

과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스 구축

Building Science & Technology Based National Risk Governance



과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스 구축

Building Science & Technology Based National Risk Governance



■ 집필위원장

이 공 래 (한국과학기술한림원 정회원)

■ 부위원장

신 동 천 (한국과학기술한림원 정회원, 연세대학교 의과대학 교수)

■ 집필위원

고 상 백 (연세대학교 원주의과대학 교수)

권 혁 면 (연세대학교 산학협력단 연구교수)

김 경 만 (한국과학기술한림원 정회원, 서강대학교 사회학과 교수)

김 원 국 (리스크엔지니어링서비스 기술이사)

문 일 (연세대학교 연구부총장)

이 용 진 (연세대학교 환경공해연구소 연구조교수)

요약문

연구과제명

국문 과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스 구축

영문 Building Science & Technology Based National Risk Governance

연구책임자 | 이 공 래

한림원 소속부 | 정책학부

■ 리스크 거버넌스(risk governance)는 지역 또는 국가 단위의 거시적 단위에서 공공 부문과 민간 부문이 상호 협력하여 사회 공동체가 직면하는 리스크를 상호 소통하여 발견하고 경감할 수 있는 방안을 실천하면서 리스크 정도(위험도)를 낮춰가는 리스크 관리 시스템으로 정의됨

○ 리스크 거버넌스는 정부뿐만 아니라 시민들의 참여와 비정부기관의 협조, 정부의 역할 등 다양한 이해 관계자들의 종합적 대응을 위해 만들어진 개념

■ 최근 미세먼지 문제, 생활 화학 제품에서의 인체 위해 위험 증가, 원자력 발전소의 잠재적 위험, 생명 공학 기술로 인한 위해성 증가 등 과학기술 기반 리스크 거버넌스 강화의 필요성이 점차 커지고 있음

○ 우리나라는 리스크에 대한 시민 의식이 아주 낮고, 사회적 신뢰 수준이 서구 사회에 비해 낮아 각종 재난 사고가 끊임없이 발생하고 있어 많은 사회적 비용을 치르고 있음

■ 리스크 거버넌스는 리스크 분야와 지역에 따라 특성을 달리할 뿐만 아니라 연관 지식 정보가 다학제적으로 연계되기 때문에 국가 차원의 리스크 거버넌스는 종합적이면서 입체적으로 관찰되고 접근되어야 함

○ 리스크 수준 설정과 관리, 리스크 관련 지식 정보 생성과 소통, 공동 인식과 합의 등 일련의 미시적 활동뿐만 아니라 국가 차원의 자원 투입, 리스크 소통과 교육, 거시적 제도 기반 구축 등 거시적 활동이 병행되어야 함

■ 과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스를 구축하기 위한 인문학적 대응으로서 과학자들은 자신의 실험에 스스로 ‘한계’를 설정하고, 시민사회의 제약을 받아들이며, 시민들은 과학자들의 연구를 이해하려고 노력하는 상호 ‘계몽’의 결과가 합리적 합의로 인도되어야 함

○ 예를 들어 과학자들이 시민 사회와의 논쟁과 소통을 통하여 원전 폐기에 대한 인식의 격차를 좁히고, 정부는 이를 바탕으로 미래 에너지 리스크를 감소시켜 나가는 것이 올바른 국가 리스크 거버넌스임

■ 지역 차원에서의 리스크 거버넌스 실태를 파악하기 위하여 실시한 경기도 사례 분석 결과 각종 재난 대비 민관협력위원회를 운영하는 등 타 시도가 벤치마킹 할 정도로 우수한 리스크 거버넌스를 구축한 것으로 평가되었음

○ 그러나 재난 안전 행정 능력의 강화가 요구되며 전기, 상하수도, 가스, 교통 시스템 등 사회 인프라 전반에 대한 특단의 안전도 제고 조치가 필요함

■ 분야별 리스크 거버넌스 구축 방안을 모색하기 위하여 실시한 산불 사례 연구에서는 산불이 가스상 물질, 탄화수소, 할로젠화 탄화수소, 다이옥신 등 다양한 인체 유해 입자상 물질을 발생시키는 것으로 분석되었음

○ 대표적인 발암 물질인 다환방향족 탄화수소가 배출되고 이것이 도시로 번지는 경우 중금속에 노출될 수도 있어 어린이, 임산부, 고령층, 호흡기 질환 기저 질환자, 고위험 작업자 등 민감 계층 보호에 특별한 관심을 가져야 함

■ 현대의 재난 사고가 자연·기술 복합 재난(Natech 재난)으로서 동시다발적으로 발생하며 복구 및 갈등 해소의 장기화 특성을 보임에 따라 범부처적 대응이 요구됨

- 사례: 2018년 10월 노동자가 무심코 날린 풍등 하나에 잔디밭에 화재가 발생 한 후 이 화재로 인하여 고양시 대한송유관공사의 저유소에서 유증기 폭발로 인한 탱크 전면 화재 발생
- 복합 재난에 대응하기 위해서는 2개 이상의 분야가 공동으로 연구·개발하고 부처 간 협력과 연계가 매우 중요

