Earth in Asia and Pacific’ 주제로 아태지역 자문회의를 개최하면서 ‘미래지구’를 한국에 홍보하고 한국의 미래 지구 프로그램이 발족하기를 기대했으나 성사되지 못함.
- 2015년 4월 23-24일 말레이시아 쿠알라룸푸르에서 열린 제19차 ICSU 아태지역위원회에 한국 대표로 참가한 노정혜 교수(서울대)는 학술원에 제출한 보고서에서 “아태지역 참가국 가운데 우리나라에만 ‘미래지구’ 추진체가 없고 따라서 ‘미래지구 한국’의 발족이 시급하다”고 보고함.
- 이후 7월 24일 ‘미래지구 한국(Future Earth Korea)’을 추진하기 위한 첫 회의가 대한민국학술원에서 개최되었고, 이 회의에서 “미래지구 한국 프로그램을 ICSU 회원인 학술원이 추진하기 여의치 못하니 한국과학기술한림원(이하 한림원)이 맡아서 추진하기로 한다”고 결정함.
- 8월 13일 한림원 운영위원회에서 ‘미래지구준비위원회’를 설치하기로 의결하였으며 8월 21일 1차 미래지구준비위원회에서 명칭을 ‘미래지구 한국위원회’로 정하고 아젠다가 국가정책에 반영되기 위해서는 영향력있는 분들을 위원회에 포함시키기로 함.
- 2016년 4월 25일 ‘미래지구 한국위원회’(National Committee for Future Earth in Korea)의 출범을 알리는 국제행사를 서울에서 개최. 이 행사에는 ICSU의 Gordon McBean 회장과 미래지구 관련 외빈 30여명을 포함해 권숙일 학술원장, 이명철 한림원장, 한덕수 전 국무총리, 김명자 전 환경부장관 등 100여명이 참석.
(<http://www.futureearth.org/asiacentre/korea-launches-future-earth>)
- 미래지구 한국위원회(위원장 윤순창교수)는 한국과학기술한림원에 사무국을 두고, 40여명의 대기과학자 해양과학자 지질과학자 생태학자 예방의학자 경제학자와 사회과학자, 과학언론인, 시민단체 대표 등이 회원으로 참여함.

2.3.2 미래지구 한국위원회 활동

- 미래지구 한국위원회는 2016년 4월부터 11월까지 매월 1회 총 7번의 미래지구 관련 워크숍을 개최하였다. 20-30명의 위원들이 모여 각 분야 전문가의 특강을 듣고 우리나라가 지속가능하고 공정한 미래사회로 발전하기 위해 필요한 연구의제에 대해 토론함. 다음은 워크숍 주제와 초청된 전문가 리스트임.



- 제1회 워크숍 4월 22일 과학기술회관
윤순창, 미래지구한국위원회 위원장
 - 미래지구 배경 및 미래지구-한국 프로그램 추진현황 보고
국종성, 포항공대 환경공학부 교수
 - 미래지구의 전략 연구 의제
하경자, 부산대 기후과학연구소 소장
 - 아시아의 미래지구와 '미래지구-한국'의 연구의제
- 제2회 워크숍 5월 20일 과학기술회관
양수길, UN 한국SDSN 대표
 - UN 2030 지속가능발전 의제: 한국의 대응과제와 '미래지구-한국'의 역할



- 제3회 워크숍 6월 16일 과학기술회관
이경학 국립산림과학원 산림보전부장
- 사람과 자연의 어울림을 위한 산림보전과 이용 연구
 - 제4회 워크숍 8월 26일 과학기술회관
윤제용 서울대 화학생물공학부 교수
- 미래지구에서 적정기술의 역할
 - 제5회 워크숍 10월 4일 과학기술회관
권철홍 한국에너지기술연구원 전문연구위원
- 신기후체제와 에너지기술
 - 제6회 워크숍 10월 28일 과학기술회관
이지순 녹색성장위원장
- 파멸에서 기적으로 : 북한경제의 경우
 - 제7회 워크숍 11월 18일 과학기술회관
심재현 국립재난안전연구원장
- 한반도의 미래재난과 대책
- 미래지구 한국위원회는 2016년 12월 2-3일 경기도 양평 속재 더힐하우스에서 20여명의 위원들이 1박2일 Wrap-Up 워크숍을 통해 1-7회 워크숍 결과를 종합해 미래지구 한국의 전략연구의제 50개를 1차적으로 선정함(한국과학기술한림원, 2017). (2.4절 참조)
 - 그러나 2016년의 미래지구한국위원회 활동은 주로 자연과학자들만이 참여하여 '미래지구'가 제시하는 새로운 연구 패러다임인 자연과학자와 사회과학자의 학제간 협력과 사회의 다양한 이해당사자(정부와 지자체, 산업체, 시민단체와 언론 등)의 참여가 미진하였음.
 - 미래지구한국위원회는 사회과학자와 사회의 다양한 이해당사자의 참여를 위해 지속적으로 노력하여 2018년에는 서울대학교의 사회과학계열 연구소인 아시아연구소와 한국과학언론인회와 공동으로 미래지구 한국 토론회 9회와 한반도의 지속가능성 집담회 4회를 개최하고, 자연과학자와 사회과학자의 학제간 협력과 사회의 이해당사자인 과학언론인들과의 초학제적 협력을 통하여 우리나라에서 공정하고 지속가능한 미래사회의 구현을 위해 과학기술이 시급히 해결해야할 연구과제들을 도출함.(4.2절 참조)

2.4. 미래지구 연구의제들

2.4.1 미래지구 전략연구의제 (Strategic Research Agenda)

- ‘미래지구’는 아래와 같은 근본적인 질문에 대한 해답을 찾는 것임
 - 지구환경은 왜 변하는가, 그리고 어떻게 변하고 있는가?
 - 지구환경변화는 인간의 번영과 삶의 다양성에 어떻게 영향을 미치는가?
 - 인간은 어떻게 지구환경변화에 따른 위험과 취약성을 완화하고 변화에 대한 회복력을 강화시킬 수 있는가?
 - 인류의 번영과 공정한 미래를 어떻게 만들어 낼 수 있는가?
- 이와 같은 질문들을 기초로 ‘미래지구’는 세 개의 큰 연구의제를 설정함
 - 역동하는 지구 (Dynamic Planet)
 - 지구지속가능발전 (Global Development)
 - 지속가능성으로의 전환 (Transformations towards Sustainability)
- 이 3개의 큰 주제에 대하여 전 세계에서 약 5,000명의 학자와 전문가들이 1년 동안 토론을 거쳐 ‘미래지구’가 시급히 해결해야 할 총 62개의 전략연구의제(Strategic Research Agenda)를 선정함 (2014년 12월). 이 전략연구의제들을 중심으로 각 나라의 문화와 전통을 고려한 국가별 미래지구 연구의제를 개발하도록 권하고 있음 (Future Earth, 2014).
www.futureearth.org/sites/default/files/strategic_research_agenda_2014.pdf

1) 역동하는 지구 (Dynamic Planet) 관련 핵심 연구의제 (23개)

- ‘역동하는 지구’ 연구의제는 지구 현상을 관측해 자연 현상과 인간 활동에 의해 지구가 어떻게 변화하는지를 관찰하고, 변동의 원인을 규명하는 데 초점을 둠. 급격하고 비가역적 지구환경변화를 관측하고 모델링하기 위한 모든 연구주제와 과제가 포괄적으로 포함됨. 이 연구의제는 현재 지구의 상태와 변화 경향의 평가 및 극한 현상, 취약성, 한계 등에 대한 조기 경보가 가능하도록 하는 과학적 정보 생산을 근본 목표로 하고있음.

가. 관측 및 경향성의 변화 (7개)

- (1) 지구시스템은 과거로부터 지금까지 생태계 및 사회와 함께 어떻게 변해왔는가? 이러한 변화가 앞으로의 환경변화에 대한 우리의 대응 방향에 제시하는 바는 무엇인가? 전지구적 및 지역적인 환경·사회변화의 주요 패턴은 무엇인가? 고생물학, 고고학, 인류학, 역사학 등의 학문을 포괄적으로 포함함으로써 어떠한 시각을 가져야 하는가?

- (2) 서로 다른 지역들에서 방출되는 대기오염과 온실가스 배출이 지구환경변화에 미치는 영향은 무엇이며 탄소 및 대기 구성 요소의 균형은 어떤 영향을 받는가? 인구, 사회 기술변화, 산업 개발 등 사회적 변화가 자연의 기후변화에 어떻게 기여하는가? 대기 수송 및 대기 침적은 기후변화에 어떻게 기여하고 있는가?
- (3) 특히 후진국들의 지속가능성장을 목적으로 환경과 사회경제 자료를 통합하기 위해서 우리는 어떤 모델을 필요로 하는가? 발전을 위한 고려사항과 기회가 무엇인지 식별하고 관측하는데 영향을 줄 수 있는 핵심적인 정보들은 존재하는가? 그리고 방법을 어떻게 개발하고 이행할 수 있을까?
- (4) 생물다양성과 생태계의 과거 및 현재까지의 변화경향은 무엇인가? 어떤 종류의 생물 다양성, 생태계, 서비스, 지역 등이 뚜렷한 경향성을 보여주고 있는가? 이러한 경향성이 인간 복지와 관련되어 있는지? 또 연결고리는 무엇인가?
- (5) 토지사용 변화, 조정 도시화, 도시지속가능성에 대한 세 가지 주요 변화 영역에서 경향성은 무엇인가? 의사결정에 유용한 측량법, 지표 등을 포함하여 이러한 경향성 확인을 위한 차세대 관측 시스템은 무엇인가?
- (6) 삼각주, 영구 동토층, 산악 지대, 반건조 지대, 열대우림 등의 특이 지역에서 지구환경변화를 식별할 수 있는 조기경보시스템은 어떻게 개발될 수 있는가? 시스템 구성이나 특이 지역에 대한 국제 관측소 설치의 필요조건들은 무엇인가? 이와 같은 노력들이 임계점과 티핑 포인트를 포함한 통합적인 지구지속가능성 평가에 어떻게 기여할 수 있을까?
- (7) 자연 과학 및 공학, 사회과학, 그리고 실천 기반 지식 들을 포함하여 서로 다른 형태의 지식과 자료들을 포괄하는 대용량의 초학제적 데이터베이스에 공개적이고 투명한 방식으로 접근·구성·통합·요약하기 위해서는 어떤 새로운 방법과 기술들이 필요한가? 이러한 지식들은 IPCC나 IPBES 등의 과학적 평가들을 지원하기 위해서 어떻게 활용될 수 있는가?

나. 프로세스, 상호작용, 위험, 임계점에 대한 이해 (10개)

- (1) 국제 환경변화의 결과로 인해 전지구 식량, 도시 및 금융 시스템들에 어떠한 공간 및 시간적 상호작용 및 누적효과가 발생하는가? 여기서 누적효과는 피드백 작용, 원거리 연결, 시스템적 위험을 포괄한다.
- (2) 대기 성분의 변화가 생태계 구조 및 기능에 미치는 영향은 무엇인가? 대기 성분 변화가 기후변화에 어떻게 영향을 미치는가? 특히 대기 성분 변화가 극한 강수 패턴 등의 강도와 빈도 등에 미치는 영향은 무엇인가? 대기 성분 변화가 서로 다른 생태계의 대기 질, 탄소 균형, 영양 균형 등에 어떻게 영향을 미치는가? 이러한 영향들은 어떻게 통제되고 규제될 수 있는가?

- (3) 기타 지구환경변화에 대해서 생물다양성의 역할은 무엇인가? 생물다양성이 지구환경 변화에 대응하는 사회·생태계적 시스템의 복원력, 탄성 및 적응성에 기여하는 바는 무엇인가? 전 세계적으로 필요한 생물다양성의 보호 및 회복은 어떤 수준과 단계로 이루어져야 하는가?
- (4) 생물의 진화과정은 지구환경변화에 의해 어떠한 영향을 받는가? 식량 안보, 생물학적 침입, 항생제 및 농약에 대한 내성, 오염 물질 등의 영향으로 인해 인간의 삶의 질과 복지가 받는 피드백은 무엇인가?
- (5) 생태계 재화와 서비스에 영향을 미칠 수 있는 생물다양성 변화의 임계치는 무엇이며, 임계치를 보이는 지역은 어디인가? 과거 및 현재 생물다양성·생태계·생태계 서비스 변화의 주요 원인은 무엇이며, 이들 변화는 서로 상호작용해 증대될 가능성이 있는가? 생물다양성이 다양한 공간규모에서 가지는 도구적 그리고 비도구적 가치는 무엇인가?
- (6) 생물물리학, 생태학, 경제, 사회적 요인들은 생태계 서비스를 창출하고 유지하는 측면에서 미래에 어떻게 상호작용할 것인가?
- (7) 연안 지역의 위험 사태 및 환경적 악화에 대한 인간의 취약성은 무엇이며 연안 도시 및 기타 중대 지역들에 대한 회복력 개선을 촉진하는 요인들은 무엇인가? (특히 삼각주, 강어귀, 연안습지, 섬, 북극, 산호초 등)
- (8) 메가시티에서부터 촌락까지 포함하는 도시화의 동인과 패턴들은 무엇인가? 어느 정도 범위까지 이들은 국제적으로 연결되어 있는가? 통합적 지식이 지속가능한 인간 거주지에 대한 의사결정을 어떻게 지원할 수 있는가? 도시 시스템의 지속가능성을 향한 상호작용, 치환비용 (trade-offs), 티핑 포인트들은 무엇인가?
- (9) 질병 매개체 변화, 수인성 질병, 인수공통전염병을 포함해 생태계 서비스 및 기후변화들이 인간의 건강에 어떻게 영향을 미치는가? 어떠한 요인들이 지역에서 전지구 단계에 이르기까지 건강에 미치는 영향들을 조정하고 있는가?
- (10) 중대한 사회적, 생태계적, 기후적 시스템의 티핑 포인트와 임계점은 무엇인가? 이들은 얼마나 예측가능하며 이들 간의 연결성은 무엇인가? 이들이 감지되고 수량화될 수 있는 정도에 영향을 미치는 요인들은 무엇인가?

다. 미래 예측 및 탐구 (6개)

- (1) 현재 지구시스템 모형은 인간-환경 상호작용의 역할을 파악하기 위해서 십년 주기 혹은 그 이상의 장기간에 있어 적응과 위험 예측을 지원하기 위하여 어떻게 개선될 수 있는가? 주요 우선순위는 다음과 같다. 에어로졸, 구름, 오염 물질간의 피드백과 결합

의 개선; 강수 및 동토층 변화의 강도 및 분포에 대한 시뮬레이션 개선; 도시 시스템의 지역적인 모델링 및 규모 축소 증대; 토지사용 관행 및 생태계 서비스 통합).

- (2) 기후 변동성이 미래를 어떻게 바꿀 것이며 이러한 변화들이 취약한 지역의 인간에게 미칠 영향은 무엇인가? 계절 및 십년 주기성의 기후 관련 극한 기후의 빈도와 강도에 대한 변화는 얼마나 예측가능한가? 각 사회는 사람, 인프라, 환경에 대한 위험 감소 및 개발 기회 생성을 위해 이러한 예측치들을 어떻게 활용할 수 있는가?
- (3) 생물다양성, 생태계와 이런 서비스의 예상 가능한 미래 변화 시나리오들은 무엇인가? 또한 서로 다른 변화 동인에 의한 해당 변화 시나리오들이 서로 다른 생물군계에 가지는 잠재적인 사회적 함축성은 무엇인가?
- (4) 지구환경변화와 관련된 새로운 질병 및 건강에 대한 위협들의 미래전망을 예측하는 모형들은 무엇인가? 이러한 모형들은 질병 및 위협을 방지하기 위한 대안전략이나 평가 작업을 어떻게 지원하는가? 또는 지역, 국가, 국제적 수준에서 이들의 영향을 어떻게 관리하는가?
- (5) 지속가능 생산 및 소비와 관련된 대안 시나리오 예상, 장애물 및 치환비용 파악, 위험 분석 (위험이 시스템적인지 비선형적인지, 혹은 사회적인지 환경적인지 등)을 위한 새로운 사회경제 모형은 무엇인가?
- (6) 어떻게 인간 개인 및 집단행동에 대한 모형이 지구환경변화를 모의하는 지구시스템모형에 통합될 수 있는가? 신경과학, 심리학, 인류학, 사회학, 경제학 등을 통합하기 위해 개발되어야 할 새로운 측면들은 무엇인가? 이러한 모형들은 미래 행위, 위험, 치환비용에 대한 우리의 이해를 어떻게 변형시키는가?

2) 글로벌 지속가능발전 (Global Sustainable Development) 관련 핵심 연구의제 (23개)

- ‘글로벌 지속가능발전’의 연구의제는 지구환경변화와 인간의 삶의 질과 사회 개발사이의 관련성을 이해하는데 필요한 지식과 정보를 제공하는 것임. 이 연구의제의 세부 연구주제는 개발 문제에 전 지구 환경 변화 지식이 얼마나 중요한가에 초점을 두는 과학과 인간 사회의 새로운 ‘사회적 계약’을 인식시키는 것과 관련되어 있음. 여기서 지구환경변화에 대한 중요한 지식은 환경의 악화나 생물 다양성 훼손, 지구시스템의 불안정을 최소화하면서 인류의 안전, 충분한 식량, 식수, 에너지, 건강, 거주지 및 다른 생태학적 서비스를 제공받기위해 필요한 지식을 말함.
- 2025년까지의 ‘미래지구’의 전략적 목표를 달성하기 위해 ‘글로벌 지속가능발전’ 의제에서 우선적으로 연구해야할 주제는 다음과 같음.

가. 기본적 필요 충족 및 불공평 극복 (8개)

- (1) 물, 특히 식수 접근성이 세계 각 지역 사람들의 건강, 생계, 경제 활동에 어떻게 영향을 끼치는가? 대도시의 물 안보에 있어 가장 큰 위협 요인은 무엇이며 다양한 계층의 사회 구성원들에 어떻게 영향을 끼치는가?
- (2) 바이오연료를 포함해 여러 에너지원들의 수명주기가 나타내는 의미는 무엇인가? 또한 온실 가스 배출, 물 사용 및 오염, 생태계 서비스, 인간 건강, 공평성, 복지 등의 측면에서 에너지 기술들의 함축성은 무엇인가? 이러한 다양한 차원들을 고려하는 포괄적이고 통합적인 에너지 평가 시스템이 어떻게 개발될 수 있는가?
- (3) 거주지 정착 패턴, 인프라 및 서비스 공급, 수질 및 대기질, 오수 관리, 거버넌스, 경제 성장, 도시 생활양식 및 복지 등의 측면에서 도시들의 다양한 개발 경로에는 무엇이 있는가? 이러한 경로들은 도시, 지역, 국제 지속가능성의 위협과 어떻게 연관이 되어 있는가?
- (4) 물, 에너지, 기타 생태계적 요구들을 고려할 때 지역, 국가, 국제 차원에서의 식량 안보가 어떻게 보장될 수 있는가? 생태계, 생태계 기능, 인간 삶의 질에 있어서 농업 강화의 영향은 무엇인가? 생태계 서비스와 인간 삶의 질을 위해 서로 다른 농업 및 어업 방법들 간의 치환비용(trade-off)은 무엇인가?
- (5) 지속가능성을 달성하는 데 있어서 불공평성이 가정, 지역사회, 국가적 역량에 어떻게 영향을 미치는가? 기후변화를 완화하고 이에 적응하기 위한 노력의 변화가 인간의 취약성 또는 삶의 질, 특히 세계의 빈곤층에 어떤 영향을 끼치는가?
- (6) 다양한 경제 성장 전략의 실행 결과 발생한 사회·경제적 결과(예를 들면 빈곤, 불공평, 고용, 삶의 질의 훼손)와 환경(예를 들면 기후안정, 생태계, 건강, 회복력)에 대한 결과들은 무엇인가?
- (7) 인간의 삶의 질과 개선에 대한 어떤 방법과 지표들이 UN 포스트 2015 개발 의제를 지원하는가? SDGs를 평가하고 모니터링하기 위해 어떠한 과학적 증거와 분석들이 필요한가?
- (8) 육상과 해양의 채취산업의 구조, 역학관계, 전망의 변화는 무엇인가? 재활용할 수 없는 자원의 사용이, 효율성 및 재활용 측면을 포함해, 환경 및 사회적 영향을 고려해 지속가능할 수 있는 방법은 무엇인가? 부상하는 산업인 지속가능 및 재생가능 산업들의 역학관계는 무엇인가? 이들의 지구지속가능성에 대한 기여는 무엇인가?

나. 지속가능한 발전의 운영 (7개)

- (1) 해수면 상승 및 북극 지역 등과 같이 전지구 및 지역 차원의 환경적 주요 위협요인은 무엇인가? 이런 보편적 위협들을 관리하는 거버넌스 메커니즘을 강화하려면 어떻게 해야 하는가?
- (2) 인간 발전과 경제 성장이 환경의 한계를 존중하는 적절한 방법으로 진행되는 것을 보장하기 위하여 금융 기구를 포함하여 어떤 전세계 및 정부간 거버넌스 메커니즘들이 필요한가?
- (3) 지역 및 국제적 수준에서 사회 환경 시스템의 내재적인 상충 관계의 균형을 맞추기 위한 다양한 의사결정방법들의 강점과 약점들은 무엇인가? 생태계 서비스의 공급과 규제에 대한 이들의 영향은 무엇인가?
- (4) 지속가능발전을 촉진하기 위해서 정부, 다국적 기업, 금융 기관들의 투명성 및 책임성 개선에 가장 효율적인 메커니즘은 무엇인가? 이러한 메커니즘은 어떻게 실행되고 확대될 수 있는가?
- (5) 시장과 정책의 실패(예를 들면 생태계 서비스 가격 혹은 환경오염 비용)를 해결하기 위해 필요한 효과적이고 전지구 규모에 이르며 최선인 메커니즘은 어떻게 디자인되어야 하는가? 이런 메커니즘의 과급적인 사회 효과는 무엇인가?
- (6) 지역사회와 기관들은 GEC 활동들에 어떻게 참여할 수 있는가? 전 지구적 환경 변화의 영향을 감소시키고 회복력을 증대시키기 위한 활동 참여를 더 효과적이고 합법적으로 하는 방법은 무엇인가?
- (7) 어떤 지속가능개발 전략들이 서로 다른 공공과 민간 환경에서 작동할 수 있는가? 이런 공공과 민간 전략들은 어떻게 상호 영향을 끼치는가? 이런 전략들에서 증거와 분석, 그리고 이해관계와 연맹은 어떤 역할을 수행하는가?

다. 성장, 시너지, 치환비용(trade-off) 관리 (8개)

- (1) 식수, 에너지, 식량의 생산과 소비를 통합시키는 전략으로 소비 효율을 증대시켜 수요를 충족시킬 수 있는 방법은 무엇인가? 식량 생산, 물 사용, 에너지 사용 간의 시너지와 트레이드오프 무엇이며, 공평한 접근성을 보장하기 위해서는 어떻게 해야 하는가?
- (2) 인구 및 환경적 변화에 따른 자원 분쟁 가능성들을 어떻게 식별, 규명, 예측하여 회피하거나 해결할 수 있는가?

- (3) 여러 국가들과 각 비즈니스 부문은 탈탄소 에너지 시스템으로 가기 위해 어떤 경로를 택하고 있는가? 이 중 어떤 전략이 경제적, 사회적, 그리고 환경적으로 실행가능하며 어떻게 달성될 수 있는가? 이런 전략들의 치환비용(trade-off), 시너지, 그리고 에너지와 경제성장과 관련된 접근성에 대한 쟁점은 무엇인가?
- (4) 기후변화와 전지구의 환경변화를 완화하거나 적응하기 위한 여러 가지 조치들은 아무 조치도 취하지 않는 것에 비해 장기적으로 어떤 경제·사회적 비용과 이익을 가져오는가?
- (5) 여러 생태계 서비스들의 상승효과(synergy)와 치환비용(trade-off)는 무엇인가? 규모가 다른 공간에서 이런 치환비용을 제대로 평가하기 위해 어떤 방법을 개발할 수 있는가? 또한 치환비용이 있을 때 더 나은 해법을 어떻게 선택할 수 있는가?
- (6) 토지 사용의 변화가 생물다양성, 생태계, 생태계 서비스에 미치는 영향은 무엇이며, 그 함축성은 무엇인가?
- (7) 도시화 현상이 시골지역사회와 생태계에 어떤 규모로 영향을 미치는가? 도시 및 지역 시스템 간의 에너지, 원자재, 생태계 서비스의 공간적·시간적 흐름은 무엇인가? 효과적이고 공평한 관리 전략은 무엇인가?
- (8) 인구 변화는 지속가능한 발전과 인간 삶의 질에 대해 어떤 의미를 내포하는가?

3) 지속가능성으로의 전환 (Transformations towards Sustainability) 관련 핵심 연구의제 (16개)

- ‘지속가능성으로의 전환’ 연구주제는 지속가능한 미래로 나아가기 위해서 지구변화에 대해 현재 대응하는 수준을 능가하는, 위의 ‘글로벌 지속가능발전’ 연구의제보다 **더 근본적이고 혁신적인, 장기적인** 대응방법을 찾기 위한 것임. 지속가능한 사회로 전환하기 위해 어떤 개발계획을 수립하고 이를 어떻게 달성해야 하는가에 대해서는 큰 지식의 공백이 있음. ‘미래 지구’는 정치적, 경제적, 문화적 변화를 포함한 전환을 이해하고, 수행하며 평가하는 지식을 발전시켜 나갈 것임. 이러한 전환에는 지구환경변화와 그 영향을 최소화 시킬 수 있는 조직 및 개인 생활의 변화, 기술혁신 등이 포함됨.
- 2025년까지의 ‘미래지구’의 전략적 목표를 달성하기 위해 ‘지속가능성으로의 전환’ 의제에서 우선순위로 연구해야 할 주제는 다음과 같음.

가. 전환에 대한 평가와 이해 (6개)

- (1) 식량 및 에너지 생산 소비에 대한 기존 모델과 시나리오와 관련된 근본적 가정은 무엇인가? 특히 수요 및 분배, 기아, 기술, 행태와 관련하여 다양한 이데올로기와 인류 발전 관련 비전들이 연구 프로그램과 사회/공공 정책들에 어떻게 영향을 미치는가? 지속 가능성에 대한 여러 비전들에 대한 공감대 실현 가능한 대안적 행동모델로 이어질 수 있는 방법은 무엇인가?
- (2) 신기술로부터 발생할 수 있는 기회와 위험들은 무엇인가? 예를 들면, 나노기술, 바이오 기술, 바이오엔지니어링, 지리공학 등과 같은 신기술과 관련된 치환비용(trade-off)은 무엇인가? 특히 환경적 변화 내에서 기술의 분배 및 사회적 영향과 관련하여 신기술, 신상품, 신서비스들이 전 지구 및 지역에서의 지속가능성의 결과에 미치는 영향들은 어떻게 평가 가능한가?
- (3) 사회시스템에서의 전환은 어떻게 시작될 수 있는가? 사회생태적 및 사회기술적 시스템의 이행에 영향을 주는 것과 관련하여 인간과 집단행동의 역할은 무엇인가? 복잡한 사회·생태적 시스템의 혁신적 변화를 어떻게 관측하고 모델링할 수 있을 것인가?
- (4) 해안지역사회, 도시, 저지대 섬, 산악 피난처 등에서 기후변화 적응에 대하여 한계에 부딪혔을 때 가능한 '후퇴 전략'에는 무엇이 있는가? 이러한 극한지역들의 사회, 정치, 윤리적 문제들은 무엇이며 정의와 공평에 관한 해결방법은 무엇인가?
- (5) 사회는 천연 자원 관리에 어떤 우선순위를 두어야 하는가? (a) 보존, (b) 자원이 저하되거나 고갈된 시스템 복원, (c) 편익 극대화 혹은 영향 감소를 위한 시스템의 계획과 효율성 개선. 천연자원의 지속가능한 사용을 향한 전환을 관리하는 데 있어서 이러한 접근법의 상대적 중요성은 무엇인가?
- (6) 전 지구 및 지역적 정치 경제가 서로 다른 영역에서의 지속가능성을 향한 전환에 어떻게 영향을 미치는가? 경로 의존성과 현재 제도에 대한 관성과 타성에 대한 거버넌스의 도전들은 무엇인가? 구조적 변화는 힘의 불균형과 불확실성 하에서 어떻게 혁신적이고 지속가능한 솔루션의 동기가 될 수 있는가?

나. 지속가능 행태(Behavior) 확인 및 촉진 (5개)

- (1) 서로 다른 사회와 경제적 여건에서 지속가능한 소비는 어떻게 규정되고 측정될 수 있는가? 사회적으로 그리고 환경적으로 지속가능하지 못한 소비 습관과 패턴들을 유도하는 것은 무엇인가? 이러한 행동과 습관들은 어떻게 변화될 수 있는가?
- (2) 문화적 가치, 신념, 세계관, 윤리 등은 지구환경변화에 따라 어떻게 진화하는가? 이들은 환경에 대한 개인이나 집단의 태도와 행태에 어떻게 영향을 미치는가? 생활양식의

선택과 습관 등을 포함해 지속가능성과 관련된 개인의 가치들이 단체의 가치와 어떻게 연관되는가?

- (3) 혁신적이고 지속가능한 실천들은 서로 다른 사회경제 및 문화적 조건에서 어떻게 전이될 수 있는가? 개인, 지역사회, 공공 부문들에서의 기술적, 사회적, 기관의, 문화적 혁신은 어떻게 지속가능한 변화를 만들어내는가? 지구환경 및 사회 변화에 대응하는 혁신시스템을 강화하기 위해 어떤 보상이나 정치적 프로세스들이 필요한가?
- (4) 도시 환경을 포함하여 서로 다른 사회적 및 문화적 조건 속에서 점진적이거나 급격한 환경 변화와 사건들은 어떻게 인식되고 대응이 이루어지는가? 새로운 형식의 학습 및 정보 공유는 지구환경변화에 대응해 어떻게 진화하는가? 또한 이들은 인식, 집단행동, 정책 대응에 어떤 식으로 영향을 미치는가?
- (5) 커뮤니케이션과 네트워크 기술은 지속가능성을 향한 시스템의 변화를 촉진하는 데 있어서 어떤 방식으로 정보 교류, 협력, 집단행동을 촉진하는가? 해당 기술들은 어떠한 방식으로 기후변화에 대응하는 사회적 통합과 다양한 그룹들의 사회 참여를 촉진하는가?

다. 발전 경로의 변화 (5개)

- (1) 생물다양성 및 생태계 서비스에 대한 새로운 형태의 가치 부여가 국가 및 지역 수준의 거시경제 정책에 어떻게 영향을 미치는가? 어떤 접근법이 생물다양성과 생태계 서비스들의 경제 및 비경제 가치들의 균형을 맞추는데 도움이 될 수 있는가? 또한 생태계 관리 전략의 수립에 도움을 될 수 있는가?
- (2) 다양한 사회경제적 맥락에서 도시와 시골 지역의 인프라 및 서비스들을 수용하거나 변화시키는 잠재성과 가능성들은 무엇인가? (해당 시스템들의 제약과 상호의존성들을 고려할 때) 어떤 유형의 계획 과정과 도구가 도시 및 시골의 지속가능 개발에 기여할 수 있는가?
- (3) 수입 변동, 교육 접근성, 건강관리 등의 사회경제 조건 변화는 소비 실천을 포함해 환경에 대한 우리의 태도와 행동에 어떻게 영향을 미치는가? 대안적인 번영 및 성장 모델은 지속가능성 경로에 어떻게 영향을 미칠 수 있는가? 경제성장과 환경의 질적 저하와의 관계를 풀을 수 있는 가장 유망한 정책적 접근법들은 무엇인가? 여기서 비즈니스와 시장의 역할은 무엇인가?
- (4) 인간 행동과 사회적 변화, 의사 결정을 유도하는 (특히 개발, 미래, 정의, 위험, 재난, 분쟁 관련된) 언어소통(내러티브)의 특징과 역할은 무엇인가? 이러한 언어소통은 위험 감소 및 지속가능성을 향한 변혁적 행동 장려에 어떤 방식으로 영향을 미치는가?

- (5) 어떤 새로운 유형의 기관이나 거버넌스 접근으로 지속가능한 사회로의 전환을 도울 수 있는가? 이러한 전환을 위한 다양한 기관들의 강점과 제약점은 무엇인가? 글로벌한 문제들을 관리하기 위해 설립된 기관들 간의 간극과 부조화는 무엇이 있는가? 또한 지역적 및 현지 수준의 문제들을 처리하기 위한 기관들은 어떠한가? 지속가능성을 위한 변혁을 가능하게 하는 여러 거버넌스 시스템들은 서로 다른 맥락에서 어떻게 평가되고 촉진될 수 있는가?

2.4.2 미래지구한국의 전략연구의제 (2017)

- 약 30명의 과학자가 7-8회의 미래지구 워크숍을 통하여 아래와 같이 50개의 세부과제를 ‘미래지구’의 3대 큰 연구주제의 틀로 분류하여 한국의 미래지구에서 우선적으로 추진해야 할 연구의제로 선정하였음(2017년 2월).

1) 역동하는 지구(Dynamic Planet) 관련 세부과제

구분	세부과제명	내 용
1.1.1	과거 지구시스템 자료복원 및 분석	한반도의 과거 지구 시스템의 환경을 파악할 수 있는 다양한 생태계 자료, 고기후 프록시 자료(예; 생태계 자료, 고기후 자료 (ice, 동굴, 나이트, 산호, 해저퇴적물 자료))의 복원 및 분석을 통해 과거 기후변동을 이해하고 지구시스템의 변화를 연구
1.1.2	지구시스템 구성 요소 간 상호작용 및 탄소순환 연구	지구시스템의 구성요소(해양/대기/빙권/지권/생태계)들 간의 상호작용을 이해하고 이들 상호작용의 변화를 야기하는 탄소순환의 특성을 파악하고 나아가 탄소순환과 지구시스템 구성요소간의 상호작용을 연구
1.1.3	인간 활동 (사회/경제) 모델링 및 기후 피드백	사회/경제 시스템과 인간 활동의 통합적 모델링을 통하여 기후 변화 및 기후 변동성과 인간 활동이 어떠한 상호 피드백을 가지고 있는가를 이해하고 연구
1.1.4	사회-경제 활동을 포함하는 통합적 (Integrated) 지구시스템 모델링	지구 시스템의 미래 변화를 예측하기 위한 모델링 구축과 나아가 단순한 기후 요소의 모델링 범주에서 벗어나 사회-경제 활동의 효과가 고려된 통합적 기후시스템 모델을 구축
1.1.5	기후변화에 기인한 대도시 환경 변화 예측	인구 밀집도가 높은 대도시의 물, 건강, 생태계, 경제활동의 환경이 기후변화에 기인하여 어떤 변화를 보일 것인지 예측하는 과제
1.2.1	동아시아 미세먼지 및 대기오염 발생 원인 및 과정 연구	동아시아 지역 미세먼지와 대기오염의 발생 원인에 대한 물리적, 화학적 세부 과정을 연구
1.2.2	대기오염 물질(short lived climate pollutants)의 기후 피드백 연구	대기 중 체류시간이 수 시간 및 수 일로 짧은 단기 체류 기후변화 유발물질들이 기후 변동성과 어떤 상호 관련성을 가지고 있는가를 연구
1.2.3	대기환경-기후 통합 예측 시스템 구축	대기-해양-해빙이 결합된 고전적인 기후 통합 예측 시스템에 대기 환경과 기후 요소들 간의 상호작용이 포함되어 있는 대기환경-기후 통합 예측 시스템을 구축하는 것을 목표로 하는 과제
1.2.4	국내 대기오염 농도 변화 연구	기후변화의 감시와 대책을 체계화하기 위해 고도화된 관측기술을 구축하고 국내 대기오염의 농도 변화를 연구하는 과제

1.3.1	기후-환경 변화에 따른 기후 변동성(예 동아시아 몬순) 변화	대기 중 에어로졸 농도 및 대기조성 화학물질의 농도 변화에 따른 기후변동성 (예, 몬순)이 어떤 변화를 보일 것 인가를 연구하는 과제
1.3.2	이상기상(한파, 폭염, 홍수, 가뭄, 폭설, 태풍) 특성 변화 연구 및 조기 경보시스템 구축	막대한 자연재해를 유발하는 이상기상 현상의 특성 연구와 극한 기상의 특성이 기후변화에 기인하여 어떻게 변화되는 지를 연구하고 피해를 최소화하기 위한 조기 경보시스템을 구축하는 과제
1.3.3	해양 기인 재해 발생 변화 연구	해양에서 기인하여 발생하는 자연 재해들 (파랑, 폭풍, 해일, 이안류)의 발생 특성을 살펴보고 기후변화에 기인한 이들의 특성 (강도와 빈도) 변화를 연구
1.3.4	동아시아 물 순환 및 영향 연구	대표적인 몬순 지역인 동아시아 지역에서 몬순과 관련된 물 순환의 특성을 이해하고 나아가 그 영향을 연구하는 과제
1.4.1	전 지구 급격한 기후변화 프로세스 연구	티핑 포인트와 관련하여 티핑 포인트 주변 및 포인트를 지난 기후 시스템에서 관측될 수 있는 급격한 기후변화의 프로세스를 연구하는 과제
1.4.2	한반도의 급격한 기후-환경변화 연구	한반도에서의 급격한 기후 변동성의 과거와 현재의 분석을 통하여 이와 관련성이 있을 것으로 추정되는 대기 조성 물질의 환경 변화와 기후와 환경변화의 상호관계를 연구하는 과제
1.4.3	급격한 기후변화에 따른 한반도 극한 현상 및 취약성 분석	전 지구 기온이 2도 이상 올라갈 때 발생할 수 있는 티핑 포인트와 관련된 급격한 기후변화에 따른 한반도 극한 기상 현상을 파악하고 그 취약성을 분석
1.4.4	기후변화 티핑 포인트 모델링 및 조기 경보 시스템 구축	티핑 포인트는 어떤 것이 균형을 이루고 있다가 작은 충격에 의해 급격하게 변하는 시점을 말하는데 이와 같은 지구 기후 시스템의 티핑 포인트를 모델링하고 조기 경보 시스템의 구축을 연구하는 과제

2) 글로벌 지속가능발전(Global Sustainable Development) 관련 세부과제

구분	세부과제명	내용
2.1.1	기후-환경 변화에 따른 취약 생태계 교란과 쇠퇴 특성 연구	지속가능한 경제발전과 더불어 한반도에서의 생태계를 유지하기 위하여 기후-환경 변화에 따른 취약 생태계를 파악하여 이의 교란 및 쇠퇴 과정의 특성을 연구하는 과제
2.1.2	연안/도서 지역 취약성 및 생태계 보존 연구	한반도 특성 상 환경 및 생물 다양성의 취약 지역인 연안 및 도서 지역의 생태계 보존에 대한 다양한 문제를 다루는 과제
2.1.3	한반도 산림 생태계 보존 및 활용 연구	북한을 포함하는 한반도 전체의 산림 생태계를 보호하고 보존하기 위하여 산림을 지속가능하게 관리하고 활용하기 위한 제반 사항을 연구하는 과제
2.1.4	수자원 생태계 보존 및 활용 연구	인간이 지구시스템에 미치는 영향 중 가장 뚜렷한 영역 중의 하나인 수자원 내부의 생태계의 보존 및 활용을 연구하는 과제

2.1.5	기후 변화에 기인한 생물 다양성 보존 연구	기후변화에 기인하여 발생할 수 있는 극한 현상의 증가 및 환경변화에 의한 생물 다양성 훼손에 새로운 위험요소가 무엇인지를 찾고 티핑 포인트와 관련된 위험 정도를 연구하는 과제
2.2.1	도시환경 변화 및 취약성	인구 밀도가 높은 대 도시를 구성하는 다양한 요소들의 변화와 지속가능성을 위해 극복해야할 취약성을 파악하고 이를 개선하는 것을 연구하는 과제
2.2.2	지속가능한 도시생태계 구축	도시의 지속가능한 생태계 구축을 향한 도시 생태계의 취약성 인자 분석과 지속 가능한 개발로 전환하는 정책을 제안하는 과제
2.2.3	미래 친환경 도시설계	기후변화에 따른 위험요인을 최소화하는 미래 도시의 설계 및 지구 환경 변화의 위험을 줄일 수 있는 친환경 도시 모형을 제시하는 과제
2.2.4	도시 환경 변화와 보건	환경 변화에 기인한 보건 문제를 개선하기 위하여 도시 환경 변화와 보건이 사회적 및 문화적 인식에서 가장 중요함을 제시하고 보건 분야의 대응방안을 연구하는 과제
2.2.5	스마트 도시화 활용 방안 연구	안보기술과 사생활 침해 방지 기술과 같은 국제적 수준의 정보통신기술을 도시 계획과 관리시스템에 활용하는 “스마트 시티”방안에서 지구 환경 변화로 인한 도시 발전의 위해요인을 함께 개선해 나가는 연구
2.3.1	기후-환경 변화에 따른 유해 조류와 수질관리 연구	기후-환경 변화에 기인한 유해 조류들의 유입, 확산 등의 특성을 파악하고 그와 연관된 수질관리를 목표로 하는 연구하는 과제
2.3.2	한반도에 적합한 물, 식량, 에너지 공급체계 구축방안 연구	한반도에 적합한 물, 식량 및 에너지에 대한 수요가 지속적으로 증가하는 상황이며 이에 따른 공급 체계의 구축 방안을 연구하는 과제
2.3.3	(하) 지속가능한 에너지 시스템 구축연구	기후변화에 따라 위험해 질 수 있는 에너지의 분야에서 지속가능한 공급을 위한 시스템 구축을 목표로 하는 연구 과제
2.3.4	대체 식량 및 대체 에너지 활용방안 연구	기후 변화에 따라 취약한 식량 및 에너지를 확인하고 지속가능한 대체 식량과 대체에너지(풍력, 태양열)의 활용 방안을 제시하는 연구
2.4.1	기후-환경 변화에 따른 연안 재해 및 취약성	기후-환경 변화에 따른 연안 지역의 재해 및 취약성 특성을 파악하고 이의 보전과 보존을 위한 방안을 제시하는 과제
2.4.2	방사성폐기물 처분을 위한 장벽물질 탄소광물화 연구	원전 폐로 시 발생하는 방사성 폐기물의 처리를 위한 지오폴리머 기술 응용 기능성 그린시멘트(CSA: Calcium sulfoaluminate cement) 및 CFBC 발전회 복합탄산염 Filling material 개발을 통해 새로운 방사능 장벽 물질을 개발하는 연구 과제
2.4.3	기후변화에 따른 보건 및 질병 예방 시스템 구축	기후변화에 따라 발생할 수 있는 감염질환 유행, 전염병 문제를 선진국 및 국제보건기구간의 협력을 통해 예방 시스템을 구축하는 것을 목표로 하는 연구 과제
2.4.4	자연 재해 완화 및 복구 시스템	자연 재해의 취약 지역에서의 재해 임계점을 파악하여 자연 재해의 완화 및 복구 시스템을 구축하는 것이 제안하는 과제
2.4.5	지속가능한 사회적 재해 대처 시스템 제안 연구	지속가능한 사회적 재해에 대한 대처 방법 및 시스템을 제안하는 것을 연구 목표로 하는 과제

2.4.6	장거리 수송 및 이동 질병 (AI, 메르스 등 수인성 질병) 감염 경로 연구	장거리 수송에 의한 질병의 이동에 관련된 질병 및 전염병들의 감염 경로를 연구하는 것을 목표로 하는 연구 과제
-------	--	---

3) 지속가능성으로의 전환(Transformations toward sustainability) 관련 세부과제

구분	세부과제명	내 용
3.1.1	정의롭고 평등한 그리고 지속 가능한 사회시스템 구축전략 연구	지구의 환경 및 기후변화에 대한 정의롭고 평등한 그리고 지속가능한 사회시스템을 구축하기 위한 전략을 도출하는 과제
3.1.2	저탄소 시스템으로의 전환연구	지속가능성으로의 전환을 위해 그리고 인류의 지속적 에너지 사용을 보장할 수 있는 저탄소 경제로의 전환에 관한 방안을 제시하고 연구하는 과제
3.1.3	지속가능한 한반도형 에너지-물-식량 전략 수립 연구	한반도에 지속가능한 사회를 구축하기 위한 에너지-물-식량 문제에 대한 현재의 상태를 정확하게 파악하고 미래 지속 기능을 위한 전략을 도출하는 과제
3.1.4	지속가능성을 위한 인식 제고 방안 연구 및 홍보	지속가능성을 위한 인식제고의 방안 연구와 국민 홍보, 교육 필요한 다양한 실행 방안과 제도를 도출하는 과제
3.1.5	한반도에서 가용한 대체에너지 현황 및 발전 방안 연구	한반도에 가용한 대체에너지의 현황을 조사, 파악하고 이의 지속가능한 공급을 가능하게 할 수 있는 발전 방안을 연구하는 과제
3.2.1	남북한 협력을 통한 한반도 기후변화 완화, 적응 전략 연구	북한을 포함하여 한반도에서 진행되고 있는 기후 변화의 완화 및 적응을 위한 전략을 연구하는 과제
3.2.2	남북한 생태계 복원 협력 전략 연구	남북한 생태계 복원을 위한 협력을 위해 필요한 전략을 연구하는 과제
3.2.3	한반도 미래 대기환경 대응전략	한반도의 미래 대기환경 변화를 예측하고 이에 기인하여 발생하는 경제, 사회, 보건 등에 관한 문제들에 대한 대응 전략을 수립하는 과제
3.2.4	한반도 자연재해 취약성 대응 전략	한반도의 자연재해 취약성 분석을 통하여 각종 재해에 취약한 지역들에 대한 맞춤형 대응전략을 수립하는 연구
3.2.5	한반도 생태-사회 시스템의 변화 연구 및 합리적 관리 방안 연구	한반도의 생태-사회 시스템의 통합모델을 통하여 미래 변화에 기인한 시스템의 변화 방향을 제시하고 이에 대한 관리 방안을 연구하는 과제
3.3.1	불균형(경제, 환경, 보건, 교육, 양성) 해소를 위한 사회제도 혁신	경제, 환경, 보건, 교육, 인력양성 분야에서 불균형을 해소하기 위해 필요한 다양한 사회 및 경제 제도의 혁신을 연구하는 과제

3.3.2	미래세대 인간과 자연의 공존을 위한 사회적 합의방안 도출	지구온난화와 급격한 환경 변화에 대하여 인간과 자연이 공존하기 위해 필요한 다양한 사회적, 경제적 방안을 도출하는 과제
3.3.3	시민협력을 바탕으로 한 공동체 복원 방안	시민협력 및 시민정신을 바탕으로 한 공동체 복원을 향한 다양한 사회적 경제 제도의 도입과 개선 방안을 연구하는 과제

제3장 2018년 미래지구한국 토론회와 집담회

3.1. 2018년 미래지구한국 토론회 (9회)

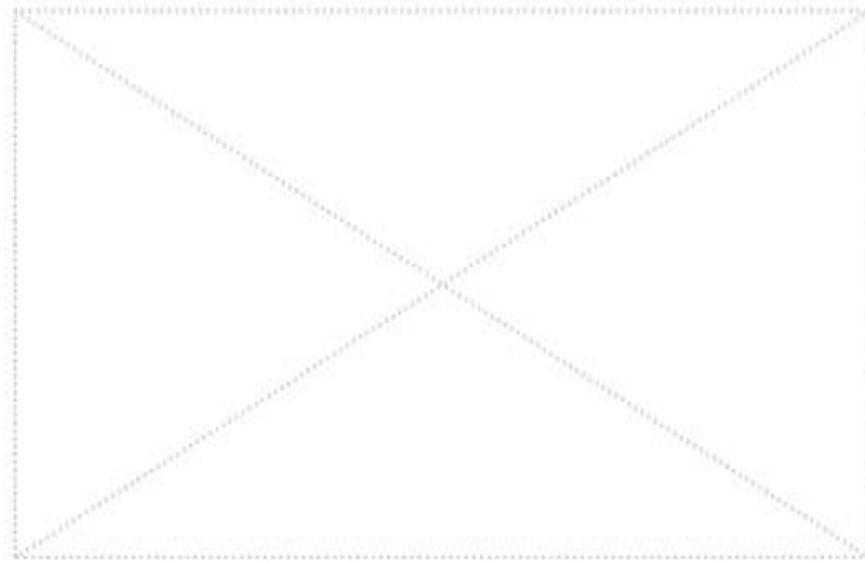
- 한국과학기술한림원과 한국과학언론인회 회원, 서울대 아시아연구소 등 과학기술자 사회과학자 언론인 등이 함께 참여해 미래지구에 관련된 이슈들을 놓고 매달 토론회를 개최하고 미래지구한국의 연구과제를 도출함.

- △ 제1회 : 2018. 6. 29.
미래형 재난안전을 위한 과학기술의 역할
- △ 제2회 : 2018. 7. 12.
생활 화학물질, 무엇이 문제인가
- △ 제3회 : 2018. 8. 24.
한반도의 기록적인 폭염, 원인과 전망
- △ 제4회 : 2018. 10. 5.
국가 재난관리 역량강화를 위한 정책방향
- △ 제5회 : 2018. 11. 2.
화학물질 인체 유해성과 위해성 평가
- △ 제6회 : 2018. 12. 14.
국가 재난 위기소통 방안
- △ 제7회 : 2019. 1. 18.
미세먼지의 건강영향과 실천적 대응방안
- △ 제8회 : 2019. 2. 15.
4차산업혁명 시대의 과학커뮤니케이션 역할
- △ 제9회 : 2019. 3. 15.
4차산업혁명 시대의 스마트 기후도시 설계

제1회 미래지구 토론회 미래형 재난안전을 위한 과학기술의 역할

□ 회의 개요

- 일 시 : 2018년 6월 29일(금), 17:00~20:00
- 장 소 : 시청역 달개비
- 주제발표 : 심재현 국립재난안전연구원장
- 참석자 : 윤순창 한국과학기술한림원 부원장, 이일수 전 기상청장, 이태섭 전 한국지질자원연구원장 등 26명



□ 주제발표 및 토론 내용

주요사항

- 최근 증가하는 자연재해 및 인위적 재난에 대한 국민의 안전역량 증진과 부정적 인식제고를 위해 심재현 국립재난안전연구원장이 ‘미래형 재난안전을 위한 과학기술의 역할’에 대한 내용을 발표함
- 다양한 미래 재해재난을 예방하기 위해 4차 산업혁명시대를 맞이하여 미래 재난이슈 및 방재 정보 등을 신기술과 접목시켜 데이터화 필요가 있음

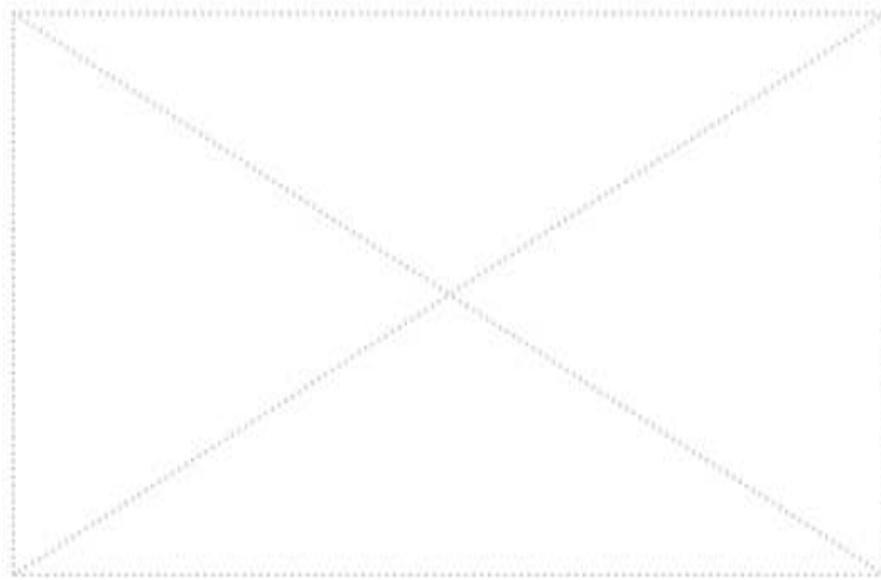
- 최근 자연재해 외에 이전에는 예상치 못했던 인위적인 재난들(9.11 테러, 메르스, AI 등)이 발생하고 있어 사람들에게 재난에 대한 부정적 인식을 갖게 함.