■ 화학 물질에 의한 공장 폭발 사고는 다양하고 유해성과 환경 오염 등의 잠재 위험이 높음에도 우리나라에서 빈번하게 발생하고 있음

- 기업은 주민 대피 인프라 구축 및 지속적인 대피 훈련을 통해 리스크 정도를 감소시켜야 하고, 제도적으로는 기술 현황에 맞는 위험도 기준을 설정하고, 물질, 공정 및 설비별로 리스크 관리 시스템을 구축해야 함

■ 우리나라가 봄철에 직면하는 중요한 리스크의 하나는 PM 2.5 이하의 미세먼지임. 미세먼지는 주로 호흡기 및 심·뇌혈관 질환과 관련성이 밀접하며, 입자의 크기가 작을수록 독성의 영향이 큼

- 미세먼지로부터 국민의 건강을 보호하기 위해서는 노출 수준을 최소화해야 하며 배출(자연적, 인위적)에서부터 대기에서 일어나는 많은 물리/화학적 현상을 포괄적으로 연구할 수 있는 컨트롤타워가 필요함
- 미세먼지 문제 해결을 위하여 기 연구 성과의 통합과 미세먼지 저감 관련 R&D의 재정비 및 과학기술 개발 노력이 더욱 필요함

■ 이상과 같은 리스크 분야별 거버넌스와 지역 차원의 미시적 사례 분석 결과 과학기술 기반의 국가 리스크 거버넌스를 구축하기 위하여 크게 5가지 정책 대안을 제시함

- 리스크 관리 행정 및 국회 활동 강화
 - 각종 리스크로부터 국민의 안전을 지키고 위험에 대한 정보 공유와 소통 강화를 위해 국회가 가칭 국민안전처(People Safety Office, PSO)를 설치 운영
 - 대만은 대형 재난 사고가 나면 국회 내 CSB가 나서서 완벽하게 사고 원인과 대응 방안을 마련하고 국회에서 토론을 거쳐 국민적 합의를 이뤄나감

- 행정안전부 장차관급 공무원이 국무총리실 산하 ‘국민안전안심위원회’ 간사위원을 맡도록 하여 조정 기능을 강화
- 주요 지방자치단체의 재난 안전 관리 조직을 청으로 격상시켜 지방의 재난 안전 대처 능력을 강화

○ 재난 안전 관련 연구 개발 투자 확대

- 연구 개발 사업의 부처 간 연계 강화: 현재 경찰청, 소방청, 해양경찰청과 합동으로 연구 개발(R&D)을 관리하는 수준이나 전 부처와 지방정부까지 확대
- 유해 물질에 대한 연구 지원 확대: 신규 유해 물질에 대한 위해 정도와 대처 방안이 연구되고 공유되어야 함

○ 주요 정부 사업의 위험성 평가 제도 도입

- 대형 정부 사업에 대한 투자를 결정할 때 기획재정부가 위험성 평가를 요구
- 다양한 민간 및 국공립 재난 안전 위험성 평가 기관들을 모두 포괄하는 국가 재난 안전 온라인 플랫폼을 만들어 운영

○ 안전 의식 교육 강화 및 전문가 양성

- 초·중고 교사 중 희망자들에게 1년간의 특별 교육을 통해 ‘안전교육사’ 자격증을 교부하고 안전 담당 교사로 임명
- 재난 안전 관리 분야에 종사하는 공무원, 연구자, 교수 등 전문 인력을 양성하기 위하여 우수 대학에 전문 대학원 설치 지원
- 안전 관리 요원에 대한 재교육 강화

○ 민간 재난 안전 활동 지원 확대

- 재난 안전 관련 NGO와의 협력 확대
- 연관 학술 기관의 활동 지원 강화
- 최고 전문가들이 모인 KAST를 재난 안전 전문 정책 연구 기관으로 육성
- Science Media Center를 설치하여 과학자-언론계를 연계

목 차

과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스 구축

Building Science & Technology Based National Risk Governance

I. 서론	1
1. 연구의 필요성과 목적	2
2. 리스크 거버넌스의 개념	2
3. 연구의 방법과 분석 모형	4
4. 연구의 기대효과	8
II. 상호 계몽 모형을 통해 본 리스크 인식과 거버넌스	9
1. 위험 인식과 커뮤니케이션에 관한 이론적 논의	10
2. 사례 연구	12
3. 결론	20
III. 국가 리스크 관리 현황과 정책 과제: 산불 사례	23
1. 산불 공중보건학적 문제와 리스크 관리에서 과학적 접근의 필요성	24
2. 과학적 접근을 통한 산불의 유해 요인 파악	26
3. 산불에 의한 건강 영향	28
4. 산불 리스크 관리 시스템 해외 사례: 미국 사례	33
5. 정책 제안	37
IV. 국가 리스크 관리 시스템 동향 분석	41
1. 국제 리스크 관리 시스템 구축 동향	42
2. 국가에 의한 리스크 관리와 주요 선진국의 리스크 관리 시스템	46
3. 한국에서의 국가 리스크 관리 시스템과 향후 방향	52