- 국립재난안전연구원은 국민에 초점을 맞춰 재난에 대한 원인과 현장에서 적용가능한 연구를 진행하고 있으며, 취약성이 높은 사람들에게 필요한 정보를 정확한 시점에 제공하고자 함.
- 국립재난안전연구원은 국민의 안전역량을 증진하기 위해 다양한 기술을 개발하고 있음. 특히 국민이 알고 싶어 하는 방재정보, 미래 재난이슈에 대한 정보(R-Scanner)를 제공하고 있음. 또한 국민이 자발적으로 참여하는 교육훈련기법을 개발하여 국민안전의식을 체득시키고 증강현실(AR)을 통해 현실감 있는 교육·훈련을 수행함.
- 4차 산업혁명시대를 맞이하여 신기술을 접목시켜 재난에 대비함. CCTV를 활용하여 수위관리, 산불감지, 해일사고 등의 재난 피해자 신원을 신속하게 파악하고 있음. 또한 재난의 반복되는 특성에 따라 행정안전부에서는 재난, 범죄 등에 대한 데이터를 바탕으로 생활안전지도 개발하여 국민들에게 제공하고 있음.
- 경주 마우나 리조트 사건, 세월호 사건 등을 보면 재해에 대한 컨트롤 타워에 대한 필요성이 대두됨을 알 수 있음. 재해는 정치적 요소에 따라 크기가 좌우됨. 더욱이 한국은 중앙정부와 지방자치간의 역할공유(role sharing)가 부족함에 따라 이러한 교육·훈련이 시급하며 현장 대응능력의 강화가 필요함.
- 환경이 변화하고 인구가 늘어남에 따라 향후 미래에는 재난이 우리가 경험하지 못한 재해로 다가올 것임. 이러한 재난은 미래 시나리오 내에서는 문제에 대응할 수 있지만, 예외성에 대한 문제를 커버하지 못하며 현재의 지식으로 예측하는데 어려움에 있음. 또한 이러한 미래대비가 재난 매니지먼트 쪽에 치우친 점이 아쉬움. 이를 국가적 차원에서 미래 재해재난 예방·교육하여 대응할 필요가 있을 것임.
- 현재 행정안전부와 국립재난안전연구원에 실시간으로 미래에 어떠한 재난이 발생할 것인지, 생활안전에 대한 기준을 취약계층에 어떻게 알릴 수 있는지, 실제 피해자들이 어떻게 치유되고 있는지 등에 대한 패널데이터 수집하고 있으며. 국무총리 산하에 20여명의 전문가들로 구성된 자문기구가 설립되어 정례적 회의를 진행하는 등 여러 방면으로 미래 재해재난을 예방하기 위한 노력을 하고 있음.
- 한국의 경우 재난·재해에 대한 데이터가 바로 업데이트가 되지 않으며, 디지털화 되어있지 않음에 따라 정부별 데이터를 공조하는데 어려움이 있기 때문에 이에 따른 DB를 구축할 필요가 있음. 또한 행정안전부는 하나의 연결망으로 통합하여 다른 정부, 공공기관들과의 공조가 필요할 것임 .

제2회 미래지구 토론회 생활화학물질, 무엇이 문제인가

□ 회의 개요

- 일 시 : 2018년 7월 12일(목), 17:00~20:00
- 장 소 : 시청역 달개비
- 주제발표 : 정진호 한국과학기술한림원 의약학부장(서울대 교수)
- 참석자 : 장윤석 포스텍 교수, 김학진 과학언론인 회장, 허두영 방송기자클럽 주간 등 21명



□ 주제발표 및 토론 내용

주요사항
<ul style="list-style-type: none">● 최근 국내에서 생활 속 화학물질의 공포가 심각해짐에 따라 이러한 문제의 근본적 해결을 위해 정진호 한림원 의학부장이 '생활화학물질, 무엇이 문제인가'에 대해 발표함● 무엇보다 다부처 유기적 통합관리 시스템의 확충이 필요하며, 기업의 사회적 책임의식 및 언론 보도의 공정성을 근본적으로 증대시킬 필요가 있음

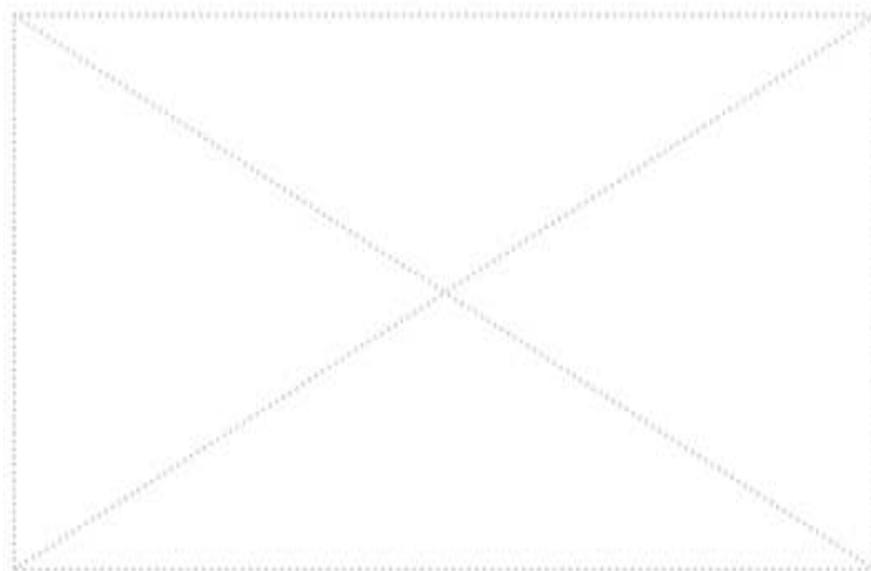
- 최근 국내에서 생활 속 화학물질의 공포(가습기 살균제, 달걀 살충제, 라돈 침대, 대구 수돗물 과불화화합물 검출 등)가 갈수록 심각해짐에 따라 국민들이 불안에 떨고 있음. 이러한 생활 속 화학물질 문제를 근본적으로 해결하지 않으면 이와 같은 유사한 일이 반복되며 또 다른 피해를 야기할 수 있음.

- 특히, 가슴기 살균제 사건은 미국 탈리도마이드 사건(1960년대)과는 다르게, 정부의 느린 대처와 검증절차로 2012년에 와서야 인체 독성여부가 인정됨에 따라 수많은 피해자를 양산함. 하지만 여전히 이러한 사건을 겪으면서도 근본적인 변화를 일으키지 못함.
- 이에 대한 대안으로는 화학물질 안전관리에 대한 다(多)부처 유기적 통합관리 시스템의 확충이 시급함. 한국의 경우 의약품 및 식품첨가물은 식약처, 농약 및 살충제는 농식품부, 생활 화학물질을 포함한 제품은 환경부에서 관할하고 있어 문제 발생 시 즉각적인 조치와 통합적 관리가 어려움.
- 당장 해결해야 할 시급한 문제점은 ‘살생물제의 통합관리’. 살생물제(Biocide)란 해로운 생명체를 제거, 방지, 무해하도록 사용되는 화학물질 또는 생물학적 수단으로, 미국 환경청(EPA)은 인간과 동물의 건강에 해를 주거나 자연 또는 산업 생산물에 피해를 줄 수 있는 생명체를 제어하기 위해 만든 살충제·농약·방부제과 같은 다양한 유해물질을 살생물제로 정의하고 있다. 농약을 포함한 살생제의 등록 및 허가업무를 환경부로 이관하는 등 통합관리가 필요하다는 주장.
- 최근 발생한 수질문제 역시 미세 플라스틱이 많이 들어가 있음. 미세 플라스틱과 관련한 국내의 전문가가 아직 드물기 때문에 해외 정책자료에 대한 검토와 이 분야에 대한 연구가 필요함.
- 인삼 또한 화학물질로 볼 수 있음. 인삼은 중국, 베트남, 한국 등 동아시아에 한하여 섭취하고 있으며, 부작용의 사례가 속출하고 아직까지 뚜렷한 건강개선 효과가 없음. 인삼과 같은 한방 문제를 분석하기엔 다소 복잡한 부분이 있지만, 이러한 문제에 국민들의 관심이 지속적으로 있는 만큼 인삼의 사포린(Rg3)과 같은 유효성분에 대한 분석이 절실히 요구됨.
- 잇따른 화학물질 노출사고에 따른 소비자들의 불안감이 커지는 원인 중 하나는 정부와 기업, 언론을 믿지 못하는 데에도 있다. 정부는 매번 사후 뱀질식 처방을 내놓고 기업은 사회적 책임의식이 결여되어 있음. 언론은 문제점을 분석하거나 심층 보도하는 것이 아니라 ‘기준치를 초과했는지’, ‘인체에 유해한지’ 여부만 따지고 있기 때문에 소비자들의 불신이 더욱 커지고 있음.
- 앞으로 위해성 평가는 과학을 기반으로 전문가에게 맡기고, 정부는 위해성 관리를 책임지고, 기업은 사회적 책임의식을 가지고 국민들과 소통해야 함.

제3회 미래지구 토론회 2018 한반도의 기록적인 폭염, 원인과 전망

□ 회의 개요

- 일 시 : 2018년 8월 24일(금), 17:00~20:00
- 장 소 : 시청역 달개비
- 주제발표 : 이명인 기상청 지정 폭염연구센터장(울산과기원 교수)
- 참석자 : 이명철 과학기술한림원 원장, 유영숙 KIST 책임연구원 등 26명



□ 주제발표 및 토론 내용

주요사항

- 2018년 한반도 폭염이 유래없는 수치를 기록함에 따라 이명인 기상청 폭염연구센터장은 '2018 한반도의 기록적인 폭염, 원인과 전망'에 대한 내용을 발표함
- 폭염의 원인에 대한 복합적인 요인 규명과 함께 폭염으로 발생하는 사회경제적 피해를 줄일 수 있는 시스템 구축 및 R&D 투자가 필요함

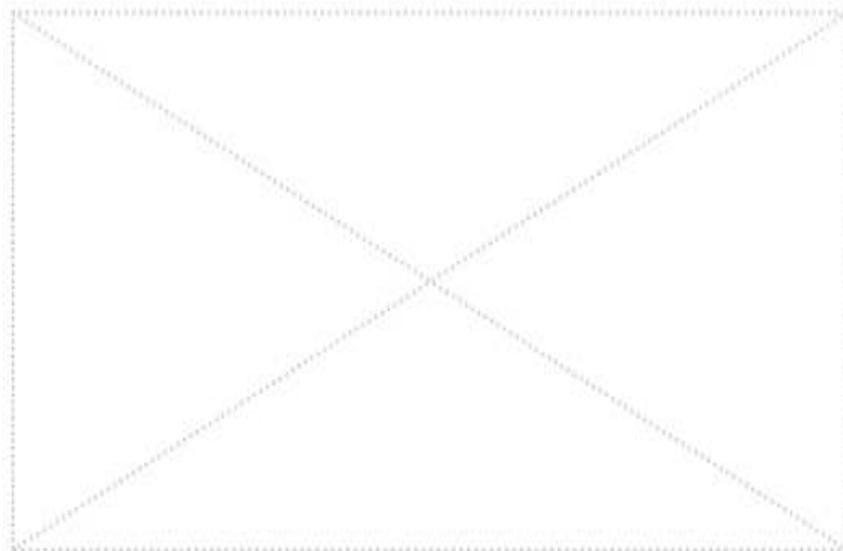
- 2018년도 한반도의 폭염은 기상관측 사상 111년 만에 닥친 폭염으로 폭염 일수가 31.3일로 1위를 차지함. 이러한 한반도 폭염의 원인은 티벳 고기압과 북서태평양 고기압이 빠르게 발달하고 장마가 일찍 끝나면서 예년보다 일찍 여름이 시작되었으며, 열대 대류가 강화되면서 상층에 정체파동이 오랜 기간 지속된 것으로 분석하고 있음.

- 전 지구적으로 폭염이 발생함에 따라 스웨덴, 핀란드와 같이 위도가 높은 곳에 위치한 나라들 역시 폭염으로 몸살을 앓고 있음. 이러한 폭염의 원인에 대해 과학자들은 다음과 같은 복합적인 요인을 들고 있음. △티벳 고기압과 북서태평양 고기압 확장 △북서태평양 대류 △상층 정체 파동(CGT) 패턴 △제트기류 북상.
- 이러한 폭염은 자연재해를 떠나 사회재해로 대두되고 있으며, 우리나라뿐만 아니라 전 세계에서 일어난 폭염의 주요 원인 중 핵심은 ‘중위도 제트기류의 약화’로 보고 있음. 제트기류(jet stream)는 북위 30도~40도의 대류권 계면 근처에서 불어오는 편서풍을 뜻한다. 좁은 지역에서는 풍속이 초속 50m 이상 혹은 100m에 달할 정도로 강풍이다. 여름철 강한 양의 북극진동이 발달하면서 중위도 제트기류가 약해지고 대기 순환이 정체되어 정체파 또는 블로킹이 오랜 기간 지속되었기 때문임.
- 지구온난화로 인한 제트기류 변화 외에도 ‘도시 열섬 효과’이 이번 폭염에 큰 영향을 줬다. 때문에 대도시일수록 폭염이 더 심했다. 도시화가 진행되는 지역은 녹지에 비해 지표면 온도가 높게 나타남.
- 폭염은 극심한 인명 및 사회·경제적 피해를 동반함. 특히 고령화 사회로 가면서 열에 취약한 계층이 늘어나고 있으며, 생산 가능한 연령을 넘어서 경제적으로 취약한 노인층에 피해가 집중되고 있음. 최근 미국에서 기상재해가 연간 사망자수를 늘리는 요인으로 밝혀짐. 하지만 현재 문자메시지로 당일 예보를 받고 있는 실정임. 하루 전날만 예보해도 이러한 피해를 50% 이상 떨어뜨릴 수 있음.
- 이에 폭염 대응을 위한 사회·경제 등의 여러 부처에서 의사결정하는 시스템 마련 및 R&D에 대한 투자가 필요함. 또한 중장기적으로 지구온난화 대응 대책 및 열환경 개선을 위한 도시계획이 동반되어야 함.
- 현재 폭염의 원인으로 엘니뇨, 라니냐 현상으로 지구온난화가 주목받고 있지만, 사실 폭염의 메커니즘은 정확한 하나의 원인이 아님. 현재 영국 등 유럽 과학자들은 제트기류에 주목하고 있음. 지금의 기후변화는 인류가 문명을 이룬 후 한 번도 겪어보지 못한 일로써 현재 과학기술의 한계로 장기적인 예측은 사실상 어려움.
- 최근 언론과 정치인들은 2050년까지 지구의 온도가 2도가 올라간다고 함. 이는 지구 역사 속에 특이현상으로 학자들은 현재의 기후변화로 인한 ‘고기후’가 어떤 변화를 몰고 올 지에 주목하고 있음.

제4회 미래지구 토론회 국가 재난관리 역량강화를 위한 정책방향

□ 회의 개요

- 일 시 : 2018년 10월 5일(금), 17:00~20:00
- 장 소 : 시청역 달개비
- 주제발표 : 방기성 경운대 안전방재공학과 교수 대(代) 이원호 광운대 건축공학과 교수
- 참석자 : 문길주 한국과학기술대학원 대학교(UST) 총장, 이승수 충북대 교수 등 30명



□ 주제발표 및 토론 내용

주요사항
<ul style="list-style-type: none">● 최근 재해재난이 증가함에 따라 이를 관리하는 거버넌스의 중요성이 증대하고 있음. 이에 이원호 광운대 교수가 '국가 재해재난관리 거버넌스'에 대해 발표함● 미국이나 일본과 다르게, 한국의 경우 재난발생 시 중앙정부의 의존하려는 성향이 매우 강함. 이에 국민 스스로 대처할 수 있도록 방재교육과 문화조성이 필요함

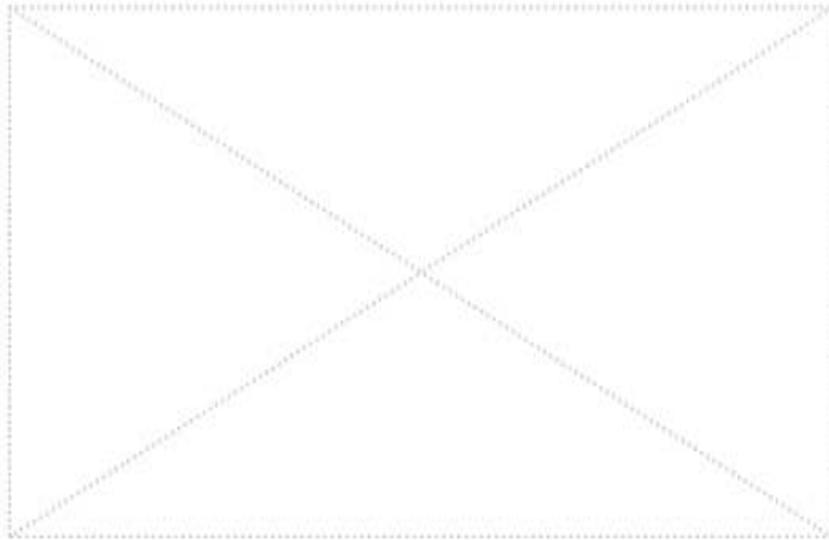
- 미국의 경우 재난에 대비하고 복구하는 일차적인 책임은 지방정부에게 있음. 그러나 심각한 재난이 발생할 경우 국토안보부 산하 연방재난관리청(FEMA)이 '체계적인 계획과 행동(planning & action)'을 통해 지방 정부를 지원해야 함.

- 일본은 미국처럼 고도로 전문화된 방재 기관을 두고 있지 않음. 전문기관은 없지만 유사시에는 총리를 중심으로 방재담당 특명 대신 등을 중심으로 국가 전체가 나서는 형태. 일본의 방재 시스템은 ‘자기가 자기를 방어하는 시스템’. 피해 당사자가 스스로 나서 가족과 이웃을 보호함.
- 일본에서 이처럼 피해자 중심의 방재 시스템이 발전한 것은 지진, 태풍 등 빈발하는 재해 탓에 ‘자신의 생명과 재산은 스스로 지켜야 한다’는 공감대가 형성됐기 때문. 일본인들에게 있어 방재는 구호가 아니라 생존을 좌우하는 중요한 문제로 인식되고 있음.
- 우리나라는 중앙 정부의 계획을 기반으로 하고, 지방 정부의 현장 대응을 중시한다는 점에서 미국과 비슷한 측면. 특정 지역의 거주민이나 이해 관계자들 사이에서 땅이나 건물 등에 상존하고 있는 재난 가능성을 외부에 공개하지 않으려는 분위기가 확산, 재난에 대한 소극적인 대처 풍조가 크게 우려됨
- 재난 가능성에 대한 정보 노출을 꺼리는 가장 큰 이유는 부동산 시세 때문. 많은 사람들이 부동산 가격 하락을 걱정해 재난관련 정보를 외부에 알리지 않고 있으며, 관계 공무원들 역시 방재 정보를 내부적으로만 활용하고 있음.
- 우리나라는 재난 발생 시 정부에 모든 것을 의존하려는 성향이 매우 강함. 한국의 방재 패턴은 정부에서 지시가 떨어져야 방재가 시작되는 ‘명령만 기다리는’ 패턴. 투명한 정보 공개 하에 ‘국민 스스로 재난에 대처할 수 있는’ 방재교육과 문화조성에 관심을 기울여야 함.
- 2015년 3월 UN이 주도한 제3차 세계재난위험경감회의(The 3th World Conference on Disaster Risk Reduction)에서 채택한 ‘2015년 이후 재난위험경감강령(post-2015 framework for disaster risk reduction)’(일명 센다이 협약). 회의가 일본 센다이에서 열렸기 때문.
- 이 강령은 무엇보다 ‘재난에 대한 이해’를 강조. 재난 관련 정보를 수집·분석해 재난 피해자 등과 다양하게 공유해야 한다는 것. 강령은 또한 ‘재난에 대한 위험성과 취약성, 위험 요인 등을 공개해 사회 또는 생태계 전반에 미치는 영향 등을 각국 상황에 맞게 정기적으로 평가해나가는 것’을 규정하고 있다. 위험지도를 포함해 위치기반 재난위험 정보를 개발해 보급해나가는 것도 중요한 권고사항임.
- UN을 중심으로 한 여러 국제기구에서 미래 재난피해를 줄이기 위해 어떻게 대처해 나갈 수 있는지에 대해 다양한 활동이 진행되고 있지만 전체적으로 보았을 때 우리나라가 이런 국제활동에서 소외돼 있는 분위기임. 갈수록 가중되는 재난피해 가능성에 대처해 국가적인 차원에서 방재 시스템을 보다 효율적으로 점검해 나가야 한다는 지적.

제5회 미래지구 토론회 화학물질의 인체 유해성과 위해성 평가

□ 회의 개요

- 일 시: 2018년 11월 2일(금), 17:00~20:00
- 장 소: 시청역 달개비
- 주제발표: 배옥남 한양대 약대 교수
- 참석자: 윤순창 한국과학기술한림원 부원장, 김도한 서울대 교수, 정진호 서울대 교수, 김학진 한국과학언론인회 회장 등 21명



□ 주제발표 및 토론 내용

주요사항
<ul style="list-style-type: none">• 21세기 정보사회에서 화학물질 안전성에 대한 사회적 관심이 증가함에 따라 배옥남 한양대 교수가 '화학물질 인체유해성과 위해성 평가'라는 주제로 발표함• 라돈침대, 가습기살균제 등 혼란의 조장하는 언론등의 부작용을 보다 효율적으로 관리하고 독성을 합리적으로 규명할 수 있는 보다 신뢰성있는 연구소 설립이 필요함

- 환경, 식품, 의약품, 생활화학용품 등 다양한 물질 노출에 따라 소비자의 의식이 변화하고 있으며, 우리나라처럼 고도하게 정보사회에서 화학물질 안전성에 대한 사회적 관심이 증가하고 있음. 20세기에 들어서 농약류 사용을 통한 환경, 생태 및 인체의 위해성이 증가되었음. 화학물질은 생체 내에서 들어오면서 혈액으로 들어가 전신순환하며 생체에 영향을 미치며, 독성으로 발현되면 장애가 발생하게 됨. 결과적으로 배설되기 쉬운

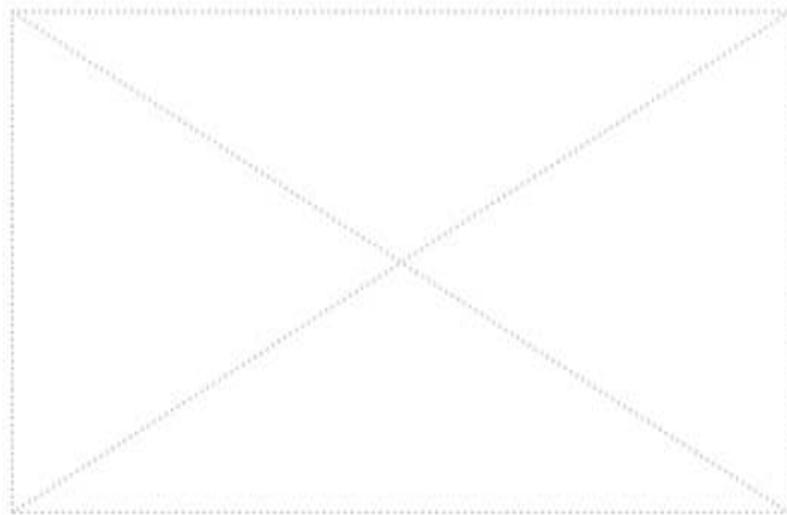
형태로 변화된 후, 체외배출이 되긴 하지만 전신 순환하는 혈중 화학물질 농도가 변화함.

- 화학물질의 제조량, 수입량 등에 따라 유해성 시험의 범위가 달라지며, 일상에서 화학물질에 살생분자가 많이 포함되어 있음. 기본적으로 화학물질의 용량이 증가하면 생체반응이 증가함. 세상의 모든 화학물질은 독성물질이나, 약물이 될지, 독성물질이 될지 결정하는 것은 바로 용량(dose)임.
- 현대에는 일상생활 속에서 너무나 많은 화학물질에 노출되어 있음. 이들 화학물질의 인체 건강영향을 평가하고, 규제, 교육 등의 지속적인 관리가 필요함. 이러한 위험성(risk) 평가의 핵심요소는 노출(exposure)과 유해성(toxicity; hazard)임.
- 화학물질 노출 경로 및 독성시험 경로의 불일치로 동물실험만으로는 이것을 윤리적 요구, 독성시험의 효율화로 인해 대체독성시험이 눈에 띄고 있음. 현재 유럽에서는 독성물질 동물시험은 금지하고 있으며, 한국도 작년부턴 이를 적용하고 있으며, 사람에서 노출량을 표시하기 위해 노력하고 있음.
- 각국의 독성전문가를 효율화하기 위해 OECD와 같은 국제기구에서도 나아갈 방향을 마련하고 있음. 또한 유해성을 평가하는 부분에 있어 가장 우선순위 자료는 바로 역학 자료다. 하지만 이는 교란요소가 많아 충분하게 입증되지 않음.
- 최근 국제회의에 참석한 결과 중국의 대체시험법 수준이 매우 높은 단계에 와 있으며, 한국이 크게 뒤쳐져 있다는 사실을 확인할 수 있었음. 유해성 평가 체계에 있어서도 한국은 아직 편협한 사고방식에 머무르고 있다는 지적.
- 특정 물질의 위험성을 판단하기 위해 많은 나라에서 노출(exposure)과 독성(toxicity)이라는 2가지 기준을 감안함. 이중 노출은 '특수 상황에서 평가대상 화학물질이 인체 안에 어느 정도 들어오는지'를 살피는 것인데 우리나라는 노출이라는 1가지 기준만 강조하고 있다. 이런 연구 시스템으로 인해 많은 과학자들이 화학물질의 위험성을 정확히 판별하는데 애를 먹고 있음.
- 라돈 침대 파문, 비극적인 사태를 초래했던 가습기 살균제 사건 등이 대표적인 사례로 지목됐다. 과학자들을 통해 사전에 독성 문제가 제기됐다면 독성으로 인한 피해를 사전에 막을 수 있었을 것. 독성과 관련, 혼란을 조장하는 언론의 부작용도 지적됨. 특히 광고를 통해 환상적인 내용으로 포장되고 있는 상품 광고들이 안전성에 대한 인식을 경감하고 있음. 이런 폐단을 막기 위해 국가적으로 독성 모두를 합리적으로 규명할 수 있는 신뢰성 있는 연구소가 설립돼야 함.

제6회 미래지구 토론회 국가재난 위기소통 방안

□ 회의 개요

- 일 시: 2018년 12월 14일(금), 17:00~20:00
- 장 소: 환경재단 레이첼카슨홀
- 주제발표: 전상일 한국환경건강연구소 소장
- 참석자: 윤순창 한국과학기술한림원 부원장, 박현 국립산림과학원 박사, 손병주 서울대 교수, 오성남 숭실대 교수, 윤정한 한림원 농수산학부장 등 24명



□ 주제발표 및 토론 내용

주요사항
<ul style="list-style-type: none">• 위기에 대한 전략적인 소통방법의 중요성이 날로 증대됨에 따라 전상일 한국환경건강연구소 소장이 '국가재난 위기소통방안'에 대한 내용을 발표함• 위기재난에 처해있는 사람들의 감정을 추스르는 소통방안이 제일 먼저 마련되어야 하며, 영국의 사례처럼 사례연구를 중심으로 위기전략 소통방안에 대한 트레이닝을 실행할 필요가 있음

- 인간은 동물이기 때문에 본능적으로 '인식'을 함. 평상시에는 일상적 소통법이 가능하나 재난이 발생한 경우에는 일상적인 소통법이 통하지 않고 분란이 일어남. 이에 따라 위기에 대한 전략적인 소통방법이 필요함.

- 위기소통 방안의 성공사례 : 미국 존슨앤존슨사의 '타이레놀 독극물 사건'. 당시 타이레

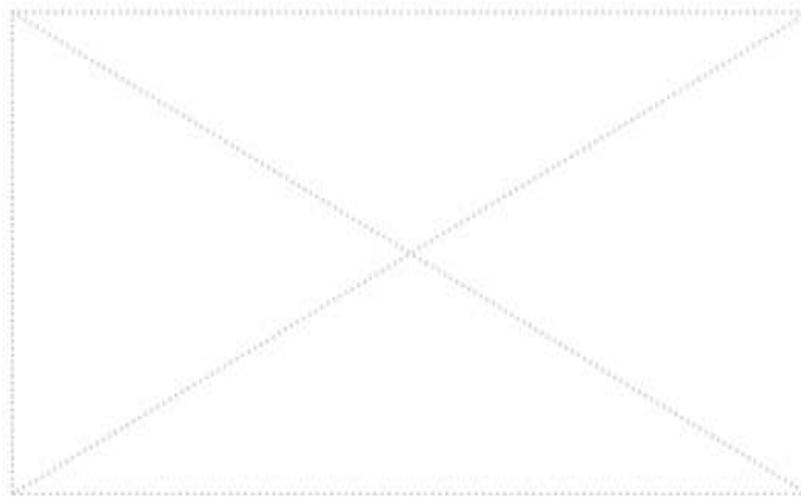
높은 캡슐형으로 판매되고 있었고, 이 약에서 검출된 독극물로 인해 피해자가 발생하자 존슨사는 회사의 귀책사유와 무관하게 전부 보상함. 이를 계기로 존슨사의 신뢰도는 크게 상승함.

- 위기소통 방안의 실패사례 : 한국의 ‘미스터피자 갑질’ 논란과 ‘이대 목동 병원 신생아 사망’ 사건 등
- 위기·재난 상황에서 인간의 심리를 결정하는 가장 큰 요인은 ‘신뢰도(50%)’임. 위기·재난 소통 관리자들이 사실에 집착하기 보다는 감정의 중요성을 인정하고, 감정을 지배하는 것이 바로 ‘신뢰’라는 점을 숙지할 필요가 있으며, 최고 의사결정자일수록 트레이닝이 필요함. 또한 위기상황에서 전문가/정부는 팩트(사실여부)에 집중하지만 재난상황에서 가장 중요한 것은 ‘신뢰’임을 고려할 때, 위기에 처해있는 사람들의 감정을 추스르는 소통방안을 마련해야 함.
- 이와 관련한 법칙으로 ‘Rule of 3’, ‘Rule of 27/9/3’, ‘Order of message’, ‘Rule of 1N=3P’, ‘Minus 4 Education Level’ 등이 있음. 핵심메시지는 3개로 제한해 3번 반복하고, 하나의 핵심 메시지에 3개의 보충 메시지를 준비해야 함 (예: 화재 신고 119, 범죄신고 112). 또한 전체 메시지는 27개 내외의 단어를 사용해 9초 이내 전달할 때 가장 효과적이며, 핵심 메시지는 3개로 제한해 중요한 정보는 처음과 끝에 배치해야 함. 더불어 1개의 부정적 정보마다 3개의 긍정적 정보를 함께 제시하고, 평균학력 대비 4학년 이상 수준을 낮춰 작성할 필요가 있음.
- 일본의 경우 후쿠시마 원전사고 시, 언론들은 학자들에게 피해가 어디까지 이어질 것인지, 국민들은 어떻게 대처해야 하는지 등을 질문함. 하지만 전문가들의 답변에는 일관성이 없었고, 이에 대다수의 일본인들은 혼란에 빠짐. 이러한 사례에서 볼 수 있듯이 언론이나 학자들이 정보를 제공하는 것이 국민에게 오히려 더 큰 혼란을 야기할 수 있음. 전문가 그룹에서 한 목소리를 낼 수 있게 학자들 사이에서도 컨트롤 할 필요가 있음.
- 영국은 왕실 산하의 로열소사이어티에 사이언스미디어센터를 두고 있음. 일종의 한림원과 과학언론인들을 모아서 위기전략 소통방안에 대한 트레이닝을 시키고 있으며, 과학분야의 사건들이 벌어졌을 때 어떻게 커뮤니케이션을 할지에 대해서 케이스 스터디를 통해 사례를 축적하고 있음.

제7회 미래지구 토론회 미세먼지의 건강영향과 실천적 대응방안

□ 회의 개요

- 일 시: 2019년 1월 18일(금), 16:00~19:00
- 장 소: 환경재단 레이첼카슨홀
- 주제발표: 홍윤철 서울대 의대 교수
- 참석자: 윤순창 한국과학기술한림원 부원장, 이태섭 전 한국지질자원연구원 원장, 김승조 서울대 교수, 하경자 부산대 교수, 최열 환경재단 이사장 등 37명



□ 주제발표 및 토론 내용

주요사항

- 최근 한반도 대기문제의 주요한 문제요인으로 미세먼지가 대두됨에 따라 홍윤철 서울대 의대 교수가 ‘미세먼지의 건강영향과 실천적 대응방안’에 대해 발표함
- 정부가 노후 화력발전소 중단 또는 전기차 지원 등과 같은 친환경 정책을 실행하고 있지만, 국내에서 발생하는 미세먼지의 대다수는 중국발 월경성 대기오염으로 중국과의 협력을 범국제적인 차원으로 접근하여 해결할 필요가 있음

- 세계보건기구(WHO)가 미세먼지를 ‘1급 발암물질로 지정할 만큼 위험한 물질’이라고 발표하면서 미세먼지에 대한 국민들의 불안함과 두려움은 연일 높아지고 있음. 이러한 불안감과 두려움은 바로 정부질타로 이어지고 있으며, 가장 큰 오염원이라고 생각되는 중국과의 협상이 어렵지만 당장 국가 간 협의를 촉구하는 이들도 적지 않음.
- 미세먼지의 상당 부분이 중국발로 넘어오는 월경성 대기오염이기 때문에 중국의 협조

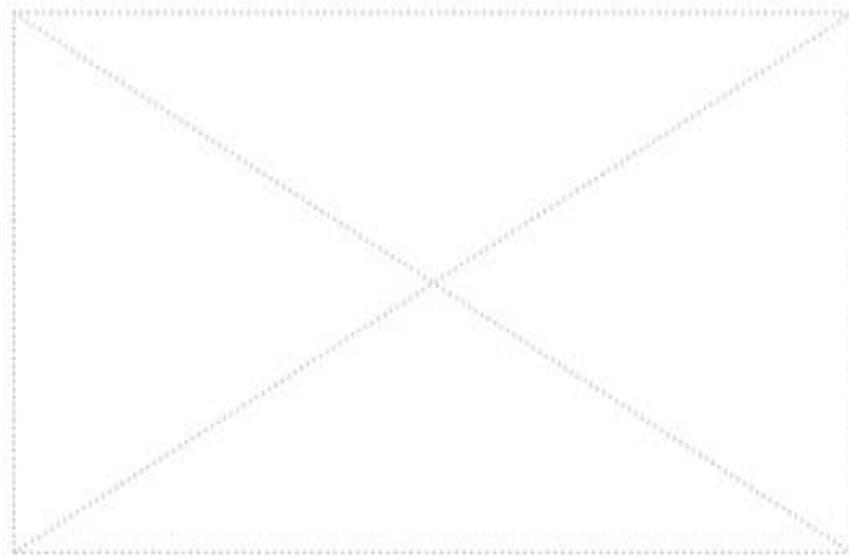
없이 미세먼지 감축을 논하기 어려움. 더구나 미세먼지는 우리나라와 중국만의 문제가 아니고 현재 전 세계가 미세먼지로 인해 골머리를 썩고 있음. 한국과 같이 주변국가로 인해 피해를 보는 경우도 적지 않음. 이에 월경성 대기오염에 대한 시각을 좀 바꿀 필요가 있음.

- 싱가포르와 말레이시아는 인도네시아 숲에서 발화시킨 오염이 미세먼지의 상당 부분 영향을 끼침.
 - 태국 미세먼지의 40~50%는 미얀마에서 발생한 것임.
 - 네덜란드는 자체 미세먼지 발생률이 미미하나, 이러한 미세먼지의 대부분은 폴란드에서 발생됨.
- 세계 각국이 자체적으로 미세먼지를 감축하기 위해서는 국제적 협약으로 상호보완 해야 하며, 이러한 자구책은 첫째 지방 및 중앙정부의 정책으로 국내 오염 기여 분을 줄이는 방안, 둘째 개인이 마스크나 공기청정기의 도움을 받는 방안, 셋째 국제협약에 의한 감축 방안 등이 있음.
- 미세먼지는 범세계적인 문제로서 세계 각국에서는 노후 화력발전소 가동을 중단하고 전기차를 확대하는 등 친환경 정책을 펼치며 대기오염을 줄이기 위해 노력하고 있음. 한국 역시 2005년 ‘수도권 대기질 개선 특별법’을 통해 서울 시내버스를 친환경차량으로 전면 교체하였으며, 대전과 비교한 결과 심혈관질환 사망자 수가 약 8% 감소한 효과를 얻음. 하지만 앞으로 이런 정책을 통한 대폭적인 오염 감소 효과는 누리기는 어려운 실정임.
- 국제적인 조약도 활발하게 이루어지고 있음. 유럽은 1979년도에 체결한 ‘월경 대기오염에 관한 제네바협약(CLRAP)’을 체결하였으며, 아세안 지역 10개국에서도 2002년부터 ‘월경성 연무오염 아세안 협정(AATHP)’를 결성해 대기오염을 준수하기 위해 노력하고 있음. 한국도 작년부터 중국, 일본, 러시아, 몽골, 북한과 함께 ‘동북아 청정 대기 파트너십(NEACAP)’을 맺고 대기오염에 대해 논의하고 있음.
- 무엇보다 한국의 미세먼지를 줄이기 위해 무엇보다 중요한 것은 중국과의 협력임. 가해자와 피해자의 구도로는 중국과 협상하기 어려움. 새로운 관점에서 문제를 바라보고 해법을 찾아야 함.
- 이와 관련 홍콩이 중국과 협상하는 과정을 눈여겨봐야 함. 홍콩 미세먼지 상당부분은 중국에서 넘어오는 월경 대기오염임. 이에 홍콩은 자체적으로 감축할 수 있는 비율을 정하고 중국도 감축할 수 있는 비율을 제시함. 홍콩과 같이 중국과 2020년까지 감축할 수 있는 수치 등 협력범위를 정해 아시아 차원에서의 상호조약을 맺을 필요가 있음.

제8회 미래지구 토론회 4차산업혁명 시대의 과학커뮤니케이션 역할

□ 회의 개요

- 일 시: 2019년 2월 15일(금), 16:00~19:00
- 장 소: 환경재단 레이첼카슨홀
- 주제발표: 곽재원 가천대 교수(전 중앙일보 과학전문 대기자)
- 참석자: 윤순창 한국과학기술한림원 부원장, 윤정한 한림대 교수, 홍성유 한국형수치예보모델개발사업단 단장, 김학진 한국과학언론인회 회장 등 26명



□ 주제발표 및 토론 내용

주요사항
<ul style="list-style-type: none"> ● 디지털 미디어 세대로의 전환에 따라 국민들은 쏟아지는 정보의 홍수속에 살고있음. 이에 곽재원 가천대 교수가 '4차산업혁명시대의 과학커뮤니케이션의 역할'에 대한 내용을 과학자와 기자들을 대상으로 발표함 ● 국민의 눈높이에서 이해하기 쉽게 설명하고 대안을 제시하는 과학 저널리즘의 등장이 필요하며, 이에 정부의 지원이 무엇보다 필요함

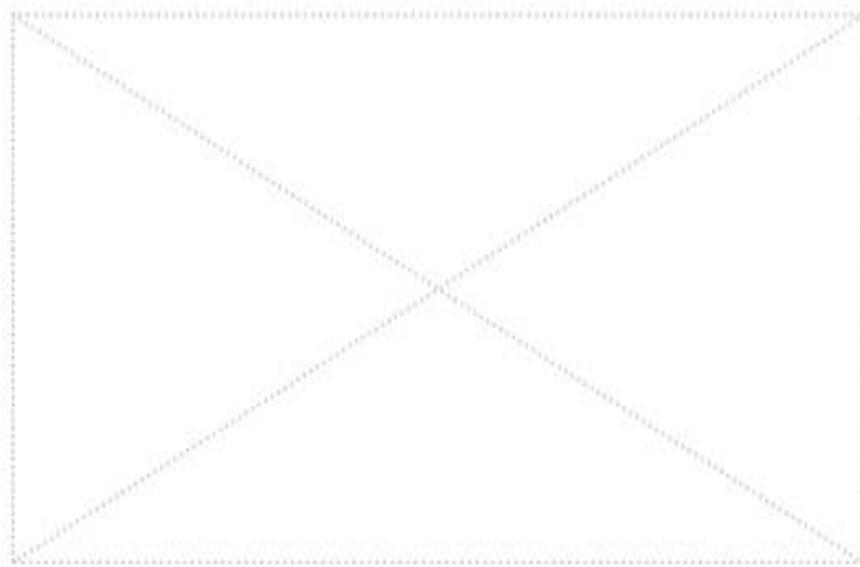
- 디지털 미디어 세대로의 전환은 사람들이 점점 다양한 매체를 통해 정보를 취득하기 때문에 기존 언론매체들은 상업적 및 정치적 압력에 보다 취약하게 만들고 있음. 기술이 급격히 발전함에 따라 저널리즘이 이것을 바로 따라가지 못하는 실정이며, 현장에서의 과학저널(보도)과 커뮤니케이션(학문) 사이에는 큰 차이가 존재함. 더구나 저널리즘은 정부를 비판하고 견제하는 관계에 있기 때문에 저널리즘 자체로는 정부의 지원을 받기 어려운 한계가 있음.

- 과학이 중요하다고 하지만, 현재 과학저널은 'infotainment'(정보information와 오락entertainment의 합성어)에 치중하는 것이 현실임. 과학기술을 등한히 하지 않아야 하며 보다 critical(비판적) 과학저널리즘이 필요한 시기임. 하지만 전 세계적으로 전문성 있는 인력이 부족하고, 과학기술 매체 또한 열악하고 부족한 실정임. 언론사 내부에서 과학기술 분야에 대한 소홀한 취급도 문제.
- 이에 more accessible, more timely, more informative, more interactive, more engaged with its audience 등이 저널리즘의 미래를 위해 필요하며, 과학에 대한 대중의 참여는 과학자와 대중 간의 상호학습 기회를 제공해야 함. 상호학습은 지식 습득뿐만 아니라 폭넓은 관점, 세계관에 대한 친숙함을 향상시키는 데에도 도움이 됨.
- 현재 한국 대학의 구조를 보면 언론정보나 영상정보는 인문사회 분야 출신으로 일반적 저널리즘 위주로 되어 있음. 미국 같은 경우는 콜롬비아, 존스홉킨스, MIT 등 저명한 대학에 과학저널리즘 석사과정이 마련되어 있음. 더구나 해외에는 일반 대중이나 정책 입안자(국회 등)에게 신기술이나 과학기술과 관련된 현안들을 알기 쉽게 전달해주는 직업(과학커뮤니케이터)이 다양하게 등장하고 있음.
- 과학기술혁신이 요즘같이 사회를 급격하게 변화시킬 때 저널도 따라가기 어려운 이 시점에서 저널리즘이 과학기술을 설명해줘야만 하는데 기자들만의 역량으로 이런 미션을 달성하기에는 역량이 부족할 수밖에 없음.
- 상업적인 언론사들도 돈이 안되는(가독성이 떨어지고 광고가 잘 붙지 않음) 과학프로그램이나 지면을 소홀히 취급함. 따라서 정부나 공공 차원의 과학저널리즘 육성방안이 필요함.
- 최근 광우병 메르스 인공지능 자율주행차 탈원전 등에서 보듯이 갈수록 과학기술과 관련된 이슈들이 사회적 현안이 되고 갈등을 유발하기 때문에 이런 문제들을 사건 위주 기사가 아니라 문제의 본질을 파헤치고 독자(시청자)들에게 이해하기 쉽게 설명해주며 공포심을 조장하는 것이 아니라 대안을 제시해주는 역량 있는 과학저널리즘의 등장이 필요함.

제9회 미래지구 토론회 4차산업혁명 시대의 스마트 기후도시 설계

□ 회의 개요

- 일 시: 2019년 3월 15일(금), 16:00~19:00
- 장 소: 환경재단 레이첼카슨홀
- 주제발표: 오성남 숭실대 특임교수
- 참석자: 윤순창 한국과학기술한림원 부원장, 이홍금 극지연구소 책임연구원, 엄은희 서울대 아시아연구소 선임연구원 등 24명



□ 주제발표 및 토론 내용

주요사항
<ul style="list-style-type: none">• 최근 인류의 고밀도 도시집중화에 따라 도시 기후환경 개선에 대한 국내외적 관심이 높아지고 있으며, 이에 오성남 숭실대 교수가 '4차 산업혁명시대의 스마트기후도시 설계'에 대해 발표함• 국내에서도 스마트도시를 다각적으로 추진하고 있으나, 여전히 기술을 목적으로 하는 경향이 다소 강함. 이에 수요자 중심의 미래가치를 지향하는 방식으로 변해야 할 필요가 있으며, 기후수치예보, 지진조기경보 등과 같은 핵심 기술을 적용시킬 필요가 있음

- 최근 인류의 고밀도 도시집중화에 따른 도시 기후환경 개선에 대한 세계적인 관심이 높아지고 있으며, 기후변화시대의 새로운 미래도시 설계를 위해 도시 GIS, 환경기상관측 등 도시지역의 기후기상 및 물리적 정보수집의 필요성이 강조되고 있음.

- 스마트 기후도시는 건강하고 생산성 있는 삶을 위해 ICT, AI 등 첨단기술을 바탕으로 도시서비스를 제공하는 도시이자, 기후변화, 환경오염, 인구증가, 고령화 등 도시의 비효율에 대응할 수 있는 환경 친화적인 지속가능한 도시임.
- 이에 스마트 도시의 설계와 운영에 있어서 기후대응 방안 중 하나로 도시 바람과 열섬 (Heat Island)효과를 평가해 좋은 바람길과 햇빛, 녹지를 구성해 쾌적함을 구현하고 지역 단위의 기후변화 예측모델을 활용해 집중호우·미세먼지·결빙·폭염·위험물질 등에 실시간으로 대응할 수 있는 도시설계가 관심을 모으고 있음.
- 최근 국내의 스마트도시 전략(세종과 부산의 2군데 추진 중)은 과거의 기술중심, 공급자 중심의 시각에서 탈피해 수요자 중심, 미래가치를 지향하는 방식으로 변하고 있으나 여전히 기술을 목적으로 하는 경향이 강함.
- 4차 산업혁명과 도시기후환경 설계를 위해 미기상 기후 수치예보, 원격탐측 및 미기상 관측, 기후변화 전망, 기상정보통신, 지진조기경보 등과 같은 핵심기술 △에 적절하게 적용시켜야 함.
- 스마트시티의 에너지 컨트롤(예 거리조명). 전 세계 2억2000만개의 가로등은 연간 159TW/h의 에너지를 사용하여 81MT의 이산화탄소를 배출. 새로운 LED 기반의 거리 조명시스템을 채택한다면 연간 200~300만 유로의 에너지 절감효과 창출. 메가시티는 세계 인구의 6.7%에 해당하지만 세계 전기의 9.3% 소비. 전세계 폐기물의 12.6%를 생산함.
- 이에 스마트 도시는 구역별로 수시로 바뀌는 기후변화와 이로 인해 발생할 수 있는 재난상황을 최대한 빨리 예측하는 시스템을 갖추고, 핵심 예측모델 개발과 실시간 운영을 수행할 스마트도시 융합기상·도시기후연구센터를 만들어야 할 필요가 있음.
- 스마트 기후도시가 실현되기 위해서는 △도시설계 관리자들에게 기상기후 의사결정자료를 제공해야 함. △도시생태계 보존, 재해 방지를 위한 핵심 과학기술을 개발해야 함. △도시 기상기후 관측 및 예측 등의 융복합연구를 수행해야 함.

3.2. 한반도 지속가능성 집담회 (4회)

- 연구팀과 서울대 아시아연구소 중심의 사회과학자 자연과학자 공학자 보건의료 연구자 등이 함께 참여해 미래지구와 한반도의 지속가능성에 대한 이슈들을 놓고 매달 1회 정도의 집담회를 개최하고 한반도의 지속가능성을 위한 연구과제를 도출함.

1) 한반도의 지속가능성 1차 집담회

- 일시: 2018. 5월 1일(화) 오후 5:00
- 장소: 서울대 아시아연구소 210호(영원홀)
- 강연주제 : Future Earth 네트워크의 글로벌 및 한국의 목표와 운영방식
- 강연자: 윤순창(한국과학기술한림원 부원장, 미래지구 한국위원회 위원장)
- 주요 내용 : 미래지구와 관련된 국제 활동과 앞으로 연구과제를 설명하고 집담회의 진행방식과 발표주제들을 토의함.

2) 한반도의 지속가능성 2차 집담회

- 일시 : 2018. 6월 5일(화) 17:00~19:00
- 장소 : 서울대 아시아연구소 303호
- 발표자 및 발표 주제

▶ 북한의 산림정책/ 박미선(서울대 국제농업기술대학원 교수)

북한의 산림이 황폐해진 원인은 무엇이고 남북교류를 통해서 북한의 산림을 복원할 수 있도록 하는 우리의 지원방안에 대해 논의.

▶ 생물다양성과 생태계서비스를 위한 환경계획/ 송영근(서울대 환경대학원 교수)

지구 역사상 전례없는 6번째 대멸종이 진행되고 있는데 그 원인제공자는 인간임. 생물 다양성의 4가지 위기에 대응하는 환경생태계 보전계획을 알아 봄.

3) 한반도의 지속가능성 3차 집담회

- 일시: 2018년 7월 3일(화) 17:00-19:00
- 장소 : 서울대 아시아연구소 303호
- 발표자 및 발표 주제

▶ 한반도의 지속가능 영양 / 윤지현(서울대 식품영양학과 교수)

식생활 분야의 남북한 언어의 차이와 가임기 여성의 남북한 영양상태를 비교해보고 특히 영유아의 남북한 영양 불량을 살펴보았음. 대북 식품/영양지원사업의 방향에 대해서도 고찰함.

▶ 미래지구를 위한 수치모델링 / 홍성유(한국형수치예보모델 개발사업단장)

동아시아 기상현상에 적합한 양질의 기상정보 제공을 위해 차세대 한국형 전지구 모형 개발이 필요. 기상청과 유관기관 학계의 의견을 즉각적으로 반영하고 예측성이 향상된 수치예보 도구 개발을 2020년 1월 현업 목표로 개발 중.