목 차

과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스 구축

Building Science & Technology Based National Risk Governance

V. 중앙정부의 리스크 관리 현황과 정책 과제: 기재부를 중심으로	55
1. 개요	56
2. 합리적인 리스크 관리와 거버넌스의 필요성	57
3. 리스크 거버넌스 구축을 위한 정책 과제	61
4. 원칙 및 개념을 통해 본 리스크 관리 방법	64
5. 결론	71
VI. 경기도 리스크 거버넌스 현황과 개선 방향	73
1. 경기도 리스크 관리 조직과 자원	74
2. 경기도의 리스크 거버넌스 과제	80
3. 경기도 리스크 거버넌스 개선 방향	87
VII. 기업의 리스크 관리 현황과 강화 방안: 화학 산업 사례	91
1. Risk Assessment 정의	92
2. 리스크 관리 배경 및 범위: 화학 산업 사례	98
3. 기업 리스크 관리 강화 방안	100
VIII. Natech(자연+기술 재난)에 대한 국가 리스크 관리 시스템	105
1. 서론	106
2. 외국의 실태	108
3. 우리나라 현황	109
4. 최근 국내 Natech 재난 사례	109
5. Natech 재난의 효율적 관리를 위한 정책적 제언	114



IX. 과학기술을 통한 국가 리스크 관리 시스템 강화 방안

: 미세먼지 대책을 중심으로 117

1. 초미세먼지로 인한 건강 영향의 중요성 118
2. 미세먼지 대책 123
3. 미세먼지 종합 정책 128
4. 향후 방향 및 결론 129

X. 결론 및 정책 제언 131

1. 요약 및 결론 132
2. 정책 제언 139
- 참고 문헌 145

부록 149

- [부록 ①] 2019년 재난 안전 R&D 신규 과제 및 연구 개발비 현황 150
- [부록 ②] 과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스 구축 집필위원회 회의록 151

목 차

과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스 구축

Building Science & Technology Based National Risk Governance

표 목차

<표 1.1> 주요 목차와 연구 내용 및 집필자	7
<표 3.1> 건강에 미치는 영향에 따라 정리한 역학 연구(43건) 결과	29
<표 3.2> 실시간 대기 측정망 및 그 특징	33
<표 3.3> 공무원을 위한 공기질 상태에 따른 권고 조치 사항	34
<표 3.4> 화재 수준별 건강 영향 및 경고 사항	35
<표 3.5> 화재 발생 지점으로부터의 거리에 따른 행동 지침	37
<표 4.1> 영국 국가 리스크 관리 시스템의 변화 과정	47
<표 4.2> 영국의 재난 안전 관련 주요 법규의 제정 현황	48
<표 4.3> 미국 국가 재난 안전 관리 시스템의 변화 과정	49
<표 4.4> 미국의 재난 안전 관련 주요 법규의 제정 현황	49
<표 5.1> 노출되는 목적물의 종류에 따른 공정의 허용 위험 범위	60
<표 5.2> 개인 위험의 비교	60
<표 5.3> 리스크의 종류에 따른 리스크 관리 방법	60
<표 6.1> 경기도의 재난 안전 분야 예산 구조 및 추이	78
<표 6.2> 2019년 경기도의 재난 안전 분야 예산 지출 구조	79
<표 6.3> 2019년 재난 안전 유관 청 R&D 신규 과제 및 연구 개발비 현황	82
<표 6.4> 28개 리스크 유형 구분과 경기도의 대응	83
<표 6.5> 인간의 주요 사망 원인과 위험도	85
<표 7.1> Risk Tolerance Criteria for LOPA	94
<표 7.2> 위험성 수준 평가 기준	94
<표 7.3> 위험성 평가 결과 조치 계획의 예시	95
<표 7.4> HAZOP Risk 등급에 따른 허용 위험도	98
<표 7.5> LOPA 수행 결과	99



<표 7.6> FTA 분석 결과	99
<표 7.7> 해외 위험 기준	101
<표 8.1> 산림 헬기 보유 현황	113
<표 9.1> 미세먼지(PM 10) 급성/만성 인체 영향	123
<표 9.2> 환경부 - 「실내공기질관리법」 민감 시설 미세먼지 관리 기준	124
<표 9.3> 교육부 - 「학교보건법 시행규칙」 미세먼지 유지 기준	124
<표 9.4> 미세먼지 관련 법안 8개	126

목 차

과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스 구축

Building Science & Technology Based National Risk Governance

그림 목차

<그림 1.1> 국가 리스크 거버넌스 분석 모형	5
<그림 3.1> 산불 연기와 PM 2.5의 임상적 및 준임상적 영향	25
<그림 3.2> 과학기술을 활용한 위기 관리와 대응 정보 체계가 필요	25
<그림 3.3> 2019년 속초 고성 산불 발생 당시 대기통합환경지수	26
<그림 3.4> 산불 연기에 대한 태아 노출과 출생 체중 연구	31
<그림 3.5> 캘리포니아 지역에서 연령별, 연기 농도 수준별 건강 영향 결과	32
<그림 3.6> 리스크 거버넌스 및 대비와 대응 과정의 체계화	38
<그림 5.1> 위험성 평가에 의한 리스크 관리 절차	57
<그림 5.2> 위험성 평가와 위험 관리	58
<그림 5.3> 리스크 관리 방법의 진화	58
<그림 5.4> 리스크 매트릭스 구성 방법	59
<그림 5.5> 리스크 거버넌스의 개념도	61
<그림 6.1> 경기도 리스크 관리 행정 조직 체계	75
<그림 6.2> 경기도 소방방재본부의 조직 체계	76
<그림 6.3> 경기도 북부 소방재난본부의 조직 체계	77
<그림 7.1> 발생 빈도와 사고 영향에 따른 Risk	92
<그림 7.2> Risk Assessment 절차	93
<그림 7.3> 안전성 평가 지침에 따른 개인적 위험도 기준	97
<그림 7.4> UK Societal Risk Guideline 2002 COMAH Regulation	97
<그림 7.5> 대상 공정의 water curtain 설치 사례	101
<그림 7.6> Netherlands Societal Risk Guideline Risk to the public only	102
<그림 7.7> Hong Kong Societal Risk Guideline Risk to the public only	103
<그림 8.1> 자연 재난을 유발하는 산업 사고와 Natech 재난의 차이	107