4) 한반도의 지속가능성 4차 집담회

- 일시: 2018년 9월 4일(화) 16:00-18:00
- 장소 : 서울대 아시아연구소 303호
- 발표자 및 발표 주제

▶ 공간역학의 역사와 현황-미래도시 활용 전망/ 황승식(서울대 보건대학원 교수)

19세기 콜레라가 유행했을 때 꼼꼼하게 환자 통계 지도를 그려 오염된 물이 원인이라는 사실을 밝혀냈듯이 시공간 역학 연구를 통해 질병 생물학을 이해하는 것이 중요. 컴퓨터 GIS 공간통계의 발전으로 최근 지리적 역학 연구가 활발해짐.

▶ 도시 재난재해복원력 융합연구센터 운영/ 송준호(서울대 건설환경공학부 교수)

지진 화재 산사태 수해 태러 등 도시에서 발생할 수 있는 재난재해에 대비하고 복원하기 위해 건설환경공학자 중심으로 컴퓨터공학자 인문,사회과학자들이 참여하는 융합연구를 진행한 경험을 공유.

제4장 미래지구 한국의 연구과제 (2019)

- 모든 사람들이 공정하고 지속가능한 사회에서 번영하며 살아갈 수 있는 미래사회의 구현을 위해 과학기술이 해결해야 할 우리나라의 사회경제적 및 환경적 현안 문제에 대한 연구 과제를 도출하여 정부의 연구개발 정책에 반영할 수 있도록 하는 것을 목표로 미래지구 한국의 연구과제들을 도출함.

4.1. 미래지구한국의 연구과제 도출 과정

- 미래지구 한국위원회는 2016년 4월 창립된 후 7회의 미래지구 워크숍과 1박2일 Wrap-Up 워크숍을 열고, 미래지구의 3대 큰 연구의제 △역동하는 지구(Dynamic Planet) △글로벌 지속가능발전(Global Sustainable Development) △지속가능성으로의 전환(Transformations toward sustainability) 으로 분류하여 한국의 미래지구에서 우선적으로 추진해야 할 50개의 세부과제를 선정함(2017년2월). (제2장 ▶미래지구-한국(Future Earth Korea)의 전략연구의제(2017) 참조)
- 그러나 2017년에 제안된 ‘미래지구 한국의 전략 연구의제’는 대기과학자 해양과학자 지질과학자 생태학자 예방의학자 등 자연과학자들이 중심이 되어 만들어진 의제들로 인문·사회과학자, 산업체, 정부 및 지자체 정책담당자, 언론 및 시민단체 등 다양한 전공과 관점, 이해관계를 가진 전문가들이 참여하지 못한 한계가 있었음.
- 일본은 종합지구환경학연구소(總合地球環境學研究所, Research Institute for Humanity & Nature)가 주축이 되어 2017년 지구의 미래를 위해 향후 10년간 우선적으로 해결해야 할 ‘일본의 전략적 연구과제’(JSRA, Japan Strategic Research Agenda) 107개를 발표함(부록 참조). 이 과정에서 앙케이트와 그룹인터뷰를 통해 일반 시민들의 의견을 청취하고, 정부 및 지자체 관계자, 산업계, 학계 등 설문조사와 각계 전문가가 참여하는 이틀간 토론회를 열어 다양한 관점을 반영하려고 노력함.
- 연구팀은 이러한 점을 감안하여 이번 연구에서는 세계 과학계의 국제공동프로그램인 ‘미래지구’의 핵심 연구주제 중에서 한국 사회에서 꼭 풀어야 할 당면 과제들을 중심으로 한국과학기술한림원의 석학들과 서울대학교 아시아연구소의 인문·사회과학자, 과학언론인회 및 시민사회(NGOs) 등 사회의 이해당사자들이 참여하여 사회문제 해결형 과학기술 연구의제들을 도출하기로 함.
- 한국과학기술한림원(KAST)과 과학언론인회는 2018년 6월 ~ 2019년 3월 재해재난, 화학물질과 건강, 미세먼지, 스마트도시, 리스크커뮤니케이션과 과학 미디어 등과 관련된 ‘미래지구 한국을 위한 과학기술포럼’을 9회 개최하였고, 2018년 5월 ~ 10월 서울대 아시아연구소 주최 4회의 집담회에서 인문·사회과학자와 법학 자연과학 공학 약학 농생명과

학 식품영양학 등 다양한 전공자들이 모여 미래지구와 한반도의 지속가능성 관련 주제들을 놓고 토론함.

- 연구팀은 ‘미래지구를 위한 과학기술포럼’(9회)과 서울대 아시아연구소 집담회에서 논의된 주제발표와 토론내용, 여기에 참여한 30여명의 전문가들로부터 이메일로 제안받은 (2018년 10월 ~ 2019년 3월) 연구의제들, 미래지구 국제본부에서 제시한 미래지구의 핵심의제와 일본의 미래지구위원회가 2년여에 거친 노력 끝에 도출한 연구의제(2017) 등을 연구, 검토하여 아래와 같이 7개 분야 57개 연구 과제를 선정함.

- (1) 재해 위험 경감 - 10개 과제
- (2) 화학물질과 건강 - 7개 과제
- (3) 초미세먼지 - 6개 과제
- (4) 건강한 식량 - 5개 과제
- (5) 한반도의 지속가능성 - 12개 과제
- (6) 감염병 - 5개 과제
- (7) 기타 유엔의 지속가능발전목표(SDGs 2016-2030) 관련 - 12개 과제

- 본 과제에서 선정한 미래지구한국의 연구과제(2019)는 인문·사회과학 법학 농생명과학 식품영양학 약학 언론분야 등 다양한 영역의 연구과제로서 2017년에 주로 자연과학자들에 의해 도출된 전략연구의제(2장4절)와 함께 연구재단이 지속가능하고 공정한 미래사회로의 발전을 위해 지원해야할 연구과제들임.

- 2017년과 2019년에 도출한 미래지구한국의 연구과제의 비교

2017년	2019년
<ul style="list-style-type: none"> ● 2017년에 도출한 미래지구한국의 전략연구의제는 미래지구 본부에서 발행한 “Strategic Research Agenda 2014”의 지침에 따라 1) 역동하는 지구, 2) 글로벌 지속가능발전, 3) 지속가능성으로의 전환 이라는 3개의 대주제로 분리하여 총 50개의 연구과제를 도출하였음. ● 약 30명의 자연과학자(대기과학자, 해양학자, 지질학자, 생명과학자)들이 연구과제 도출에 참가하였으나, 사회과학자와 시민사회, 언론 등의 참여가 없어 미래지구가 강력히 추구하는 초학제적 미래지구 연구과제의 도출이 가능하지 못했음. <p>예시) 대표적인 연구과제명을 예시하면,</p> <ul style="list-style-type: none"> 1.1.1 과거 지구시스템 자료복원 1.2.3 대기환경-기후 통합예측시스템 구축 1.3.2 이상기상 특성변화 연구 및 조기경보시스템 구축 1.3.3 해양 기인 재해 발생 변화 연구 1.3.4 동아시아 물 순환 및 영향 연구 2.1.5 기후 변화에 기인한 생물다양성 보존 연구 2.2.2 지속가능한 도시생태계 구축 연구 2.4.1 기후-환경변화에 따른 연안 재해 및 취약성 2.4.2 방사성폐기물 처분을 위한 장벽물질 탄소 광물화 연구 3.1.2 저탄소시스템으로의 전환 연구 3.2.2 남북한 생태계 복원 협력 전략 연구 3.3.2 미래세대 인간과 자연의 공존을 위한 사회적 합의방안 도출 	<ul style="list-style-type: none"> ● 2019년에 도출한 미래지구한국의 연구의제는 과학기술 기반 사회문제 해결형 과제의 도출에 집중하였음. ● 사회과학자(경제학자, 법학자, 지리학자)와 식품영양학자, 의학자, 약학자, 환경공학자, 대기과학자, 과학언론인 등 다양한 영역의 전문가 30여명이 참여하여 사회문제 해결형 연구과제를 도출하였음. ● 연구과제는 1) 재해위험경감, 2) 화학물질, 3) 미세먼지, 4) 식량, 5) 한반도 지속가능성, 6) 질병과 감염병, 7) 기타 유엔의 지속가능발전목표 관련 과제로 분류하여 총 55개의 연구과제를 제시함 <p>예시) 대표적인 연구과제명을 예시하면,</p> <ul style="list-style-type: none"> 2-3 사회 전반의 케모포비아 극복을 위한 화학물질 위해소통 방안 연구 2-4 화학물질, 미생물 등 체외에서 들어오는 전체 환경요인과 환경성 질환의 상관관계 규명 연구 3-1 미세먼지 생성 원인 규명 연구 4-1 한국형 지속가능 식생활 지침 개발연구 5-5 북한의 도시 관리와 전염병 관리에 관한 법령 연구 5-6 북한의 국토환경, 산림보호와 보전에 관한 법령 연구 5-10 한반도의 지속가능발전 지표 개발과 남북간 격차 해소를 위한 연구 6-3 국내 주요 감염병 재난 분석을 통한 감염병 대응 미래 전략 연구 7-7 과학미디어의 전문성 강화와 국민 이해도 증진 방안 연구

<한국형 미래지구 전략 연구의제 발굴에 참여한 전문가들>

포럼 주제발표 및 토론에 참여하고 연구과제를 제안해주신 분, 가나다 순

△고종관(전 중앙일보 의학전문기자)

△곽재원(가천대 교수, 전 중앙일보 기자)

△국종성(포스텍 환경공학부 교수)

△김대현(서울대 지리학과 교수)

△김상연(한국뇌연구원 팀장)

△김성규(서울대 아시아연구소 연구원)

△김영준(광주과기원 환경공학부 명예교수)

△김준(서울대 농업생명과학연구원 교수)
 △김학진(한국기계연구원 감사, 전 동아일보 기자)
 △박수진(서울대 아시아연구소장, 지리학)
 △배옥남(한양대 약대 교수)
 △손정렬(서울대 지리학과 교수)
 △심재율(한국과학언론인회 회장, 전 조선일보 기자)
 △심재현(국립재난안전연구원 원장)
 △안종주(대통령 직속 정책기획위원회 지속가능분과 위원장)
 △엄은희(서울대 아시아연구소 선임연구원)
 △예상욱(한양대 해양학과 교수)
 △오성남(송실대 재난관리학과 특임교수)
 △윤순창(서울대 지구환경과학부 명예교수)
 △윤정한(한림대 식품영양학과 명예교수)
 △윤지현(서울대 식품영양학과 교수)
 △이광영(한국시니어과학기술인협회 부회장)
 △이무하(한국과학기술한림원 부원장, 서울대 농생명공학부 명예교수)
 △이명인(울산과학기술원 도시환경공학부 교수)
 △이원호(광운대 건축공학과 교수)
 △이지순(서울대 경제학과 명예교수)
 △이태섭(전 한국지질과학연구원장)
 △이홍금(극지연구소 책임연구원)
 △이효원(서울대 법학전문대학원 교수)
 △장운석(국립환경과학원 원장, 포스텍 환경공학과 교수)
 △장재열(과학기술문화협동조합 이사장, 전 중앙일보 기자)
 △전상일(한국환경건강연구소장)
 △정연돈(경동대 사회복지학과 교수)
 △정진호(한국과학기술한림원 총괄부원장, 서울대 약대 교수)
 △최상국(과실연 사무국장)
 △하경자(부산대 대기환경과학과 교수)
 △허두영(전 동아사이언스 편집인)
 △홍성유(한국형수치예보사업단 단장)
 △홍윤철(서울대 의대 교수, 예방의학)

4.2. 미래지구한국의 연구과제(2019)

각 주제별로 과제의 시급성과 중요성이 높은 순서로 두 과제씩을 선정하여 과제의 중요성과 활용방안을 박스 안에 제시하였음.

4.2.1 재해위험경감 (Disaster Risk Reduction)

1-1. ‘센다이재난위험경감강령 2015-2030’의 이행을 위한 융합 연구

중요성 및 활용방안

- **중요성:** 기후변화에 따른 재해재난의 강도와 빈도가 높아질 것으로 예상됨에 따라 세계 최대의 과학기구인 국제과학연합(ISC)은 UN 재해위험경감사무국(UNISDR)과 공동으로 2015년 3월 ‘센다이재난위험경감강령 2015-2030’을 공포하고 증대하는 재난위험경감을 위한 세계 각국의 노력과 국제협력을 통한 UN 강령의 이행을 촉구하고 있음. 우리나라도 이에 적극 동참하여 본 강령의 이행을 위한 국가적 로드맵을 수립하여 다가올 새로운 재해재난의 위험에 대비하여야 함.
- **활용방안:** 국제적 규범에 맞는 과학기술기반 국가 재해재난경감 로드맵을 수립함으로써 기후변화에 따라 극대화되는 재해재난에 대비하고 국가의 재난 회복력 강화를 기대할 수 있음.

(연구내용) 우리나라에서 ‘센다이재난위험경감강령 2015-2030’에서 제시한 4개의 행동우선순위의 이행과 7개의 목표를 달성하기 위하여 1) 재난위험 거버넌스의 강화, 2) 재난관련 데이터와 실용적 정보의 수집·분석·관리·사용의 국제적 표준화와 위험지도를 포함한 위치기반 재난위험정보의 개발 및 주기적 업데이트, 3) 재난 복원력이 강한 사회의 구축, 4) 복구, 재활, 재건에 있어 ‘발전적 재건’을 위한 국가 재해재난위험경감 로드맵 수립을 위한 과학기술 기반 초학제적(trans-disciplinary) 융합연구

1-2. 태풍 강도 변화에 따른 한반도 연안 재해 취약성 및 대응전략

중요성 및 활용방안

- **중요성:** 최근 기후변화의 결과로 해석되는 초강력 태풍의 발생이 잦아지고 있어 한반도 역시 태풍 재해 취약성이 증가함에 따라 기상 및 기후 빅데이터 및 태풍재해 예측 모델링을 활용하여 한반도 연안도시의 산업시설과 주민보호를 위한 대응방안을 수립해야함.
- **활용방안:** 초강력 태풍에 의한 원전, 신재생에너지 발전지역 등 국가 기간산업시설을 보호하고 취약한 연안도시 주민들의 생명과 재산을 보호하고, 초강력태풍에 대한 도시 복원력을 강화시킴.

(연구내용) 기후변화에 의하여 앞으로 100년간 태풍의 빈도는 감소하나 태풍의 강도 증가가 예상되며, 이에 따른 재해 취약 지역인 연안의 강풍, 폭우, 해일에 대한 대응방안 연구가 필요함. 특히 연안에 위치한 대도시의 전반적 재해 가능성 분석과 더불어 원자력발전소, 풍력 등의 신재생에너지 발전지역 등 산업 전반의 취약성 평가가 이루어져야 하고, 합리적 대응 방안을 수립하도록 예측 정보를 제공하여야 함.

1-3. 기상 및 기후 빅데이터와 국제 관측네트워크를 활용한 취약계층의 자연재해 피해 저감 및 대응체계 개발

(연구내용) 고령화 시대를 대비하여 노년층과 취약계층의 기상 및 지진 등 자연재해에 따른 피해를 사전예방하고 선제 대응하기 위한 초고해상도 기상예보기술과 생활환경 IoT를 기반으로 한 빅데이터 시스템을 구축하고, 이를 활용한 취약계층의 안전과 생활 불편을 최소화하기 위한 정책 및 관리 시스템을 개발함.

1-4. 스마트 도시의 재해재난으로부터 신속한 복원을 위한 과학적 방법 연구

(연구내용) 기후변화에 따른 자연재해의 발생과 피해가 크게 증가하고 있음. 이에 대한 스마트도시 설계 및 운영을 위한 국제적인 대응 기술정보의 공유와 일련의 새로운 노력을 통해 연구 파트너 네트워크를 확장, 강화하여 향후 사회적 재난과 자연재해 대응을 위한 경험과 기반기술을 상호 제공하고 협력함. 협력 부분은 사회적 재난과 수자원(water), 기후, 건강 보건, 도시계획, 해안지역 도시의 재해위험 등을 포함함.

1-5. 자연재해에 효과적 대응 가능한 재해 회복력(resiliency) 높은 도시환경의 구축

(연구내용) 오래 전부터 사람들에게 커다란 위협으로 여겨져 왔던 자연재해는 최근 들어 그 위협의 강도가 점점 더 높아지고 있음. 이는 변화하는 지구의 자연환경 속에서 재해의 강도와 빈도가 더 늘어나기 때문이며, 다른 한편으로는 인류가 대도시를 중심으로 초고밀도의 거주공간에 점점 더 많이 밀집하여 살게 되면서, 재해가 미치는 공간적 범위가 과거에 비해 크게 변하지 않는 상황이라도 그 피해의 정도가 이전에 비해 더 커지는 경향이 있고, 이러한 환경 속에서 도시가 보다 지속가능한 인류의 거주공간으로 존속되어 가기 위해서는 자연재해에 대한 회복력을 강화해 나갈 필요가 있음.

이를 위하여 하드웨어인 도시 기반시설 차원에서 어떤 준비를 해 나가야 하는지에 대한 부분과 아울러 소프트웨어적 차원에서 위협에 대한 시민의식의 제고와 함께 재해가 발생하였을 때 이에 대해 효과적으로 대처하기 위한 준비된 행동계획, 그리고 장기적으로 피해를 극복하고 신속하게 원래의 상태로 복원하는데 필요한 제도, 조직 운영 등에 대한 종합적인 연구가 필요함.

1-6. 기후변동에 수반되는 기상현상 및 재해 예측성 향상 방안(모델링)

(연구내용) 단기 수치예보부터 계절/기후예측까지 이음새 없이 활용 가능한 통합 지구환경 예측시스템을 구축하고 지속적인 개선 및 연계·활용을 통하여 가속화되는 기후변화 및 이에 수반되어 대형화되는 기상재해에 대한 불확실성을 지속적으로 감소시킬 필요가 있음. 이를 통하여 국가 기후변화 대응 정책 및 재해에 종합적으로 대비할 수 있는 기반자료를 주기적으로 업데이트해야 함.

1-7. 기후변화에 따른 한반도 자연재해 상세 예측 및 적응 전략 수립(모델링)

(연구내용) 지구온난화에 따라 10~100년 후 한반도에서 발생 가능한 모든 자연 재해의 위험을 통합적으로 예측할 수 있는 지구시스템 모델 기반의 지역 상세 기후변화 예측시스템을 개발하고, 사회·경제적 영향 평가를 통해 자연재해 피해를 부문별로 최소화하여 재해 회복력(resilience)이 강한 공동체로 발전하기 위한 적응 전략을 수립함.

1-8. 지구시스템의 회복 불가능한 티핑포인트(임계점)와 급격한 환경변화 연구

(연구내용) 지구 기후 시스템의 작은 변화에 의한 티핑포인트의 발생 역학 및 이에 따른 급격한 기후 및 환경변화 가능성을 이해하는 연구. (티핑포인트의 예, 지구온난화에 의한 툰드라 영구동토층이나 그린란드 빙하의 소멸)

1-9. 이해당사자 맞춤형 재난 위기소통 전략 연구

(연구내용) 어린이, 노인, 성인 등 연령대별 literacy를 고려하여 다양한 재해재난 사건들(지진, 태풍, 건물붕괴, 폭염, 폭설, 홍수, 사고 등)에 대한 위기소통 전략을 수립함.

1-10. 효과적인 리스크 커뮤니케이션(Risk Communication)을 위한 사회 각 분야의 역할 연구

(연구내용) 지진, 메르스 등 질병 재난이나 광우병 미세먼지 라돈침대 가습기 살균제 등 과학기술과 관련된 사회적 이슈가 발생해 국민들의 관심이 높아졌을 때 이를 과학적으로 잘 설명하여 국민들에게 이해시키고 사회 전체가 해결방안을 합리적으로 찾아가는 소통 방법 연구.

이 과정에서 정책 당국, 과학기술 전문가, 소통 전문가, 언론 등 각 분야의 역할을 정립함. 과거 사례를 분석하고 리스크 커뮤니케이션 관련 매뉴얼을 사전에 마련하는 것도 중요함.

4.2.2 화학물질과 건강

2-1. 생체 내 보호장벽(소화기관 장벽, 피부장벽, 혈관-뇌 장벽)의 손상 및 투과성 증가로 인한 화학물질 독성 유발 기전 규명

중요성 및 활용방안

• 중요성

- 다양한 화학물질인자 노출은 다른 물질로 인해 유발되는 질환에 민감하게 만들거나 이들 질환을 악화시킬 수 있고, 화학물질인자의 생체 내 이용율 및 표적장기 독성에 큰 영향을 미치게 됨.
- 화학물질에 의해 생체 내 보호장벽들이 손상되고 기능에 장애가 생기는 경우 화학물질들의 건강유해영향이 더욱 확대될 수 있으므로, 독성예측평가기술의 개발과 화학물질 생체 장벽 기능 손상 기전 규명이 필요

• 활용방안

- 화학물질 독성기전 규명을 통한 화학물질 규제관리 기반 강화
- 화학물질인자의 다중노출에 의한 질환 기여요인 및 악화기전 규명
- 화학물질 유래 질환에의 생체 장벽 기여도 제시
- 다양한 화학물질인자에 대한 유해성 예측
- 바이오마커를 활용한 분자 및 역학 연구에 활용

(연구내용) 환경 및 생활소비재 중 다양한 화학물질인자 노출은 다수의 화학물질이 혼합된 상태로 발생하며, 이들 화학물질인자들은 생체 내 항상성은 손상시킴으로서 다른 물질로 인해 유발되는 질환에 민감하게 만들거나 이들 질환을 악화시킬 수 있음.

생체 내에는 외부 자극에 대응하기 위한 물리적, 생물학적 보호장벽이 발달되어 있으며, 소화기관 장벽, 피부장벽, 혈관-뇌 장벽(Blood-brain barrier; BBB) 등의 유지는 화학물질인자의 생체 내 이용율 및 표적장기 독성에 큰 영향을 미치게 됨.

화학물질에 의해 이러한 보호장벽들이 손상되고 기능에 장애가 생기는 경우, 동시 혹은 이후에 노출되는 화학물질들의 건강유해영향이 더욱 확대될 수 있음.

따라서 환경유해인자의 다중 노출을 고려하여, 화학물질의 생체 내 보호장벽의 손상 및 기능변화를 평가할 수 있는 융합적인 기술 개발이 필요함.

현재 연구수준은 BBB, 인체피부모델 등에서 화학물질 통과 및 흡수 정도가 주로 평가되고 있으나, 화학물질에 의해 이들 장벽이 손상되는 기전이나 영향에 대한 연구는 제한적이므로 생체 내 장벽(소화기계, 피부, BBB 등) 독성예측평가모델의 개발과 생체 장벽에 대한 화학물질 독성예측을 위한 평가기술의 개발을 통하여 화학물질 생체 장벽 기능 손상 기전을 규명해야 함.

2-2. 노출경로별 생리학적 체내동태(PBPK)에 기반한 화학물질 위해평가 방법론 연구

중요성 및 활용방안

• 중요성

- 고도화 사회의 화학물질 사용 증가에 따라, 화학물질의 인체 및 환경 유해성에 대한 적극적인 평가가 필요함. 위해평가(risk assessment)는 인체가 특정 화학물질에 노출되는 경우, 유발될 수 있는 잠재적인 건강유해작용에 대한 통합적 특성규명을 일컫음.
- 화학물질 노출평가에는 대상 화학물질의 노출원(exposure point) 및 노출경로(exposure route)에 대한 분석이 포함됨. 노출경로는 주로 피부노출, 흡입노출, 경구노출 등을 고려하며 실제 인체에서의 노출은 다경로로 동시에 나타남. 화학물질 위해평가에 있어 다경로 노출(aggregate exposure)평가의 필요성이 제시됨.
- 기존 화학물질 노출평가는 외부노출용량(External dose)을 중심으로 이루어짐. 현재 위해평가 수준에서 경구노출 자료의 외삽은 불가피하게 적용되어 왔으나, 위해평가의 불확실성을 더욱 증폭시키는 요인임. 실제 인체에의 건강유해작용을 나타내는 화학물질 농도는 생체내부용량(Internal dose)으로 도출되어야 하며, 이를 위해 PBPK(physiologically based pharmacokinetic) 모델이 필요하고, 흡입 및 경피노출 경로의 특이성 및 변수 등을 고려하여, 경구독성 시험에서 외삽된 인체 허용기준치(Reference dose)가 적합한지 검토할 필요가 있으며, 다경로 노출을 고려한 통합적 위해관리가 필요함. 현재 국내 연구는 매우 미흡하며, 국제 유해성 평가에서는 살생물물질, 농약 등의 PBPK 기반 연구가 확장되고 있음.

• 활용방안

- 3종 이상의 유해화학물질 PBPK 기반 허용기준치 제시
- 화학물질 다경로노출에 의한 체내동태의 상호작용 평가기술 개발
- 화학물질 흡입경로 생체 유/위해성 평가기술 개발
- 화학물질 경피경로 생체 유/위해성 평가기술 개발
- 신속하고 합리적인 화학물질 규제 관리의 기반으로 활용됨.

(연구내용) 고도화 사회의 화학물질 사용 증가에 따라, 화학물질의 인체 및 환경 유해성에 대한 적극적인 평가가 필요함. 위해평가(risk assessment)는 인체가 특정 화학물질에 노출되는 경우, 유발될 수 있는 잠재적인 건강유해작용에 대한 통합적 특성규명을 일컫음. 화학물질 노출평가에는 대상 화학물질의 노출원(exposure point) 및 노출경로(exposure route)에 대한 분석이 포함됨. 노출경로는 주로 피부노출, 흡입노출, 경구노출 등을 고려하며 실제 인체에서의 노출은 다경로로 동시에 나타남. 화학물질 위해평가에 있어 다경로 노출(aggregate exposure)평가의 필요성이 제시됨.

기존 화학물질 노출평가는 외부노출용량(External dose)을 중심으로 이루어짐. 현재 위해평가 수준에서 경구노출 자료의 외삽은 불가피하게 적용되어 왔으나, 위해평가의 불확실성을 더욱 증폭시키는 요인임. 실제 인체에의 건강유해작용을 나타내는 화학물질 농도는 생체내부용량(Internal dose)으로 도출되어야 하며, 이를 위해 PBPK(physiologically based pharmacokinetic) 모델이 필요함.

흡입 및 경피노출 경로의 특이성 및 변수 등을 고려하여, 경구독성 시험에서 외삽된 인체 허용기준치(Reference dose)가 적합한지 검토할 필요가 있으며, 다경로 노출을 고려한 통합적 위해관리가 필요함. 본 연구에서는 3종 이상의 유해화학물질 PBPK 기반

허용기준치 제시하고, 화학물질 다경로노출에 의한 체내동태의 상호작용 평가기술, 화학물질 흡입경로 생체 유/위해성 평가기술 및 화학물질 경피경로 생체 유/위해성 평가기술을 개발하여 신속하고 합리적인 화학물질 규제 관리의 기반으로 활용하고자 함.

2-3. 살생물제 위해성(유해성)-편익(효능) 비교 평가를 통한 안전한 살생물제와 생활 화학용품 확보

(연구내용) 다양한 생활화학용품을 사용함에 따라 살생물제의 사용 빈도 및 노출량이 증가하고 있음. 위해성-편익 분석을 통해 위해성이 높고 편익이 낮은 살생물제 사용을 규제할 필요가 있음.

살생물제 사용 현황을 파악하고, 위해성-편익 분석을 통해 불필요한 살생물제 사용을 최소화하고, 살생물제 안전성을 확보하기 위한 연구.

2-4. 사회 전반의 케모포비아 극복을 위한 화학물질 위해소통 방안 연구

(연구내용) 고도 산업사회에서 화학물질 사용이 필수불가결한 상황이지만 케모포비아가 확산되고 있음. 케모포비아는 화학물질에 대한 공포, 즉 화학(chemical)과 공포(phobia)의 합성어. 이는 화학물질 유해성에 대한 우려 및 화학물질 사용에 대한 거부감으로 나타나며, 전문가 및 규제과학에 대한 불신이 커지고 있음. 반면, 화학물질 안전성에 대한 교육은 미비한 실정임.

초중고 교육과정에 화학물질의 체내 동태 및 인체영향 등에 대한 교육을 필수교육으로 포함하고, 산업체 종사자, 작업자, 소비자에게 화학물질 안전성에 대한 이해를 증가시키는 연구.

2-5. 화학물질, 미생물 등 체외에서 들어오는 전체 환경 요인과 환경성 질환의 상관관계 규명

(연구내용) 화학물질과 건강영향 상관관계 규명을 위한 기존의 오믹스 연구는 genomics-proteomics-metabolomics 축의 내인적 요인에 초점을 맞추어 진행됨. 노출인자 전반적 프로파일링을 통한 익스포좀(노출체 오믹스: exposomics) 전략이 국제 우수 기관에서 개시되고 있으나, 국내 연구 인프라는 제한적임. 환경성 질환에 있어 노출인자를 분석하고, 노출인자-상관성을 빅데이터 기법으로 규명하여 진단 및 예측, 개선 전략 구축에 활용하는 연구.

2-6. 미세먼지 발생원과 먼지 내 화학물질조성에 따른 흡입노출 인체 건강영향 규명

(연구내용) 미세먼지는 발생원 및 발생기전에 따라 다양한 조성으로 존재하는데, 불균질성 및 다양성으로 인해 표준화된 건강영향 평가가 어려움.

또한 산재된 독성 자료들을 취합하여 규제 관리에 적용하기에 한계가 있음. 화학적 분석 기술을 접목하여, 미세먼지 발생원 별 조성을 규명하고, 대표 표준 미세먼지 조성을 이용한 표준화된 흡입노출 독성시험 자료 구축이 필요함.

2-7. 폭염의 생체 인지온도로서 예측과 보건학적 저감 대응방안

(연구내용) 인간을 비롯하여 지상의 생물체는 태양 복사에 대하여 각기 다르게 반응하고 또한 주변 환경의 역학적, 열역학적, 수문학적 상태에 의하여 다른 온도로 인지하고 생물체의 건강 정도에 따라 인지온도가 다르기 때문에 보건학적 폭염영향은 인지온도로 예측되어야 하며 이에 대한 인지온도 모형의 개발과 이에 따른 저감 대응이 필요함.

4.2.3 미세먼지

3-1. 미세먼지 생성 원인 규명 연구

중요성 및 활용방안

- 중요성: 최근 몇 년간 한반도 내의 미세먼지 증가에 따라 국가차원의 장단기적인 새로운 연구 패러다임 도입의 필요성이 증대되고 있음. 대기에서 SO₂, NO_x, NH₃, VOCs 등의 기체가 입자로 전환되는 화학과정의 연구를 위한 기초 대기화학 연구기반 조성 및 연구 인력의 양성이 매우 시급함.
- 기대효과: SO₂, NO_x, NH₃ 및 톨루엔, 모노테르핀과 같은 각종 VOCs에 의한 초미세먼지 생성 기여도를 규명하여, 가장 기여도가 높은 전구물질부터 줄여나감으로서 미세먼지 발생을 효과적으로 감소시키고, 고가의 첨단 화학분석장비를 활용할 수 있는 고급 연구 인력을 양성함.

(연구내용) 인체건강에 가장 크게 피해를 주는 초미세먼지(PM_{2.5})의 약 75%가 SO_x, NO_x, 암모니아, 아민, VOCs(휘발성 유기화합물) 등의 기체가 대기 중에서 화학반응으로 입자로 전환된 2차생성입자인 만큼 기초적인 gas/particle에 대한 대기화학과정의 연구가 시급함.

초미세먼지의 전구물질(SO_x, NO_x, NH₃, VOCs 등)을 파악하고 전구물질별 2차생성입자의 기여율이 밝혀져야 어떤 물질부터 줄여야 하는지 효과적인 초미세먼지 저감 정책을 수립할 수 있음.

이를 위해서는 대학에 AMS(Aerosol Mass Spectrometry)와 PTR-MS(Proton Transfer Reaction Mass Spectrometry)와 같은 고가(5-8억원)의 첨단측정장비를 지원해야함. (현재 AMS, PTR-MS를 소유하고 있는 국내 대학은 없음)

3-2. 효율적인 미세먼지 예보 서비스를 위한 국가 R&D 혁신 체계 구축 방안

중요성 및 활용방안

- 중요성
 - 최근 몇 년간 한반도 내의 미세먼지 증가에 따라 국가차원의 장단기적인 새로운 연구 패러다임 도입의 필요성이 증대되고 있음. SO₂, NO_x, NH₃, VOCs 등의 기체가 입자로 전환되는 화학과정에 대한 연구가 아직 미진하여 PM_{2.5}예보를 위한 대기화학모델은 아직 실용성에 한계가 있음.
 - 빅데이터를 활용한 AI모델은 이러한 대기화학과정을 다 모르더라도 과거의 모든 가용한 데이터와 AI기술로 PM_{2.5}의 예보 정확도를 향상시킬 수 있을 것으로 기대됨.
- 활용방안: 대기화학모델보다 PM_{2.5} 예보의 정확도가 더 높은 AI모델링으로 대 국민 예보서비스와 PM_{2.5}의 사회경제적 영향과 정책의 효과까지 예측 가능해짐.

(연구내용) 휘발성 유기화합물(VOCs)이 대기 중에서 화학 반응을 통하여 생성되는 2차 유기에어로졸(SOA, secondary organic aerosol)이 총 PM_{2.5}의 약 40%까지 차지하고 있으나 그 생성과정이 아직 잘 알려지지 않은 부분이 많고, 또한 VOCs의 성분별 배출량도 아직 잘 모르기 때문에 PM_{2.5} 화학모델을 이용한 초미세먼지 예보의 정확도는 아직 신뢰할 만큼 높지 못함.

최근 빠른 속도로 발전하고 있는 인공지능(AI)기술과 초미세먼지와 관련한 빅데이터를 접목하여 PM_{2.5} AI모델을 개발하면 PM_{2.5}의 생성과정을 잘 모르더라도 과거의 모든 데이터를 이용하는 빅데이터 기술과 AI기술을 접목한 AI모델을 개발할 수 있음.

따라서 PM_{2.5}가 생성되는 화학과정을 잘 모르더라도 빅데이터를 이용한 AI모델이 대기화학모델의 한계를 초월하여 더 정확한 예보를 할 수 있을 것으로 기대됨.

3-3. 미세먼지 해결을 위한 과학기술 기반 범국민적 연구기획 및 연구수행단의 구축

(연구내용) 미세먼지의 해결을 위해서는 국제학술연합(ISC)의 미래지구(Future Earth)의 틀에서 제시하는 새로운 연구 패러다임 도입이 필요함.

즉, 과학기술분야 연구자만이 아니라 사회과학자와의 협력 및 사회의 이해당사자가 모두가 참여하는 연구기획과 연구수행단의 구축이 필요함.

중앙정부와 지방정부, 기업과 산업체, 시민사회와 언론인, 과학기술계와 교육계 등 모든 이해당사자들이 문제해결을 위한 연구기획과 연구수행에 참여하여, 효과적이고 실제로 실행 가능한 정책을 개발할 수 있는 연구체제 구축을 위한 연구.

3-4. 미세먼지와 기후변화 대응을 위한 과학기술 기반 장·단기 국가 에너지 및 산업 정책 개선을 위한 연구

(연구내용) 미세먼지로 인한 건강피해에 대한 국민적 우려와 관심이 최고조에 달해 미세먼지 문제의 해결이 국민 최대의 관심사로 부상하여 미세먼지의 주범인 화석연료의 사용을 급감해야하는 실정임.

이에 정부와 산업체, 시민사회 등 사회의 이해당사자 모두가 참여하여 국가의 에너지 믹스 정책과 자동차산업을 비롯한 산업정책의 장·단기적 개선방안을 모색하는 연구가

시급함.

화석연료 사용의 급감은 파리기후변화협약(COP21)의 이행을 위한 온실기체 배출량 저감 목표 달성을 위해서도 반드시 필요함.

3-5. 미세먼지와 기후변화 상호 관계 연구

(연구내용) 미세먼지는 햇빛을 흡수하여 온실기체와 같이 지구온난화를 가속시키고, 대기의 순환을 변화시켜 동아시아의 풍속과 강수량이 감소함.

풍속과 강수량의 감소는 다시 미세먼지 농도를 증가시켜 인도와 동아시아의 몬순을 약화시키는 악순환이 발생할 가능성이 있음.

미세먼지와 동아시아 몬순과의 상호관계를 규명하는 중·장기적 연구가 필요함.

3-6. 미세먼지 장기 예측을 통한 선제적 예방 체계 구축 및 피해 최소화 연구

(연구내용) 현재 단기예보에 국한되어 있는 미세먼지의 장기 예측을 통해 미세먼지에 기인한 경제, 사회적인 예상 피해를 최소화하기 위한 선제적인 예방 체계 시스템을 구축하고 피해를 최소화하기 위한 전략 방안을 제시하는 연구.

4.2.4 건강한 식량

4-1. 통일한반도의 지속가능한 식품시스템의 구축을 위한 정책 연구

중요성과 활용방안

• 중요성

- 식량문제는 지속가능발전목표(SDGs)의 목표 1, 2, 3, 12, 15 등에 직간접적으로 연결될 정도로 중요하며 일차적인 과제임. 또한 지구적 지속가능성이며 국가 안보에서도 가장 기초적인 과제임.
- 그런데 지구적 차원에서 식량의 총생산량은 이미 충분을 넘어 오히려 낭비되는 상황임. 과잉 생산 과잉 소비로 식량 부분의 온실가스 배출량 증가와 각종 건강문제가 발생하는 가운데 세계의 일부에서는 기아와 영양소 결핍으로 고통받는 이들이 여전히 존재함.
- 식량문제의 차원에서 한반도의 남단과 북단은 전혀 다른 문제를 겪고 있음. 남측에서는 기초식량의 과잉생산과 잉여(및 주기적 가격 폭락), 과잉 소비 및 식품 소비의 양극화가 문제가 되는 복합적 상황이라면, 북측에서는 식량생산량 부족에 따른 기아사태가 여전히 반복되고 있음.
- 한반도의 평화정착과 교류협력 활성화를 앞둔 상황에서 식량 문제는 남-북간 협력과 통합이 가장 일차적인 과제로 인식될 필요가 있음.

- 활용방안: 장기적으로 한반도 차원에서 식량안보, 환경적 지속가능성, 농민의 소득창출 기여하는 지속가능한 식량생산 기반을 구축하고, 식품의 유통과 소비의 차원에서 '건강'과 '지속가능성'을 동시에 달성하기 위한 기초 연구 및 정책 연구를 통해 통일 한반도 주민들의 사회문화적 통합에 기여할 수 있음.

(연구내용) EU 집행위원회(European Commission, EC)는 식품시스템에서 배출되는 온실가스가 전체 온실가스의 25% 내외를 차지하고, 식품시스템이 가용수의 70%를 사용하고 있다고 보고함.

또한 이렇듯 환경오염과 자원낭비를 초래하며 생산된 식품의 약 1/3이 결국 소비되지 못하고 쓰레기로 처리되고 있다고 지적하며 지속가능한 식품시스템 구축의 중요성을 강조함.

이러한 측면에서 국가적으로 식품시스템의 지속가능성을 높이는 것은 지구의 지속가능성 확보를 위한 가장 유용한 전략 중 하나임.

우리나라는 최근 먹거리에 대한 관심이 크게 증가하여 방송 및 새로운 온라인 매체에서 관련 콘텐츠와 산업이 함께 성장하고 있음. 하지만 국민적 관심사는 ‘건강’ ‘맛’ ‘편의성’에 초점이 맞춰져 있을 뿐, 식품이 생산-가공-유통-소비되는 과정에 대한 관심은 부족한 편임.

더 나아가 식품의 생산(농업)과 소비(먹거리)를 연계시키는 노력이 부족하고 식량 문제를 ‘지속가능성’의 차원에서 다루는 연구와 정책도 많이 이루어지고 있지는 못함. 이에 한국인 식생활의 특수성을 고려함과 동시에 농업-먹거리의 연계성 강화와 건강과 지속가능성을 함께 추구하는 식생활 개선을 위한 기초 연구 및 정책 연구가 필요함.

다른 한편 북한은 기후변화에 따른 가뭄과 홍수 및 연료와 비료와 농기계 부족으로 식량 생산이 급감하여 식량 안보 측면에서 여전히 큰 위기를 겪고 있음.

구체적으로 유엔식량농업기구(FAO)와 세계식량계획(WFP)의 보고서는 북한의 식량 부족량을 2018년 기준 64만톤, 2019년에는 136만톤으로 추정된 바 있음.

이에 인도적인 차원의 식량지원이 시급히 필요할 뿐 아니라 장기적으로 통일 한반도 시대 남한의 식량 과잉과 수급 불균형 문제이 해소 북한의 상시적인 식량 부족 문제를 통합적 관점에서 다룰 필요가 제기되고 있음.

4-2. 지속가능한 푸드시스템 구축을 위한 글로벌 네트워크 및 국제협력 구축 방안 연구

중요성과 활용방안

• 중요성

- 식량문제는 지속가능발전목표(SDGs)의 목표 1, 2, 3, 12, 15 등에 직·간접적으로 연결될 정도로 중요하며 일차적인 과제임. 또한 지구적 지속가능성이며 국가 안보에서도 가장 기초적인 과제임
- 그런데 지구적 차원에서 식량의 총생산량은 이미 충분을 넘어 오히려 낭비되는 상황임. 과잉 생산 과잉 소비로 식량 부분의 온실가스 배출량 증가와 각종 건강문제가 발생하는 가운데 세계의 일부에서는 기아와 영양소 결핍으로 고통받는 이들이 여전히 존재함.
- 식량 부문에서 지속가능발전목표 달성을 위한 노력은 국가적 차원 뿐 아니라 글로벌 차원의 네트워크와 협력을 통해 이루어질 필요가 있음. 이미 국제사회에서는 지속가능한 농업과 먹거리 환경 구축을 위한 대안적 실험과 네트워크가 운영 중에 있으며, 나아가 저개발국의 식량부족과 토지황폐화 문제 해결을 위한 지원도 이루어지고 있음.
- 국제사회의 책임 있는 일원이 되기 위해 한국 정부와 시민사회의 국제협력 노력도 요구되는 바임.

• 활용방안

- 한국에서도 중앙정부, 지방정부, 시민사회 등에서 국제협력의 장에 적극 개입함으로써 국가적 차원의 식량안보 관리 체계 뿐 아니라 지구적 차원의 농업-식량의 지속가능성 향상을 위한 노력에 동참.
- 스웨덴 스톡홀름에서 시작된 EAT 포럼의 국가/지역 지부가 전 세계적으로 확산되어 지속가능한 푸드시스템 구축을 위한 국제적 시너지가 확산되고 있으나, 아직 우리나라에는 EAT 포럼의 지부조차 설치되어 있지 않은 실정이므로 지속가능한 푸드시스템 구축을 위한 글로벌 네트워크 및 협력을 통해 EAT 포럼 한국 지부 설립에 기여함.

(연구내용/중요성) 다른 분야와 마찬가지로 푸드시스템 또한 국제적 맥락에서의 네트워크와 협력 없이는 지속가능성 달성에 한계가 있음. 이미 국제적으로는 이러한 글로벌 협력의 중요성을 인식하고 도시간, 국가간 소통과 협력을 강화하기 위한 노력이 시작됨.

2015년 밀라노 엑스포를 계기로 지속가능한 푸드시스템을 구축하기 위한 ‘밀라노 도시먹거리정책협약(Milan Urban Food Policy Pact)’이 체결되었고, 2019년 3월 기준 전 세계의 180 여개 도시가 이 협약에 서명. 우리나라도 서울을 포함한 4개의 도시가 이 협약에 서명, 지속가능한 푸드시스템 구축을 위하여 노력하고 있으나, 이러한 노력의 체계성과 확장성이 부족한 것으로 평가되고 있음.

또한 스웨덴 스톡홀름에서 시작된 EAT 포럼의 국가/지역 지부가 전 세계적으로 확산되어 지속가능한 푸드시스템 구축을 위한 국제적 시너지가 확산되고 있음. 참고로, EAT 포럼은 적정 과학, 시급하되 창조적 개입, 새로운 파트너십을 기반으로 글로벌 식품체계를 전환시키기 위한 비영리 기구로, 개별 국가의 식량 안보 확보 과제를 넘어 개발도상국의 식량위기 탈피를 지원하여 글로벌 차원의 식량안보 관리체계의 향상과 지속가능성을 향한 전환을 모색하고 있음.

이에 다양한 기초 및 정책연구가 요구되는데, 특히 인구가 집중된 수도권에서부터 도

시먹거리정책을 통해 도-농 및 농업-식량의 연계성을 시민들에게 설득하기 위한 연구가 필요함. 더불어 국제사회 일원으로 세계 식량 배분의 불균형 해소 및 개도국의 지속가능한 농업생산 체계구축 지원을 위한 전략 과제를 수행할 필요가 있음.

4-3. 한국형 지속가능 식생활 지침 개발 연구

(연구내용) 식품시스템은 크게 생산과 소비, 더 세부적으로는 생산, 가공, 유통, 소비의 단계로 구성되는데 이때 소비 단계에 해당하는 것이 '식생활'임.

이러한 식생활의 지속가능성 확보는 지속가능한 식품시스템을 실현하기 위해 가장 중요한 요소 중 하나. 왜냐하면 소비자가 지속가능한 방식으로 생산, 공급되는 식품을 외면하면 지속가능한 식품시스템을 만들고자 하는 공급자의 노력은 지속될 수 없기 때문.

이에 독일, 브라질, 스웨덴, 카타르와 같은 국가는 이미 '건강'만이 아닌 '지속가능성'을 핵심 가치로 추구하는 식생활 지침을 연구개발하고 이를 확산시키고자 노력하고 있음.

미국과 호주 역시 새로이 개정될 식생활 지침에 이러한 핵심 가치를 포함시키고자 하는 연구가 활발히 이루어짐.

우리나라의 경우, 이에 대한 논의가 시작은 되었으나, 지속가능 식생활 지침 개발을 위한 과학적 근거를 마련하기 위한 연구가 미비하고, 식생활 지침 또한 '건강'만을 주된 핵심 가치로 개발됨.

이에 한국인 식생활의 특수성을 고려함과 동시에 건강과 지속가능성을 함께 추구하는 식생활 지침을 개발하기 위한 기초 연구 및 정책 연구가 필요함.

4-4. 지속가능성 정보 제공을 위한 식품표시제 연구

(연구내용) 4단계의 식생활(4C: choice_선택, cooking_조리, consumption_섭취, cleaning_폐기) 중 선택 단계의 지속가능성 확보를 위해서는 소비자들에게 관련한 정보를 정확하고 효율적으로 전달하는 것이 매우 중요. 현행 식품표시제에도 이미 친환경이나 유기농산물에 대한 인증 표시와 같은 제도가 구축되어 있기는 하나, 이러한 표시는 여러 가지 대안적 식품의 지속가능성을 평가하기에 충분한 정보를 제공하지는 못함.

따라서 식품의 지속가능성에 대한 다차원적/통합적인(물, 에너지 등의 자원의 소비, 온실 가스의 배출 등을 종합적으로 고려한) 소비자 판단을 도와줄 수 있는 식품표시 정보의 개발과 관련 표시제의 구축을 위한 연구가 필요함.

4-5. 한반도 식품시스템의 환경 영향 평가 연구

(연구내용) 식품시스템의 지속가능성을 높이는 것은 지구의 지속가능성 확보를 위한 가장 유용한 전략 중 하나. EU 집행위원회(European Commission, EC)는 식품시스템에서 배출되는 온실가스가 전체 온실가스의 25% 내외를 차지하고, 식품시스템이 가용수의 70%를 사용하고 있다고 보고함.

또한 이렇듯 환경오염과 자원낭비를 초래하며 생산된 식품의 약 1/3이 결국 소비되지 못하고 쓰레기로 처리되고 있다고 지적하며 지속가능한 식품시스템 구축의 중요성을 강조함.

그러나 이와 같은 식품시스템의 환경 영향에 대한 우리나라 의 통계/지표가 아직 생산된 바 없어, 관련 정책 수립 및 추진을 위한 기초가 매우 미비한 현실.

이에, 남과 북, 나아가 통일 한반도 식품시스템의 환경 영향, 나아가 지속가능성을 평가하는 연구가 필요함.

4-6. 도시 내 음식사막(food desert) 방지와 로컬 푸드(local food)의 활성화

(연구내용) 최근 도시공간에서 사회적 이슈가 되고 있는 부분이 음식사막임. 음식사막은 거주지를 기준으로 볼 때 주변의 소매점들에서 신선음식(야채, 과일 등)을 얻을 수 없는 도시 내 공간적 영역을 의미함.

여기에는 거주자의 사회경제적 특성과 거주지의 도시 내 공간적 특성 외에도 여러 가지 요인들이 영향을 미침.

신선음식을 자주 섭취하지 못하면 도시민의 건강에 장기적으로 부정적인 영향을 미치게 된다는 점에서 이를 방지하기 위한 사회적, 경제적, 제도적, 공간적 방안들이 연구되어야 함.

한편으로 세계화를 통해 범세계적 상호연관성이 높아지고 물류의 연계도 강화되면서 현재 도시민의 식탁에 세계 여러 원산지들로부터 생산된 농수산 식료품들이 오르고 있는 추세.

식료품의 이러한 범세계적 생산소비체계는 생산의 대규모성과 특정 지역의 특정 생산물 집중 생산을 통한 환경적 약탈성으로 인해 지속가능성에 있어 문제제기를 받고 있는 상황.

이러한 점에서 그 지역에서 생산되는 로컬푸드가 해당 지역에서 좀 더 많이 소비될 수 있는 소비문화환경을 만들어 가기 위한 방안들이 어떤 것들이 있는지에 대한 연구도 또한 필요함.

4.2.5 한반도의 지속가능성

5-1. 한반도 산림생태축 연결을 위한 전략과 방안 연구

중요성 및 활용방안

- 중요성: 최근 북한과의 관계가 개선됨에 따라 거시적 관점에서 한반도 산림토양, 입지, 생태를 기반으로 한 연구의 중요성이 높아지고 있음.
- 활용방안: 백두대간을 중심으로 하는 산림생태축이 연결되어 한반도 산림생태계의 구조와 기능이 회복되도록 대비함

(연구내용) 남한과 북한의 산림은 휴전선에 의해 단절된 상태이나 산림생태계의 구조와 기능을 회복하기 위해서는 백두대간을 중심으로 하는 산림생태축이 연결되어야 함.

이를 위해서는 먼저 거시적이고 원칙적인 방향을 모색하고, 이를 바탕으로 지역 및 산림 유형에 따라 단계별 연결방안을 구체적으로 제시하는 연구를 진행하는 것이 필요함.

5-2. 북한의 재해재난 관리에 관한 법령 연구

중요성 및 활용방안

- 중요성: 최근 북한과의 관계가 개선됨에 따라 향후 북한의 재해재난 관리와 지속가능한 한반도 생태계 조성을 위한 법제도의 남,북한 비교 연구가 필요함.
- 활용방안: 북한의 재해재난 관리뿐만 아니라 향후 지속가능한 한반도 생태계 조성을 위한 법령 연구 및 교육 프로그램의 일환으로 활용할 수 있음

(연구내용) 국가 재해재난은 남한뿐만 아니라 북한에서도 중요한 이슈가 될 것인데, 이에 관한 법제도를 연구하는 것은 한반도 안전의 지속가능성을 확보하는 방안을 마련하는 연구가 될 것임 (남한의 관련 법제도와 비교연구를 통해 심화할 수 있을 것임).