<그림 9.1> china air quality improvement report	120
<그림 9.2> 미세먼지와 경동맥 내피 두께(CIMT) 간의 관계	121
<그림 9.3> 미세먼지(PM 2.5) 노출에 따른 1초간 노력성 호기량(FEV1) 예측값 / 대식 세포 내 관찰된 탄소	122
<그림 9.4> 미세먼지로 인한 중추 신경 질환 발생 기전	122
<그림 9.5> 민감 계층을 위한 미세먼지 관리 대책의 방향성	125

I

서론



I

서론

1. 연구의 필요성과 목적

- 우리나라는 세계의 모범 사례라 불릴 정도로 단시간 내에 괄목할 만한 경제 성장과 발전을 이루었으나 미세먼지를 비롯한 환경 오염, 화재, 화학 공장 폭발 사고 등 대형 재난 안전 사고가 연속적으로 발생하고 있어 이를 해결해야 할 국가 과제를 갖고 있음
- 경제 사회 발전에 따라 발생하는 다양한 리스크를 우리 사회 공동체가 상호 소통하고 협력하여 미리 예방하고 취약한 부분을 보강할 수 있는 수 있는 방안을 제시할 필요가 있음
- 강원도 산불, 오산 공장 폭발 사고 등 끊임없이 발생하는 재난 안전 사고를 보면서 국가 차원의 리스크 관리가 효과적으로 이루어지고 있는가를 진단하고, 국가 리스크 거버넌스를 강화할 수 있는 방안을 찾고자 함

2. 리스크 거버넌스의 개념

□ 리스크 관리의 개념

- 리스크 관리(risk management)는 어떤 형태의 리스크(위험)가 존재할 때 이를 발견하고 경감할 수 있는 방안을 마련하여 실천하면서 리스크 정도(위험도)를 낮춰가는 일련의 활동으로 정의됨

- 개인이나 기업, 기관 등 조직 차원의 미시적인 단위에서 경영 관리 일환으로 이뤄지는 활동을 지칭
- 우리나라에서는 ‘위험 관리’가 비슷한 용어로서 종종 사용되고 있는데, 전문가들의 선호에 따라 ‘위험 관리’ 혹은 ‘리스크 관리’라는 용어를 선택적으로 사용하고 있음

□ 리스크 거버넌스의 개념

- 리스크 거버넌스(risk governance)는 지역 또는 국가 단위의 거시적 단위에서 공공 부문(정부, 공공기관 등)과 민간 부문(대학, 기업 등)이 상호 협력하여 사회 공동체가 직면하는 리스크를 상호 소통하여 발견하고 경감할 수 있는 방안을 실천하면서 리스크 정도(위험도)를 낮춰가는 리스크 관리 시스템으로 정의됨
- 거버넌스는 어떤 일을 정부가 일방적인 주도로 관리하지 않고 공공 부문과 민간 부문이 사회 공동체의 일원으로서 상호 소통하고 협력하여 관리해 나가는 것을 의미함
- ‘리스크 거버넌스’라는 용어는 과학기술 위험에 대한 국민 이해와 사회적 수용성이 정책 결정 과정에서 중요한 과제라는 국제적 공감대가 형성되면서 국제 기구의 하나인 국제위험통제회의(International Risk Governance Council, IRGC)¹⁾를 처음으로 사용하기 시작
- IRGC는 과학기술로 인한 리스크는 어느 한 부문이 해결해야 하는 고유한 문제가 아니라 폭넓은 사회 공동체가 소통하고 협력하여 해결해야 하는 것으로서 국제적인 시야와 기준에 따라 검토되고 국제 기구와 공조를 통한 대응이 필요하다고 주장하면서 ‘리스크 거버넌스’라는 용어를 사용 (정근모·이공래, 1999)
- IRGC는 1999년 11월 스위스 주리히에서 열린 제1차 회의에서 신기술의 사용과 개발로부터 발생하는 위험을 평가하고 이를 효율적이고 효과적이며, 형평성을 유지할 수 있는, 국제적으로 합의한 리스크 관리 방안을 모색하기로 합의

1) IRGC는 1999년 스위스에서 개최된 Engelberg Forum에서 처음으로 창설이 제안되었는데, 이 포럼에 참석한 대표적인 인사는 스위스의 Wolfgang Kroge(Chairman, Professor, Paul Scherer Institute), 미국의 John D. Graham (Director and Professor, Harvard Center for Risk Analysis), L. Manning Muntzing(Director, Energy Strategists Consultancy Ltd.), 한국의 정근모(당시 아주대 석좌교수) 등임

- 따라서 여기서는 리스크 거버넌스를 정의하는 과정에서 사회 시스템 개념을 도입하여 리스크 관리와 관계되는 정부(중앙, 지방 포함), 민간 기업, 공공 기관, 대학, 국회, 시민, 시민 단체 등을 소통과 협력의 주된 주체로 설정하였음

3. 연구의 방법과 분석 모형

□ 연구의 방법

○ 연구자 간 회의를 통한 합의 형성

- 국가 리스크 거버넌스 연구는 그 범위가 광범위하기 때문에 연구 자원의 한계와 시간 제약을 고려하여 전략적인 접근이 필요함에 따라 이 분야 연구 경험을 상당 기간 축적한 최고의 전문가들로 연구팀을 구성하였음
- 연구자들도 자신의 전문 분야에 따라 문제 인식에 차이가 있으므로 연구자 간 자유로운 토론을 통하여 합의 형성 과정(consensus making process)을 거치는데 중점을 뒀음

○ 리스크 관리 관계자들에 대한 인터뷰

- 국가 리스크 거버넌스에 관계되는 조직과 전문가들은 광범위하나 정책 개발과 도출에 중요하다고 여겨지는 조직과 전문가들을 대상으로 인터뷰를 실시하여 이들의 의견을 청취하였음
- 인터뷰 대상은 정부에서 리스크 관리 업무를 수행하였거나 현재 수행하고 있는 공무원, 시민 단체 종사자, 기업체 종사 전문가, 외국의 국회의원, 대학 전문가 등임

○ 과거 연구 문헌과 통계 자료 활용

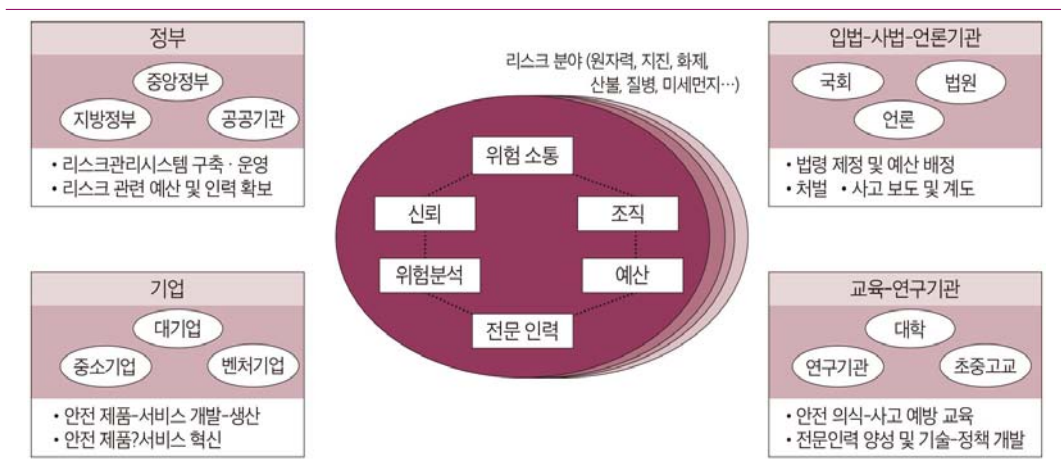
- 참여 연구자들은 이미 많은 연구를 수행하였기 때문에 관련 문헌과 통계 자료를 충분하게 보유하고 있었음. 각 연구자가 개인적으로 보유한 문헌과 통계 자료를 구글 드라이브를 통하여 공유하고 공동 학습을 하는 데에 초점을 뒀음

□ 분석 모형

○ 국가 리스크 거버넌스 주체와 기능

- 국가 리스크 거버넌스의 주체로서 정부, 입법-사법-언론기관, 기업, 교육-연구 기관 등 크게 4부문으로 설정했음(<그림 1.1>)
- 정부는 중앙정부, 지방정부, 공공 기관을 포괄하는 부문으로 국가 리스크 관리 시스템을 구축하고 운영하는 핵심 주체이며, 리스크 관련 조직, 예산, 인력 등 자원 확보를 주된 기능을 수행
- 입법-사법-언론기관 부문은 국회, 법원, 언론이 포함되며 국가 리스크 관리를 위한 법령 제정과 예산 배정, 사고 유발자에 대한 처벌, 사고 내용과 원인 등의 보도 및 계도 기능을 수행

<그림 1.1> 국가 리스크 거버넌스 분석 모형



자료: 이공래·송위진, 『한국의 국가혁신체제』를 참고하여 재구성, 1998

- 기업은 대기업, 중소기업, 벤처기업 등 다양한 형태의 영리 및 비영리 조직체를 포괄하며 안전 제품과 서비스를 개발하고 생산함과 동시에 안전 향상을 위한 제품 서비스를 혁신하는 주체로서 기능함
- 교육 연구 기관은 초, 중, 고, 대학 등을 포함하는 제도권 교육 기관과 재난 안전 관련 단기 인력 양성 및 보수 교육을 담당하는 비 제도권 교육 기관을 포함하며,