5-3. 산림토양·입지·생태를 기반으로 한 북한 산림복구 및 관리 방안 연구

(연구내용) 북한 산림의 복구 및 관리는 시급한 과제이나 무엇보다도 먼저 산림 조성의 기초가 되는 과학적이고 정확한 토양, 입지, 생태자료를 기반으로 북한의 자연생태에 적합한 복구 방안을 수립하는 것이 중요함.

이를 바탕으로 북한 산림을 복구한다면 현재 남한과는 다른 산림을 형성하게 될 것이고 따라서 관리 및 활용 방안도 여기에 적합하도록 하여 지속가능한 북한 산림생태계를 조성할 수 있을 것임.

5-4. 탄소배출권 거래 제도를 기반으로 한 기후변화 대응 한반도 산림의 조성관리 및 활용 방안 연구

(연구내용) 전 지구적인 기후변화 대응을 위해 남한과 북한이 산림분야에서 기여할 수 있는 방안을 탄소배출권 거래 제도를 기반으로 모색하되 북한의 경우 산림의 조성관리 위주로 하고, 남한의 경우 관리 및 활용 위주로 접근하며, 이를 위하여 기후변화 관련 국제협상의 동향을 바탕으로 구체적인 방법과 남북한의 관계 개선의 단계별 방안을 수립하는 연구를 진행해야 함.

5-5. 북한의 도시 관리와 전염병 관리에 관한 법령 연구

(연구내용) 북한의 도시 관리와 전염병 관리에 관한 법제도를 연구하는 것은 한반도 안전의 지속가능성을 확보하는 방안을 마련하는 연구가 될 것임(북한은 평양시관리법 등 법령이 존재하며, 남한의 관련 법제도와 비교연구를 통해 심화할 수 있을 것임).

5-6. 북한의 국토환경, 산림보호와 보전에 관한 법령 연구

(연구내용) 북한의 국토환경보호와 보전은 통일국가 준비를 위해서 반드시 필요한 준비작업이므로 그에 관한 법제도를 연구하는 것은 한반도의 지속가능성을 확보하는 방안을 마련하는 연구가 될 것임(남한의 관련 법제도와 비교연구를 통해 심화할 수 있을 것임).

5-7. 지속가능한 한반도 생태를 위한 DMZ 모델 연구

(연구내용) 비교적 생물 다양성이 보존된 DMZ 지역을 대상으로 하여 한반도의 지속 가능한 생태보존 모델을 제시하고, DMZ 지역 생물의 유전적 다양성을 조사하고 보존 방안을 제시함.

5-8. 한반도 통일을 대비한 물환경 인프라 통합 전략 수립

(연구내용) 북한의 낙후된 관개시설과 노후화된 정수 설비 등은 홍수, 가뭄 등의 수재해 증가에 따른 피해 증가 및 수질 악화에 따른 물부족 문제를 가까운 미래에 더욱 심화시킬 수 있어, 한반도 통일을 준비하기 위해서는 시급히 해결해야 하는 문제로 대두되고 있음.

기후변화에 따른 남북한의 자연재해 취약성을 차별화하여 평가하고, 수자원 확보와 안정적인 수질 보존을 위한 한반도 통합 물환경 인프라 개발과 거버넌스 구축.

5-9. 백두대간 생태계 서비스 및 서식지 질에 대한 지속가능한 관리방안 연구

(연구내용) 남북한의 차별적인 토지이용에 따른 한반도 백두대간 생태계의 파편화가 심각한 수준에 이르고 있음.

백두대간 생태계의 지속가능한 보전을 위해, 토지이용변화에 따른 생태계 서비스 및 생물다양성에 대한 정량적인 변화를 파악하는 것이 중요. 이를 위해 지속가능한 관리를 위한 생태계 서비스편익의 정량화 및 관련 생물다양성 지수를 개발하여, 남북한을 통합하는 백두대간 생태계의 관리방안을 수립하고, 지속가능발전에 기여할 필요가 있음.

5-10. 한반도의 지속가능발전 지표 개발과 남북 간 격차해소를 위한 연구

(연구내용) 세계는 지금 기존의 성장 지향적 경제지표를 넘어서 사회-환경-경제 요소를 함께 고려하는 지속가능발전지표를 통해 새로운 발전의 모델을 만들어가고 있음. 한국은 ‘저탄소녹색성장기본법’에 근거하여 20년 계획 기간의 지속가능발전 지표를 5년마다 수립하고 이행계획을 마련하고 있음.

향후 통일 한반도 시대를 대비하여, 지속가능발전의 공간적 범위를 한반도 차원으로 확대하고 남-북간 발전의 문제를 경제적인 문제를 넘어서 사회 전반의 포괄적 차원으로 만들 필요가 있음.

이에 남북한의 지속가능발전 현황 및 여건변화에 따른 변화 예측과 남북한의 지속가능발전의 격차 확인 및 격차 해소를 위한 로드맵 구상 및 지속가능발전 관련 국제적 협약과의 정합성 제고를 위한 연구가 필요함.

5-11. 지속가능한 사회시스템 유지를 위한 한반도의 적정 인구정책

(연구내용) 1차 산업혁명의 여명기(1750년대)에 지구 인구는 약 7억 명이었는데, 현재 지구 인구는 76억명으로 10배 이상 증가. UN은 지구 인구의 정점을 120억 명으로 추정.

그러나 대한민국에서는 최근 인구구조의 급격한 변환기를 맞이하여 인구감소, 고령화, 세대 간 규모와 소득 등의 격차의 문제가 크게 부상하고 있으며, 인구의 불균등과 고령화 문제는 더욱 악화될 것으로 예상됨.

한편 북한의 인구구조와 세대별 인구특성에 대한 정보는 절대 부족한 상태.

장기적으로는 인구의 연령별, 지역별(남-북/도시-농촌) 집중과 불균등 문제를 해결하고, 지속가능한 사회시스템 유지를 위한 적정 인구정책을 마련할 필요가 있음.

구체적으로는 남북한 인구구조 및 인구특성(연령별, 지역별)의 현황과 전망, 인구 특성과 사회 환경적 영향, 고령자의 노동 및 사회참여와 사회복지 대책, 여성의 사회참여와 일-양육 병행 정책의 실질화, 청년 세대의 부양부담에 대한 대책, 다문화 사회 전환과 인구 문제(이주자의 국적문제 포함)에 대한 연구가 시급함.

5-12. 남북한 어린이를 위한 자연재해 대응 교육 프로그램 공동 개발 및 공동 실습

(연구내용) 북한의 자연재해 대응 교육과정 운영 실태 분석하여 자연재해별 교육과정 및 프로그램을 설계하고 나아가 남·북한 어린이들이 재해 대응 공동 실습을 통하여 미래 세대의 동질성 확보를 위한 프로그램 실행 방안 연구.

4.2.6 질병과 감염병

6-1. 기초 및 광역단체장과 중앙정부 부처와 기관장 등에 대한 감염병 위기 대응 능력 강화 방안 연구

중요성 및 활용방안

- **중요성:** 사스, 신종플루, 메르스 등 신종감염병이나 재출현감염병의 전 세계적인 유행과 이로 인한 이들 감염병의 국내 확산이 현실화할 경우 방역당국과 보건의료인들의 위기 대응 능력 향상이 매우 중요함. 특히 위기 시에는 컨트롤타워 또는 조직의 장의 역할이 매우 중요하며 이들이 갖추어야 할 능력 가운데 위기(위험)소통(crisis/risk communication)에 관한 지식이 핵심적임
 - 효과적 위기 소통을 위해서는 일반 시민들의 위험 인식(risk perception)에 대한 이해와 이를 바탕으로 한 위기(위험)소통이 이루어져야 하는데 그동안 의료인 등 전문가집단이나 조직의 고위간부와 장에게 이런 소양이 매우 부족해 여러 문제점이 드러남
 - 위기(위험) 소통 교육은 그동안 우리나라에서 매우 미미하게 이루어져오다가 메르스 사태 이후 관심을 가지기 시작함
 - 2015년부터 감염병 유행 시 응급실 의사, 간호사, 응급구조대원 등 실무자 중심의 대응 교육을 실시해오면서 그 프로그램 과정 중 한 과목 정도로 위기 대응 소통을 교육하고 있음
 - 하지만 감염병 대유행과 같은 위기 발생 시 가장 중요한 컨트롤타워나 시민과 소통하는 구실을 하는 부서장, 조직의 장은 이러한 교육을 받지 않고 있음
 - 우리는 아직 실무자와 조직의 장 등을 대상으로 하는 교유의 위기소통 프로그램이 없으며 이들을 효과적으로 교육할 수 있는 교재도 없음
- **활용방안:** 중앙 및 지방 정부의 감염병 재난 컨트롤타워 관계자들에 대한 위기 관리 및 위기 소통 교재와 커리큘럼 개발, 그리고 이들에 대한 교육을 통해 감염병 유행 시 효과적으로 대처할 수 있는 토대를 제공함.

(연구내용) 현재 감염병 위기 때 의사, 간호사, 응급구조대원 등 실무자 중심의 대응 연례 교육을 실시하고 있으나, 실제 국민과의 소통 때에는 의료인뿐만 아니라 조직의 장이나 부서장 등 컨트롤 타워 역할을 하는 사람의 위기 소통 능력이 중요함. 중앙 및 지방 정부의 감염병 재난 컨트롤타워 관계자들에 대한 위기 관리 및 위기 소통 교재와 커리큘럼을 마련함.

6-2. 감염병 대응 일선기관(시군구 보건소)의 감염병 예방, 대비, 대응 능력 강화 방안 연구

중요성 및 활용방안

- **중요성:** 감염병 유행과 같은 위기 발생 시 지역사회에서 손발이 되어 감염자를 찾아내고 조사하고 타인에게 이를 전파하는 행위를 막기 위해서는 일선 방역 인력, 특히 역학조사 능력이 매우 중요함. 특히 2009년 신종플루나 2014년 메르스 유행처럼 전국적으로 치명적 감염병이 발생해 삽시간에 퍼지는 국가 위기 상황에서는 지역사회에서 손발 구실을 하는 시군구의 초기 대응이 매우 중요함.
 - 일선 시군구의 보건소에서 이를 효과적으로 담당하기 위해서는 인력, 예산, 교육훈련 등이 매우 중요하며 우리는 아직 이런 부분에서 많이 미흡함.
 - 지자체 가운데는 감염병 유행 때 적절하게 대응할 수 있는 인력과 예산이 뒷받침할 수 있는 곳이 있는가 하면 그렇지 못한 곳이 많은 것이 현실임. 이런 지자체와 시군구 보건소의 현실을 타개하기 위해서는 현재 지자체와 시군구 보건소가 처한 현실, 즉 감염병 대응 인력 확보와 대응 능력, 그리고 예산 등을 면밀하게 조사해 문제점을 파악하고 그 대책을 조속히 만들 필요가 있음.
 - 최근 유행한 대표적 감염병인 신종플루와 메르스 때 지자체별로 어떤 대응을 했는지 면밀하게 살펴 앞으로 적정 인력과 예산 규모, 거버넌스 구조 개편, 교육훈련 방안을 단기, 중장기로 나눠 마련하는 연구가 필요함.
- **활용방안:** 일선기관(시군구 보건소)의 감염병 예방, 대비, 대응 능력이 강화되어 대 국민 감염병 대응 서비스를 향상시킴.

(연구내용) 감염병 위기 때 일선기관의 초기대응이 확산 방지에 매우 중요함. 현재 시군구의 예방 대응 능력과 인력, 예산 등을 분석하여 앞으로 효과적으로 대응하기 위한 투자 규모와 훈련 등 필요한 계획을 마련함.

6-3. 다제내성균 시각지대 효과적 감염관리 방안 연구

(연구내용) 현재 국내 대학병원과 종합병원 등에서는 다제내성균 관리가 비교적 잘 이루어지고 있으나, 고령화 사회를 맞아 늘어나고 있는 요양병원과 중소병원은 규모가 작고 영세한 경우가 많아 다제내성균에 대한 감염관리가 부실함.

요양병원과 중소병원의 다제내성균 감염실태를 파악하여 이를 바탕으로 효과적인 다제내성균 관리방안을 마련하여 다제내성균 감염을 예방함.

6-4. 효과적인 성인·노인 예방접종 관리 방안 연구

(연구내용) 국내 성인 백신 접종 대상 감염병 및 접종 실태와 그 문제점 파악하고, 인플루엔자 백신 무료접종을 다른 감염병까지 확대할 때의 재정추계와 문제점을 연구하여 고령화 사회를 맞아 인플루엔자, 폐렴구균, 대상포진 등 감염병 예방접종 우선순위를 결정함.

6-5. 국내 주요 감염병 재난 분석을 통한 감염병 대응 미래 전략 연구

(연구내용) 사스, 신종 플루, 메르스 등 국내 유행 감염병에 대한 효과적인 대응과 실패 등을 분석하여 현행 제도와 시스템의 문제점을 파악하고, 감염병 유행 시 빅데이터와 새로운 미디어를 통한 정보 공유와 대응 방안을 마련함.

4.2.7 기타 유엔의 지속가능발전목표(SDGs 2016-2030) 관련 과제

7-1. 악화되고 있는 사회-생태시스템의 건강 문제를 개선할 글로벌 플랫폼의 아시아-태평양 지역 허브 구축과 파트너십 활성화 과제

중요성 및 활용방안

- 중요성: 지구촌 특히 아시아-태평양 지역의 다양하고 복잡한 경제·사회·정치·환경문제의 지속가능한 해결을 위해 계층·지역·주제를 사회-생태시스템(social-ecological system) 관점에서 융합하는 초학문적(trans-disciplinary) 파트너십(SDG17) 구축이 중요하고 시급함
- 활용방안: 아시아-태평양 지역 허브를 구축하여 초학문적 연구를 기반으로 한 지속가능성 이론을 개발하고, 그 진척 상황을 평가할 수 있는 ‘지식-행동 네트워크(Knowledge-action network, KAN)’의 개발을 통해 한반도 및 아시아-태평양 지역의 17 SDGs 관련 문제를 총체적으로 개선함.

(연구내용) 사회-생태시스템(social-ecological systems)의 전례 없는 급격한 변화는 인류와 자연의 건강에 심각한 위협을 초래하며 계속 악화되고 있음.

기후변화, 환경오염, 자원 고갈, 생물다양성소실, 생태계 파괴, 인구증가와 도시화, 빈곤과 질병 확산 등으로 얽혀있는 인류의 건강과 자연생태계 건강 사이의 상호 의존성은 매우 복잡해서 초학문적(trans-disciplinary) 연구를 기반으로 한 파트너십이 필수임.

사회-생태시스템의 건강은 UN이 제시한 SDGs 17개 목표의 공통적인 우선순위로서, Future Earth Health-KAN, Planetary Health, EcoHealth, OneHealth, GeoHealth와 같은 글로벌 네트워크가 빠르게 형성되고 있음.

이 플랫폼들은 인류의 건강과 문명이 자연생태계의 건강과 사회-생태시스템의 지혜로운 관리에 달려 있음을 전제로 함. Lancet 보고서는 사회-생태시스템의 건강을 유지하고 향상시키기 위해 극복해야 할 세 가지 도전을 1) 상상력(개념 형성과 공감의 실패), 2) 연구와 정보(지식의 실패), 3) 거버넌스(이행의 실패)로 확인함. 아시아-태평양 지역을 중심으로 다양한 국지적인 상황을 파악하고 지역 협력을 통해, 공감할 수 있는 개념적 틀을 제시하고, 사용가능한 지식을 창출하여, 이를 행동으로 실행하게 할 지식-행동 네트워크의 지역 허브를 구축하여 활성화하는 연구가 절실히 필요함.

7-2. 사회-생태시스템(social-ecological systems)의 건강 문제의 지속가능한 해결 방안과 의사 결정을 지원할 사회-생태시스템 1) 이론, 2) 모델링 및 3) 모니터링 기술개발 연구

중요성 및 활용방안

- 중요성: 사회-생태시스템을 이루고 있는 다양한 계층의 구성성분인 행위자(agent)들의 상호작용이 총체적으로 시스템 차원의 창발적 질서를 만들어 내며 이러한 ‘스스로 짜임 또는 자기-조직화(self-organization)’ 현상은 지속가능성 과학의 핵심으로서 이를 구명할 본질적인 이론 개발이 필요함.
 - 이러한 이론에 입각한 지속가능한 해결 제시와 의사 결정을 위해서는 거버넌스, 관리, 모니터링의 세 요소가 조화를 이루어야 하며 이를 위해 개별(또는 집단) 행위자의 작용과 상호작용을 다룰 수 있는 다행위자기반(multiagent-based) 모델과 같은 상향식 모델링과 더불어 열역학/엔트로피 기반의 거시규모 모델링 기술 개발이 필요함.
- 활용방안: 사회-생태시스템을 이루고 있는 다양한 계층의 구성성분인 행위자(agent)들의 상호작용이 총체적으로 시스템 차원의 창발적 질서를 만들어 내고, 이러한 ‘스스로 짜임 또는 자기-조직화(self-organization)’ 현상은 지속가능성 과학의 핵심으로서 이를 구명할 본질적인 이론 개발이 개별(또는 집단) 행위자의 작용과 상호작용을 다룰 수 있는 다행위자기반(multiagent-based) 모델과 같은 상향식 모델링과 더불어 열역학/엔트로피 기반의 거시규모 모델링 기술로 발전함.

(연구내용) 취약하고 유한한 자연 생태시스템과 인류의 기술권 및 사회시스템의 불균형하고 불안정한 발달은 심각한 경제·사회·정치·환경 문제를 초래하고 있음.

사회-생태시스템(social-ecological systems)이란 사회시스템과 자연생태계를 분리해서는 이해할 수 없는 함께 공진화하는 복잡계임.

사회-생태시스템을 이루고 있는 다양한 계층의 구성성분인 행위자(agent)들의 상호작용이 총체적으로 시스템 차원의 창발적 질서를 만들어 냄.

이러한 ‘스스로 짜임 또는 자기-조직화(self-organization)’ 현상은 지속가능성 과학의 핵심으로서 이를 구명할 본질적인 이론 개발이 필요함.

이러한 이론에 입각한 지속가능한 해결 제시와 의사 결정을 위해서는 거버넌스, 관리, 모니터링의 세 요소가 조화를 이루어야 함.

이를 위해 개별(또는 집단) 행위자의 작용과 상호작용을 다룰 수 있는 다행위자기반(multiagent-based) 모델과 같은 상향식 모델링과 더불어 열역학/엔트로피 기반의 거시규모 모델링 기술 개발이 필요함.

동시에 사회-생태시스템의 거버넌스와 관리가 탄력적으로 반응하고 적응할 수 있도록 시스템의 상태와 변화를 총체적/지속적으로 관찰, 분석, 진단하여 피드백을 제공할 수 있는 혁신적인 모니터링 기술개발이 필요함.

사회-생태시스템(social-ecological systems)이란 사회시스템과 자연생태계를 분리해서는 이해할 수 없는 함께 공진화하는 복잡계임. 사회-생태시스템을 이루고 있는 다양한 계층의 구성성분인 행위자(agent)들의 상호작용이 총체적으로 시스템 차원의 창발적 질서를 만들어 냄.

이러한 ‘스스로 짜임 또는 자기-조직화(self-organization)’ 현상은 지속가능성 과학의 핵심으로서 이를 구명할 본질적인 이론 개발이 필요함.

이러한 이론에 입각한 지속가능한 해결 제시와 의사 결정을 위해서는 거버넌스, 관리, 모니터링의 세 요소가 조화를 이루어야 함.

이를 위해 개별(또는 집단) 행위자의 작용과 상호작용을 다룰 수 있는 다행위자기반(multiagent-based) 모델과 같은 상향식 모델링과 더불어 열역학/엔트로피 기반의 거시규모 모델링 기술 개발이 필요함.

7-3. 우리나라의 지속가능발전목표(SDGs) 달성과 미래지구(Future Earth)

(연구내용) SDGs와 미래지구 주요 섹터별 아젠다 간의 연관성을 정리하며, 이를 통해 한반도에서 중요하게 제기될 수 있는 아젠다를 설정, 유형화하는 탐색적인 연구. 즉, UN이 제시한 SDGs 17개 목표는 인류의 보편적 문제(빈곤, 질병, 교육, 성평등, 난민 등), 지구 환경문제(기후변화, 에너지, 환경오염, 물, 생물다양성) 그리고 경제사회문제(기술, 주거, 고용, 생산소비, 대내외 경제 등)로 분류될 수 있음.

이 중 우리나라가 중점적으로 이행해야 하는 목표의 설정과 이를 위한 구체적 이행계획을 미래지구의 담론 속에서 고찰하고 제시함(※정부는 2018년 12월 경제, 사회, 환경 등 국정 전 분야를 아울러 대한민국이 가야 할 2030년까지의 이정표를 설정한 K-SDGs를 설정한 바 있음).

예를 들어 경제사회적 시각에서 청년의 미래 기회 확대를 위해 SDG 8번 목표, 즉 ‘모두를 위한 지속적이고 포용적이며 지속가능한 경제성장 및 완전하고 생산적인 고용과 양질의 일자리 증진’과 4차산업혁명시대 미래 환경산업 활성화 간의 연관성을 탐색할 수 있음.

본 연구는 UN에서 주목하는 경제사회문제의 한반도 내 이행 플랜을 제시하는데도 일조할 수 있음.

7-4. SDGs와 미래지구 활성화를 위한 글로벌 파트너십 형성 연구

(연구내용) 지구촌의 다양한 경제 사회 환경적 문제를 해결하기 위해서는 각 계층 및 지역 간 파트너십 강화가 필수 요인임.

이는 인류 삶과 미래 포용성과 직결되는 문제이기도 함. 그런데 각 이행 주체 간의 이해관계 상충과 대응 측면에서의 분절화는 큰 도전과제로 남아 있음. 예를 들어, 현실적으로 기후변화, 미세먼지, 난민 문제 등 국경을 초월하여 발생하는 현상을 바라보는 각 국가 간의 사회경제적 이해관계는 상이할 수 있음.

따라서 SDGs 와 미래지구가 제기하는 다양한 목표 달성과 문제점 해결을 위해서는 포용성을 바탕으로 한 각 이행 주체 간 파트너십에 대한 논의가 중요하게 선행되어야 함.

본 연구는 이러한 문제의식을 바탕으로 특정 이슈(환경, 에너지 및 사회이슈) 별 국가 간, 수행 기관 간 파트너십 형성 가능성과 모델에 대한 탐색을 하고자 함.

7-5. 사회적 연대(Social Solidarity)를 통한 지속가능한 정주(定住) 방안

(연구내용) UN은 SDGs를 통해 ‘포용적이고 안전하며 회복력 있고 지속가능한 도시와 정주지 조성’의 중요성을 강조하고 있음. 이를 위해 사회적 연대의 가치가 주목을 받고 있는데, 이는 개발에 주민의 자율성과 참여를 보장하는 community based development, 기업의 지역사회 연계 사회공헌활동, 공기업에서 추진하는 ‘도시경쟁력 강화와 삶의 질 개선을 위한 도시 재생사업’ 등과도 관련이 있음.

이러한 내용들은 사회연대경제(SSE), 기업의 사회공헌(CSR), 공유가치창출(CSV) 등을 바탕으로 함.

이는 지속가능한 소비 및 생산 양식의 보장이라는 SDG 12번 목표와도 직결됨. 이러한 문제의식 하에 공적, 민간 영역에서 수행한 ‘포용적이며 지속가능한 정주를 위한 사회적 연대 활동 사업사례’를 발굴, 연구하고 향후 보다 효과적인 사업의 발전 방안을 모색할 수 있음.

7-6. 스마트시티를 통한 에너지 소비 절감과 친환경적 도시사회 지향

(연구내용) 스마트시티의 다양한 기술들을 통해 도시민들은 보다 능동적으로 그들 스스로의 생활양식을 점검해 볼 수 있고 또 그들의 행동이 도시환경에 어떤 영향을 미치는지를 확인할 수 있으며 더 나아가 행동의 변화가 주변 환경에 어느 정도의 영향을 미치는지를 실시간으로 인지할 수 있음.

예를 들면, 각 가정마다 설치된 스마트그리드는 그 가정이 전력을 어느 정도 소비하는지 뿐만 아니라 태양열 전지판 등을 통해 생산한 전력 중 소비되지 않은 잉여전력이 어떻게 효율적으로 다른 가정들에 재분배될 수 있는지에 대한 방법을 제공해 줄 수 있음. 스마트폰 등 도시민들의 휴대용 기기에 포함되어 있는 감지기들은 이들이 보다 친환경적인 행동대안(예를 들면 승용차 대신 자전거 이동 등)을 선택하여 다른 장소에 도달했을 때 환경에 미치는 부정적인 영향의 정도를 어느 정도나 줄였는지를 그때그때 알려줌으로써 환경에 대한인지 혹은 환경 감수성을 향상시킬 수 있음.

이처럼 여러 가지 새로운 기술들이 제공되는 스마트시티 도시환경에서 보다 친환경적이고 지속가능한 도시민의 생활양식을 유도해 나갈 수 있는 시민참여와 환경인지를 제고시킬 수 있는 방안들에 대한 연구가 필요함.

7-7. 제주도 생태계의 지속가능한 관리방안 연구

(연구내용) 제주도 생태계는 풍부한 자연생태계 및 생물다양성을 가지고 있음. 하지만, 현재의 중산간 지역의 난개발은 제주도의 생태자원을 훼손하고, 환경파괴를 일으키고 있음.

따라서 제주도 생태계 서비스 변화에 대한 정량적인 변화를 파악하고, 생태자원의 지속가능한 관리를 위한 과학적인 의사결정을 지원하는 것이 중요함.

특히, 중산간 지역에서의 토지이용변화와 생태계 파편화에 대한 정량적인 접근을 통해, 자연 생태계의 지속가능한 발전 모델을 수립하는 연구사례를 제시하고자 함.