안전 의식 증진과 사고 예방을 위한 다양한 교육 서비스를 제공하고 전문 인력을 양성하거나 재난 안전 관련 기술과 정책을 개발하는 기능을 수행함

○ 리스크 거버넌스의 핵심 활동

- 리스크 거버넌스를 형성하는 주체들은 다양한 리스크를 인식하여 판단하고 상호 소통하고 협력하여 공동체에게 닥쳐올 위험을 최소화해야 할 것이나 위험에 관한 소통이 부족할 경우 위험에 대한 인식이나 대응이 더디어짐으로써 사고가 빈발함
- 위험 감소를 위해서는 전문 조직, 예산, 인력 등 자원 투입이 필수적으로 수반되며 한 국가가 리스크 관리를 위한 전문 조직을 갖추고 이들이 활동할 수 있도록 예산과 인력을 얼마나 투입하고 있는지가 그 국가의 리스크 관리 능력을 나타냄
- 전문 조직을 구성하고 인력과 예산을 투입했어도 이들 간에 소통과 신뢰가 부족하며 상호 협력하지 않는다면 이들의 활동에 의한 리스크 감소 효과는 크지 않고, 저효율의 거버넌스 상태를 나타냄

○ 분야별 리스크 거버넌스 격차

- 국가의 리스크 거버넌스는 경제, 국방, 원자력, 지진, 화재, 산불, 질병, 미세먼지 등 리스크에 대한 인식 정도에 따라 분야별로 많은 격차를 나타냄. 개발도상국일수록 분야별 리스크 거버넌스에 격차가 크게 발생하나 선진국은 대체로 분야별로 고른 리스크 인식과 거버넌스 구조를 나타냄
- 국가가 산업화되고 소득 수준이 높아질수록, 또 선진화될수록 리스크에 대한 국민의 인식과 대응이 더 민감해지며 사회 모든 부문에서 리스크 관련 이슈가 중요하게 대두됨. 그것은 삶의 질과 안전에 대한 욕구가 강해지며 사고가 발생할 경우 사회가 치르는 비용이 높아지기 때문임
- 국가가 불균형적으로 과학기술을 발전시키거나 사회의 각 부문이 지나치게 비대칭적으로 진화하는 경우 리스크에 대한 인식과 대응에서도 비과학적이고 비합리적인 행태가 나타나며 저개발 부문이 앞서가는 부문의 리스크 거버넌스 발전을 저해하기도 함

□ 주요 연구 내용 및 목차

○ 연구의 범위와 내용

- 국가 리스크 거버넌스의 포괄 범위가 광범위하므로 한정된 연구 자원으로 의미 있는 연구 결과를 도출하기 위해서는 연구 범위를 전략적으로 설정해야 함
- 본 연구는 국가 리스크 거버넌스 범위를 기본적으로 넓게 잡았으나 경제나 국방 등 특수성이 이미 부각된 분야는 제외하고 주로 과학기술자들이 많이 다루고 접하게 되는 분야를 선정하였음
- 정부 측면에서는 중앙정부에서 행정안전부, 기획재정부, 과학기술정보통신부 등을 연구 대상으로 하였고, 지방정부에서 경기도를 사례로 선택하여 연구하였음
- 리스크 분야 측면에서는 미세먼지, 정밀의학, 산불, 화학 산업, 자연 및 기술 재난 등을 사례로 선택하여 분석하였음
- 국가 리스크 거버넌스에 대한 인문학 측면의 이해를 위해서 국민의 리스크 소통 (risk communication)을 연구 범위에 포함하였음
- 한편, 선진국의 리스크 거버넌스에 대한 정보 분석과 이해가 중요하므로 미국, 영국, 유럽, 호주, 캐나다 등의 국가 리스크 거버넌스에 대한 주요 지식 정보를 수집하여 특징을 분석하였음

<표 1.1> 주요 목차와 연구 내용 및 집필자

목차 및 연구 내용	집필자
제1장: 서론- 국가 리스크 거버넌스 시스템 개념과 분석 모형	이공래
제2장: 리스크에 대한 국민의 인식과 소통(communication)	김경만
제3장: 국가 리스크 관리 현황과 정책 과제: 산불 사례	고상백
제4장: 국가 리스크 관리 동향 분석	이용진
제5장: 중앙정부 리스크 관리 현황과 정책 과제: 기재부를 중심으로	김원국
제6장: 경기도 리스크 거버넌스 현황과 개선 방향	이공래
제7장: 기업의 리스크 관리 현황과 강화 방안: 화학 산업 사례	문 일
제8장: NATECH(자연+기술 재난)에 대한 국가 리스크 관리	권혁면
제9장: 과학기술을 통한 국가 리스크 관리 시스템 강화 방안: 미세먼지 대책을 중심으로	신동천
제10장: 결론 및 정책 대안	이공래

□ 연구의 한계

- 본 연구는 관련 전문가 9명이 자율적으로 연구팀을 구성하고 한국과학기술한림원 집필위원회 사업을 활용하여 짧은 연구 기간(6개월) 내에 수행되었음
- 국가 리스크 거버넌스에 관한 실효적인 정책 연구 결과를 얻기 위해서는 광범위한 통계 자료 수집, 이해 당사자에 대한 설문 조사와 분석이 진행되어야 하나 연구 자원의 한계로 이를 실현하지 못하고 집필자 개인의 축적된 경험과 연구 결과물을 최대한 사용하여 작성된 것임
 - 따라서 연구 이슈에 따라서는 통계 자료와 조사 자료가 부족한 한계를 갖고 있음
- 본 보고서가 주장하고 제안하는 일부 정책에 대해서는 향후 더 많은 정보 자료의 수집과 분석 및 전문가 합의가 필요하다는 것을 유념해야 할 것임

4. 연구의 기대효과

- 우리나라 국가 리스크 거버넌스의 특징, 문제점, 정책 과제 등이 발굴됨으로서 정책 담당자가 본 보고서를 바탕으로 향후 국가 리스크 관리를 위한 지원 정책의 방향 설정과 세부 정책 기획에 도움이 될 것임
- 국가 리스크 거버넌스 강화를 위한 거시 정책 수립의 합리성이 제고되고 주요 리스크 분야의 위험도 예측, 예방, 대처, 소통, 협력 등 리스크 관리 활동이 활성화되며 합리적이고도 창조적인 리스크 정책이 개발될 것임
- 향후 리스크 거버넌스 관련 후속 연구에서도 본 보고서 주장, 정보와 자료가 사용됨으로서 앞으로 제안되는 정책의 질과 연속성이 향상될 것임
- 한국과학기술한림원이 국가 리스크 관리에 관한 정책 연구 센터로 도약하는 데에 기초 자료로 활용될 것임

II



상호 계몽 모형을 통해 본 리스크 인식과 거버넌스



II

상호 계몽 모형을 통해 본 리스크 인식과 거버넌스

1. 위험 인식과 커뮤니케이션에 관한 이론적 논의

□ 성찰적 현대와 리스크 사회(Reflexive Modernity and the Risk Society)

○ 성찰적 현대

- 리스크 인식과 커뮤니케이션에 관한 논의를 하기 위해서는 현대 사회과학과 철학에서 화두가 된 소위 ‘성찰적 현대(reflexive modernity)’와 ‘위험 사회(risk society)’ 개념으로부터 논의를 시작해야 함
- 위험 사회란 독일의 사회학자 울리히 벡(Ulrich Beck)이 그가 소위 이차 현대(second modernity)라 부른 현대 사회가 이전의 전통 사회와는 다르게 인간이 만들어낸 환경(man-made environment)에서 유래한 각종 위험들을 성찰의 ‘대상’으로 인식하고 있다는 것을 나타내기 위해서 고안한 개념임 (Beck, 1992)

○ 위험 사회의 특성

- 현대 사회 이전의 산업 사회에서는 과학과 기술에 대한 거의 무조건적인 믿음이 있었고, 따라서 자본과 재화, 그리고 화폐의 유통과 분배에만 관심이 집중되었음 그러나 이차 현대를 상징하는 ‘위험 사회’에서는 이에 못지않게 공해와 위험 물질 그리고 범죄 등을 포함한 위험의 분배(distribution of risks)에 대한 초미의 관심이 모아지고 있음
- 이는 자연에서 유래하는 위험과 대비되는 ‘인간이 만들어낸 위험’에 대한 완벽한 정복 혹은 통제가 불가능하다는 인식이 고조(heightened awareness)되었고, 이를 시민들이 심각하게 받아들이고 있다는 사실을 강조 즉, 이차 현대를 살아가고 있는 우리의 미래는 불투명하고, 열려있고, 완전한 예측과 통제가 불가능한 ‘위험 사회’임

□ 리스크 인식의 차이와 상호 계몽 모형(Mutual Enlightenment Model)

○ 과학 연구의 정당성 확보

- 성찰적 현대에서는 이전의 산업 사회에서 시민들이 과학에 대해서 가지고 있던 ‘무조건적 신뢰 혹은 믿음’이 사라지게 됨. 그 결과 과학자들의 연구가 사회에서 어떻게 ‘정당화(accountability)’ 될 수 있는가와 또 과학의 산물이 어떻게 일반인들에게 설명되고, 이해될 수 있는가(justifiability)를 시민 사회가 요구하게 됨

○ 리스크의 객관성과 주관적 인지

- 이러한 정당화, 혹은 설명 가능성이 요구되는 이유는 과학이 초래할, 혹은 초래했다고 생각하는 위험을 시민들이 ‘인지(perceive)’한 결과임. 이러한 시민의 위험 인지(risk perception)는 과학자들이 ‘객관적으로 존재한다고 믿는’ 객관적 위험과 항상 같을 수 없고, 오히려 많은 경우에 커다란 차이를 보임
- 여기서 강조해야 할 점은 과학자들과 일반 시민 간에 ‘위험과 그것의 분배’에 대한 인식이 극명한 차이를 보인다는 사실임. 또한 단순히 과학자들과 대중들 간에만 위험에 대한 인식 차이가 나타나는 것이 아니라 시민들 간에도 그들의 소득, 부, 지위, 교육에 따라서 위험에 대한 극명한 차이가 존재함

○ 리스크 인식 차이에 관한 상호 계몽 모형

- 객관적이라고 주장되는 ‘객관적 위험’과 그것의 ‘주관적 인식’의 차이의 극복은 어떤 방식으로 다뤄지고 해결되어야 하는가? 이를 위해 이 연구에서는 소위 ‘상호 계몽 모형(mutual enlightenment model)’이란 이론적 모형을 제시할 것임
- 이 이론은 과학 사회와 일반 시민 사회가 서로의 의사 소통, 논쟁을 통해서 서로가 가진 위험 인식의 차이를 좁혀가는 ‘상호 계몽’의 과정에 초점을 맞춘 이론임