7-8. 신기후 체제에 최적화된 온실가스 배출 시나리오 개발 및 주요 환경요소 (대기, 물, 생태, 에너지)의 영향 평가 연구

(연구내용) 신기후 체제 (전 지구 평균온도를 산업혁명 이전 기간 대비 1.5C 또는 2C로 억제)에 대응하기 위해 해외 감축분 달성을 위한 북한과 몽골 및 중국 사막지역의 산림조성 전략과 최적화된 온실가스 배출 시나리오를 개발하고 배출 시나리오에 따른 주요 환경요소 (대기, 물, 생태, 에너지)의 영향 평가 및 변화를 예측하는 연구.

7-9. 과학 미디어의 전문성 강화와 국민 이해도 증진 방안

(연구내용) 우리나라 과학기술의 발전 수준에 비해 과학 미디어는 뒤떨어져 있음. 과학기자들의 전문성도 문제가 되고 있고 언론사 내부에서도 과학기술은 소홀하게 취급되고 있음(과학부 폐지 등).

따라서 과학기술 이슈들이 발생하면 부정확한 사건성 기사들이 경쟁적으로 보도됨으로써 오히려 국민들의 공포심을 유발하거나 사회갈등을 부추기는 경우가 많음.

과학저널리스트들의 전문성을 강화하고 과학미디어를 활성화하는 방안, 과학기술자와 과학언론의 소통 강화, 과학기술자들이 대중과 직접 소통하는 방안 등 연구가 필요함.

7-10. 미래의 경제성장과 인간 행복의 상관관계 연구

(연구내용) 1차 산업혁명의 여명기에 세계인의 평균 소득(현재 화폐 기준)은 약 1000달러였는데, 오늘날에는 16,000달러에 달함.

지난 260~270년 사이 인류의 부는 분명히 증가하였으나 향후에 (1) 세계 평균소득은 계속 증가할 것이며 어느 수준까지 가능할까? (2) 성장의 한계가 없는 것은 아닐까? (3) 지속적인 경제성장은 좋은 일인가? 예컨대, 세계 평균소득이 현재의 두 배인 32,000달러가 된다면 우리는 더 행복해질까? 라는 질문에 대한 연구가 필요함.

7-11. 기계(인공지능)와 인간의 공존에 대한 연구

(연구내용) 현재까지 인간의 충실한 보조자였던 기계가 언젠가는 인간의 주인이 될 수도 있으며 이미 우리는 기계가 제안한 바를 일상적으로 수행함(공부하고 연구하고 길을 찾고 물건을 사고 은행 일을 보는데 우리가 얼마나 많이 스마트 기계들에 의존하기 있는지 생각해 보면 우리가 하는 일 중 기계와 유사한 것들도 급속하게 증가하고 있음을 알 수 있음).

물론 이러한 기계는 우리 인간이 그렇게 하도록 프로그램 한 것을 수행하는 것이지만 미래에 기계는 스스로 생각하고 행동하고 아마도 많은 측면에서 인간의 역량을 능가하게 될 수도 있음.

향후에 (1)기계가 인간의 직업을 대체하게 될 것인가? 인간이 더 이상 생산을 위해 고된 노동을 하지 않게 될 수 있다면 그것은 좋은 일인가? (2)기계가 인간 노동자를 대신한다면 거기서 만들어진 소득은 어떻게 할 것인가? 고용이 없다면 급여도 없을까? 우리 모두가 자본가가 되는 세상이 올 것인가? (3)인간의 직업이 사라지면 우리는 무엇을 할까? 우리의 '잉여' 시간을 어떻게 활용할 것인가? (4)인간과 기계, 누가 주인이 될 것인가? 우리는 기계에 대한 우위를 유지할 수 있는 것인가? 라는 질문에 대한 연구를 통해 기계와 간의 공존에 대한 연구가 필요함.

7-12. 글로벌 지속가능성 증진을 위한 원조의 책무성 제고를 위한 연구

(연구내용) 한국은 2009년 OECD 개발원조위원회(OECD-DAC)에 가입하며, 국제사회에서 선진 공여국의 지위에 오르게 되었음. 이후 개발원조의 양적·질적 발전을 위해 다양한 노력을 펼치고 있으나 여전히 수원국 및 국내에서 개발원조의 기획, 이행, 평가를 둘러싼 투명성과 책무성의 문제를 지적하는 목소리가 있음.

국민에 대한 설득과 수원국에서 원조의 계획 수립 및 이행에 있어서의 상호책무성을 높이기 위한 제도적이며 실천적 노력이 여전히 필요한 사항임.

본 연구를 통하여 글로벌 원조 책무성 원칙과 과제, 한국 ODA 정책의 책무성 평가, 글로벌 지속가능성 증진을 위한 책무성 평가지표의 개발 및 개발원조, 기후변화대응재원, 남북협력재원의 중복 방지를 위한 가이드라인 마련 등 미래지구의 주요 연구 및 사업부문과 연동된 개발협력 전략을 모색함. 해당 연구는 인도적 지원사업의 틀을 넘어 향후 활성화가 예상되는 지구환경 관련 대북지원 ODA 지원 전략 형성과 중점 섹터 선정을 위해 유용함.

[참고문헌]

(문헌)

한국과학기술한림원, 2016, “미래지구(Future Earth)”와 국제과학계의 최근동향

한국과학기술한림원, 2017, 지속가능한 기술개발에 대한 글로벌 이슈분석 및 대응전략 연구

UN, 2012, United Nations Secretary-General’s High-Level Panel on Global Sustainability, Resilient people, resilient planet: A future worth choosing, Overview. New York, United Nations.

(홈페이지)

Anthropocene magazine: <http://www.anthropocenemagazine.org/>

Chinese Future Earth National Committee: <http://cnc-fe.cast.org.cn/eng-index.asp>

Chinese Future Earth Research Agenda: <http://cnc-fe.cast.org.cn/about-eng.asp?id=274>

German Committee Future Earth: <http://www.dkn-future-earth.org/en/committee/about-us/>

German Future Earth Summit 2014:

http://www.dkn-future-earth.de/files/pdf/BookofAbstracts_final.pdf

German Future Earth Summit 2016:

http://www.dkn-future-earth.org/data/mediapool/2.gfes_conference_summary_report_fd_010616_web.pdf

Future Earth: <http://www.futureearth.org/>

Future Earth, 2013: Future Earth Initial Design,

<http://www.futureearth.org/media/future-earth-initial-design-report>

Future Earth, 2014: Future Earth 2025 Vision,

<http://www.futureearth.org/media/future-earth-2025-vision>

Future Earth, 2014: Strategic Research Agenda 2014,

<http://www.futureearth.org/media/strategic-research-agenda-2014>

Future Earth Asia Center: <http://www.futureearth.org/asiacentre/>

International Global Atmospheric Chemistry: <http://www.igacproject.org/>

Integrated Research System for Sustainability Science, Univ. of Tokyo:

<https://ir3s.ifi.u-tokyo.ac.jp/en/> (now <https://ifi.u-tokyo.ac.jp/en/>)

Japan Strategic Reserach Agenda 2017:

http://www.chikyu.ac.jp/activities/related/etc/fe_img/JSRA2016.pdf

Korea Launches Future Earth:

<http://www.futureearth.org/asiacentre/korea-launches-future-earth>

RIHN(Research Institute for Humanity and Nature): http://www.chikyu.ac.jp/rihn_e/

Science Council of Japan: <http://www.scj.go.jp/en/int/futureearth.html>

Stockholm Resilience Center: <https://www.stockholmresilience.org/>

UN Sustainable Development Goals:

<https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?menu=1300>

US Global Change Research Program:

<https://www.globalchange.gov/news/future-earth-launches-plan-global-sustainability-research>

[부록] 일본의 미래지구 연구과제 107개

- 일본은 2016년 종합지구환경학연구소(總合地球環境學研究所, Research Institute for Humanity & Nature)가 지구의 미래를 위해 향후 10년간 우선적으로 해결해야 할 ‘일본의 전략적 연구과제(JSRA, Japan Strategic Research Agenda)’ 107개를 선정해 발표함. 이 연구소는 이를 위해 1년간 일반 시민과 행정가 기업가 교수 지식인 언론인 시민단체 등이 함께 참여하는 과제 발굴 및 선정 작업을 치밀하게 벌임.
- 먼저 2015년 3~9월 도쿄와 오사카에서 10회에 걸쳐 일반 시민 5~6명씩 그룹인터뷰를 통해 사전 앙케이트로 조사한 371개 연구과제들을 뽑아내고, 그 해 11월에는 지방자치단체에 근무하는 행정가들을 인터뷰해 74개 과제를 취합하고, 12월에는 산업계 인터뷰를 통해 12개 과제를 골라냄. 그 후 2015년 12월 ~ 2016년 1월 설문조사를 통해 70명의 대학교수와 지식인들로부터 188개 과제를 회신 받음.
- 마지막으로 이렇게 수집된 645개 연구과제를 놓고 2016년 1월 학계 연구계 행정가 기업가 언론 시민단체 등 각계 전문가 40명이 이틀간 JSRA 워크숍을 열어 장시간 토론과 투표를 통해 10개 분야 107개 연구과제를 최종적으로 선정.
- 이렇게 선정된 일본의 전략적 연구과제들은 다음과 같음.
(http://www.chikyu.ac.jp/activities/related/etc/fe_img/JSRA2016.pdf)



식품의 지속적인 생산·가공·유통·소비

01. 지속가능한 농림 수산업에 관한 기술과 제도를 갖추려면 어떻게 해야 하나?
02. 국가의 식량 자급률 향상을 위해서는 어떻게 하면 좋은가?
03. 농촌의 전통 문화와 음식 문화를 유지하는 가운데 식품의 대량 생산이 양립하기 위해서는 어떻게 하면 좋은가?
04. 개발도상국의 인구 증가가 진행되는 가운데, 기아 문제를 해결하기 위해 어떻게 식량을 확보하면 좋은가?
05. 음식 폐기물을 어떻게 줄일 수 있을까?
06. 자원과 생산물의 불필요한 낭비를 일으키지 않는 유통 방법은 무엇일까?
07. 음식물 재료의 유통 판매 과정 및 소비 단계에서의 낭비를 어떻게 제거하나?
08. 전 지구적인 식량 생산·가공·유통·소비에 대한 미래를 어떻게 예측할 것인가?



지구온난화 예측·영향·적응·완화

09. 앞으로 20~100년 후 온난화와 그 영향을 예측하는 방법은 무엇인가?
10. 온난화와 해수면 상승의 관계를 지역별로 어떻게 다면적으로 평가할 것인가?
11. 물과 토지 등 지구 환경의 변화와 육상·해양에서 일어나고 있는 생태계의 변화는 온난화와 어떻게 서로 영향을 미치는가?
12. 지구 온난화가 수자원에 미치는 영향은 무엇인가?
13. 생물자원 생태계와 온난화는 어떤 관련이 있는가?
14. 기후 변화는 농업에 막대한 영향을 주지만, 소규모 농업에 대한 영향을 최대한 줄이고 또한 그 영향에서 회복하는 힘을 강화하려면 어떻게 해야 하는가?
15. 기후 변화와 대기 오염 문제의 통합적 해결을 어떻게 실현할 것인가?
16. 기후변화에 동반된 재해를 어떻게 예측할 것인가. 일본 열도는 기후변화의 영향을 받는 지역에 위치하고 있어서, 기후 변화에 따른 재해의 규모가 커지기 쉽다하지만 재해를 예측하고 또한 피해복구 능력을 높이고 지속가능한 생활권을 만들려면 어떻게 해야 좋은가?
17. 온난화 대책으로서 조림 식물을 증가·관리하는 방법은 무엇인가?
18. 넓은 시야에서 CO2 배출을 줄이는 방법은 무엇인가? (가령 가전제품을 오래 사용하는 것과 에너지 효율이 높은 제품으로 교체하는 것 어느 쪽이 환경 친화적인지)
19. 어떤 사회 제도가 가장 CO2 배출이 적은 것인지?
20. CO2 배출량 삭감 등 온난화 대책의 국제 협약은 얼마나 효과가 있는가?
21. 다른 나라와 연계하면서 CO2 배출권 거래와 탄소세 등 '탄소 가격 책정'에 임하는 것은 온난화 대책으로서 얼마나 유효한가? 또한 CO2에 가격을 매기는 것으로 경제에 어떤 영향이 있을까?
22. 사막화를 방지하기 위해서는 어떻게 하면 좋은가?



생물 다양성과 생태계 보전

23. 야생 동물을 살상하지 않고 사람과 동물이 공존하려면 어떻게 해야 하나?
24. 외래종이 농업이나 생활 등에 혜택을 줄 수 있지만 폐해도 일으킬 수 있는데, 피해를 주는 외래종에 대한 대책으로는 어떤 제도가 효과적인지? 또한 외래종 관련 비즈니스의 역할은 무엇인가?
25. 황새와 따오기 같은 멸종위기종의 보호구역 설정 및 국내외 다른 곳에서의 보전 등 멸종 동물 보존을 위해 세계적으로 이루어지는 활동을 공유하려면 어떻게 해야 좋은가?
26. 국립공원 같은 자연보호 구역을 다음 세대에서도 유효하게 하려면 어떻게 해야 하나?
27. 생물 다양성을 지키기 위해 보전 지역을 확보하고 유지하는데 어떤 경제 시스템을 설계하고 도입하면 좋은가?
28. 생물 다양성을 유지하는 것은 누구에게 어떤 의미가 있는가?

29. 생물 다양성을 보호하기 위해 무엇을 기준으로 대책을 생각해야 하는가?
30. 해양 생태계 등 해양 환경을 모니터링하고 변화를 예측하여 해양 자원을 보존하고 지속적으로 활용해 나가려면 어떻게 하면 좋은가?
31. 환경·생태계에 미치는 영향을 최소화하고 원래 환경으로 복원 가능한 방법으로 토지를 개발하려면 어떻게 하면 좋은가?
32. 사람들이 생태계에서 받는 다양한 혜택을 적절히 보전·이용하기 위해 사토야마(里山) 사토우미(里海) 개념에 기초한 자연공생형 관리 방법에는 어떤 것이 있을까?
33. 최빈국의 지속적 발전을 위해서는 농촌과 산촌에서 어떻게 생물자원을 이용·관리하면 좋을까?



지구 환경의 변화가 건강에 미치는 영향

34. 화학 물질과 오염 물질의 생물 체내 농축은 음식물 소화 과정에서 어떻게 일어나고 있나?
35. 온난화의 영향으로 일본에 발생할 수 있는 전염병 감염에 대처하기 위한 대책은 무엇인가?
36. 생물 다양성의 변화는 인간의 행복에 어떤 영향을 미치는지 그 경제적 가치를 어떻게 평가하는가?
37. 도시 환경이 건강에 미치는 위험요소(리스크)는 무엇인가?
38. 농약이나 화학 물질을 사용하는 경우, 인간의 건강과 생태계에 미치는 영향은 무엇인가. 식품 안전성, 경제성, 역사적 사례 등을 어떻게 종합적으로 고려하는가?
39. 국경을 넘어 오염 물질이 확산되면서 건강에 피해를 주는 월경 오염 문제를 해결하려면 어떠한 국제 협력이 필요하고 또 가능한가?
40. 글로벌화가 진행되는 가운데, 세계 규모 또는 지역생태계 수준에서 인간의 건강은 어떻게 변하고 있을까? 또한 이런 변화에 대응하기 위해서 거버넌스 체제는 어떠한가 해야 하는가?
41. 건강 피해를 미연에 방지하고 조기 구제 또는 영구적 구제 메커니즘(공해 건강 피해 보상 제도 등)을 어떻게 만들어야 하는가? 또한 그 경험을 어떻게 세계로 전파할 것인가?
42. 전 세계적으로 공정하고 건강한 음식물 공급·분배·음식 섭취를 추진하고, 비만과 기아의 상반된 두 가지 문제를 어떻게 개선할 수 있을까?
43. 환경과 사회와 경제와 사람들의 건강, 그리고 행복을 종합적으로 고려한 인재 교육을 어떻게 추진할 것인가?



지속가능한 에너지/자원의 개발·평가·관리·혁신

44. 석유 등 화석 연료와 광물 같은 언젠가 고갈될 자원의 지속적인 활용 방법은 어떠한가 하는가?

45. 다양한 에너지 공급 및 소비 형태가 있는 가운데 △환경 부하 △경제성 △리스크 분산 △지역의 특징을 고려한 바람직한 에너지 구성은 어떤 것인가?
46. 석유 등 언젠가 고갈 될 자원은 재생 가능한 자원에 의해 어느 정도 대체할 수 있을까?
47. 미(未) 이용 에너지를 활용하려면 어떻게 해야 할까?
48. 원자력을 사용할 수 없는 경우, 지구 환경은 어떻게 될까?
49. 재생 에너지와 수소 연료와 같은 아직 안정적으로 공급이 어려운 신에너지 기술을 어떻게 하면 효과적으로 개발 촉진·보급할 수 있을까?
50. 태양광 패널의 도입을 추진함에 있어 공공기관 설치 의무화 등 각종 정책이 얼마나 효과적인지?
51. 신재생 에너지의 도입으로 새롭게 발생하는 폐기물 문제를 예측·예방·대응하려면 어떻게 해야 하는가?
52. 새로운 에너지 도입에 관련된 이해 관계자 사이의 문제를 어떻게 해결해야 하나?
53. 신재생 에너지로의 전환을 아시아 등에서 국제적으로 진행하려면 어떻게 하면 좋은가?
54. 에너지 기술과 자원의 이용에 대해 환경 부하·경제성·사회성 등의 관점에서 평가 점수를 어떻게 진행하면 좋을지?
55. 에너지의 자급을 목표로 한 경제 시스템으로 어떻게 전환해 갈 것인가?
56. 지속가능한 에너지 자원 시스템으로의 전환에 있어서 혁신(innovation)의 역할은 무엇인가?



지속가능한 지역 사회

57. 숲과 생물 등 자연 환경 속에 있는 자원을 유지하기 위한 거버넌스는 어떠해야 하나?
58. 지역의 특성과 특색을 소중히 하고 지속가능한 에너지를 도입하려면 어떻게 해야 하나?
59. 지역에서 순환되는 적정 규모의 경제 시스템을 어떻게 구축하는가?
60. 지역의 경제 성장에 기여하면서 환경을 어떻게 보전하는가?
61. 인구가 감소하고 과소·고령화 되는 사회에서 지속가능한 사회 시스템은 어떻게 가능할까?
62. 지속가능한 사회를 위해서는 어떤 인구 규모와 분포가 적정한지?
63. 어떻게 하면 육아와 일을 양립할 수 있는 사회를 만들 수 있을까?
64. 고령자의 노동과 사회 공헌을 촉진하려면 어떻게 해야 할까?
65. 가정 및 지역 수준에서 무리 없이 환경문제에 대처하려면 어떻게 추진해야 할까?
66. 다양한 지역에서 이루어지고 있는 환경 보존 노력을 연결하고, 정보 공유 및 협력을 촉진 하는 시스템을 어떻게 구축하는가?



도시와 농촌의 상호 의존

67. 도시의 존재로 인해 주변 지역에서 발생하는 환경 문제 (농촌 생태계의 변화, 기상, 재해, 발전, 쓰레기에 따른 문제) 등을 어떻게 해결할 것인가?
68. 도시로의 인구 집중에 따른 열섬과 도시형 수해 등의 환경·사회·경제 문제를 어떻게 해결할 것인가?
69. 도시 문제를 해결하기 위해, 도시-농촌 전체를 생각한 도시 디자인은 무엇인가?
70. 젊은이의 이주 촉진 등을 통해 지방을 활성화하려면 어떻게 하면 좋은가?
71. 더 많은 사람들의 농업·임업 진출을 촉진하기 위해서 어떻게 해야 하는가?
72. 저탄소 사회를 실현하기 위해 농촌과 산촌의 지역 자립형 에너지 공급 체제는 어떻게 만들면 좋은가?
73. 숲이나 야산 같은 산의 환경과 생태계를 보호하기 위한 관리는 어떻게 운영되어야 하는가? 이 과정에서 저해 요인은 무엇인가?
74. 농산물 특산물 등 지역 자원을 도시와 그 주변 지역에 연계해서 제휴하려면 어떤 방법으로 해야 하나?
75. 숲과 생물 등 자연 환경 속에 있는 자원을 지속가능한 방식으로 이용하고 재생하기 위한 분산·분권형 지역 사회란 무엇인가?



사회 경제 발전과 환경 보전의 양립

76. 개발도상국이 지속가능한 사회가 되기 위해서는 물 환경·식량·의료에서 어떤 지원이 필요할까?
77. 화석 연료의 사용량을 저감하는 기술을 개발도상국에 제공하는 좋은 방법은 무엇인가? 그것을 실현하려면 무엇이 필요한가?
78. 개발도상국의 사회 경제적 발전과 생물 다양성 보전을 양립시키기 위해서는 어떻게 하면 좋은가?
79. 선진국의 원조는 개발도상국의 생태계 보전에 어떤 역할을 할 것인가?
80. 환경에 대한 배려와 대책을 사회 경제 활동에 내재화하려면 어떻게 하면 좋은가? 환경을 보전하기 위한 투융자를 촉구하고, 크고 작은 환경 비즈니스가 성립하기 위해 환경배려가 판단기준이 되는 사회 경제를 어떻게 실현할 것인가?
81. 지구 온난화와 자원 고갈 등 각각의 문제가 지구 전체 환경에 대해 얼마나 영향을 주는지 그것을 어떻게 평가하는가? 또한 환경 문제에 관한 정책을 수립하는 과정에서 그런 지구 환경 문제 전체의 균형을 어떻게 맞출 것인가?
82. 기존의 경제 지표를 대체하는 새로운 지속발전 지표를 구축하고 그것을 실용화하려면 어떻게 해야 하나?
83. 지속가능한 사회를 향해 사회와 기술의 혁신을 어떻게 일으킬 것인가? 또한 그러한 혁신의 영향을 어떻게 평가하는가?
84. 다양한 환경 문제로 인한 사람들의 삶의 질 저하를 방지하고 빈곤을 해소하려면 어떻게 하면 좋은가?



환경과 문화·라이프스타일·가치

85. 과도한 포장으로 대표되는 자원의 낭비는 사람들의 생활 문화와 가치관과 어떻게 관련되어 있는지? 그리고 어떻게 하면 환경 부하를 줄일 수 있는지?
86. 쓰레기 문제의 해결과 자원 절약을 위해 3R(Reduce, Reuse, Recycle)을 어떻게 진행할까?
87. 산업 폐기물 등 다양한 폐기물과 미(未)이용 자원을 효과적으로 처리 또는 재활용하기 위한 기술·전략에는 어떤 것이 있을까?
88. 물 뿌리기, 풍령(風鈴, 처마 끝에 다는 작은 종), 모기장 등 일본의 전통 문화를 활용하여 세계의 환경 문제를 해결하려 한다면, 그러한 라이프스타일을 어떻게 실현할 수 있는지?
89. 과거 재해의 역사와 이에 대처해 온 풍습 등을 배움으로써 현대의 환경 문제를 해결하는데 어떤 도움을 받을 수 있을까?
90. 지구 환경 보전보다 경제 활동을 우선하는 인간의 활동은 생태계의 열화(劣化)와 온실 가스의 증가 등 다양한 환경 문제의 악화에 어느 정도 또한 어떤 영향을 미치고 있는지?
91. 개인 편리성을 추구하는 만큼 환경에 부담이 커지지만, 생활수준을 저하시키지 않고 어떻게 균형을 맞출 수 있을까?
92. 저탄소 사회의 실현을 위해, 사람들과 기업의 소비 행동을 어떻게 바꾸어 나갈 것인가?
93. 세계 각 지역에 존재하는 자연과 문화에 기초한 가치관이 환경 문제 해결에 어떠한 역할을 할 것인가?
94. 세계에는 다양한 종교가 사람들에게 미치는 영향은 크지만, 이러한 다양한 종교에 근거한 가치관은 환경 보전에 어떤 영향을 미치고 있는지? 그리고 종교에 근거한 가치관은 환경 문제의 해결에 도움이 될까?



지식(literacy)·대화·의사결정

95. 시민의 환경 문제에 관한 정보의 활용 능력을 향상하고 행동을 바꾸기 위해서는 어떤 환경 학습이 필요한가?
96. 환경 문제에 대한 높은 의식을 가진 저널리즘을 어떻게 육성하는지?
97. 환경과 에너지 문제에 대해 감정론이 아닌 논리적인 의견 교환과 효과적인 대화를 어떻게 할 수 있을까?
98. 환경에 좋은 제품을 보급함에 있어서 가격과 정보 제공이 어떻게 영향을 주는지? 국가에 의한 규제 지원책이 얼마나 효과적일까?
99. 환경 문제에 대한 시민의 의식 개혁과 행동을 높이려면 시민들에게 어떤 정보를 공개하고 어떻게 제공해야 하는지?
100. 토양, 수질, 대기 오염 등이 일어났을 때 소문에 따른 피해를 방지하려면 어떤 데이터와

정보가 필요할까?

101. 오염으로 인한 건강의 위험을 어떻게 시민에게 전달할 것인가?
102. 미래 잠재적 위협과 위험을 조기에 간파하기 위해서는 어떻게 데이터를 집적·분석하고, 데이터 인프라 구축과 데이터 관리는 어떻게 하는 것이 좋은가?
103. 지구 관측 데이터를 어떻게 활용하여 환경 보전에 연결할 것인가?
104. 국제 수준의 환경 문제에 대한 의사 결정은 어떻게 이루어지는가?
105. 여성과 소수 민족, 목소리를 높이지 않고 침묵하는 다수와 미래 세대 등 다양한 계층의 의견을 수렴하면서 환경 정책의 의사 결정을 하려면 어떻게 하면 좋은가?
106. 여러 과학자가 다양한 방식으로 지구 환경 문제에 관한 연구를 하고 있지만, 서로 다른 연구 분야가 협력하여 만들어 낸 성과를 사회에 환원하고, 반대로 사회의 견해를 연구에 활용하는 사이클을 어떻게 만들 것인가?
107. 후쿠시마 원전 사고의 경험에서 무엇을 배우고 전해야 하나?