○ 상호 계몽 모형에 관한 두 가지 사례 연구

- 상호 계몽 모형이 실제의 경우에 과학 사회와 시민 사회의 위험 평가와 인식 차이를 어떻게 좁히고, 또 해결할 수 있는가를 예시함. 그로부터 정책적 함의를 이끌어 내기 위해서, 이 연구에서는 두 가지의 경험적 사례 연구를 제시할 것임

- 첫째는 영국에서 80년대 대 논쟁을 이끌어냈던 소위 ‘시험관 아기’ 논쟁이고, 둘째는 현재 우리나라에서 진행되고 있는 원전폐기 논쟁임. 첫 번째 사례인 시험관 아기 논쟁은 오랜 시간을 걸쳐서 논쟁이 진행됐고, 또 많은 이론적 분석이 끝난 사례이므로, 현재 우리나라에서 진행 중인 탈원전 논쟁에도 많은 정책적 시사점을 줄 수 있을 것으로 생각됨

2. 사례 연구

□ 태아는 과학 실험 대상이 될 수 있는가?: 태아 실험에 관한 대 논쟁(The Great Embryo Controversy)

○ 상호 계몽 모형의 첫 번째 사례: 시험관 수정 논쟁

- 위험 사회에서의 대중의 위험 인식과 과학자 사회-위에서의 위험에 대한 객관적 인식의 간극을 좁힐 수 있는 소위 ‘상호 계몽 모형(mutual enlightenment model)’의 첫 번째 사례로, 영국에서 1984년부터 1990년까지 일어난 태아(embryo)를 과연 실험 및 연구의 대상으로 사용할 수 있는지에 관한 논쟁을 들 수 있음
- 과학사회학의 선구자였던 로버트 머튼(Robert Merton)이 주장했듯이 과학 연구의 자율성이 항상 보장 받아야만 하는 것이 아니라 어떤 경우에는 사회에 의해서 제약을 받아야 함. 그 제약이 강제에 의한 것이 아니라 인간 공동의 선(common good)을 위한 것이 되려면 과학과 대중의 위험 인식의 차이가 어떤 커뮤니케이션 과정을 통해서 조정될 수 있는가가 이 사례 연구를 통해서 밝혀낼 것임
- 1978년에 최초의 시험관 아기가 탄생된 후에 영국에서는 아기를 시험관에서 수정시키는 것(in vitro fertilization)이 가지는 사회적, 도덕적, 법적, 그리고 윤리적 함의를 밝히기 위한 노력을 하였고, 1982년에 메리 워녹(Mary Warnock)을 위원장으로 하는 연구위원회(A committee of Inquiry into Human Fertilization

and Embryology)를 만들고 그 결과를 국회에 보고하도록 하였음 (Mulkay, 1993, 1994, 1995)

- 시험관 아기는 어머니의 몸에서 잉태된 아기와 그 구성과 성격은 같지만 어머니의 자궁 안에서 만들어진 것이 아니며, 따라서 지금까지는 생각도 못했던 방식으로 ‘거래’가 되거나 실험용으로 사용될 수 있다는 것이 도덕적, 사회적 위험의 핵심이었음
- 시험관 아기가 가져올 사회적 위험과 윤리적 파장을 다루기 위해서 워낙 위원회에서는 이에 대해서 64가지의 법적 규제를 제시함. 아래에서는 워낙 보고서의 내용에 대한 간략한 논의를 한 후, 이 중 가장 논쟁적이었던 문제, 즉, 인공적으로 생산된 태아를 실험에 사용할 수 있는가, 그리고 그것이 가져올 ‘사회적 위험과 비용’에 대한 논의가 어떻게 시민 사회내의 여러 단체, 그리고 이를 대변했던 국회 논쟁을 통해서 역사적으로 어떻게 진화하고 결론에 다다르게 되었는가를 자세히 논할 것임

□ 워낙 보고서(Warnock Report)와 태아를 이용한 실험에 수반되는 위험 통제의 과정

○ 역사적 배경

- 1978년에 영국에서 로버트 에드워즈(Robert Edwards)와 패트릭 스텝토(Patrick Steptoe) 라는 두 과학자에 의해서 최초의 시험관을 통한 아기가 탄생함
- 이들의 연구는 물론 불임을 극복할 수 있다는 점에서 환영받았지만, 다른 한편으로는 많은 불안과 걱정, 그리고 두려움의 대상이 됨
- 즉, 한편으론 이들의 연구가 획기적인 성과로 간주되고, 과학의 쾌거라고 생각됐지만, 다른 한편으론 초기의 태아를 마음대로 다룰 수 있다는 점에서 매우 위험한 기술로 시민들은 인식함. 특히 문제가 되었던 것은 ‘태아의 도덕적 권리’, 즉, 실험에 사용되는 태아들은 아무런 권리 주장 없이 실험의 대상이 되었다는 것이 쟁점임

○ ‘인간 수정과 태아 연구를 위한 위원회(Committee of Inquiry into Human Fertilization and Embryology)’의 설립

- 이와 같은 위험을 다루는 법을 제정하기 위해서 인간 수정과 태아를 위한 위원회가 만들어졌음. 특기할 것은 이 위원회의 구성이었는데, 이 위원회는 서로 다른 종교를 가지고, 또 지금까지 IVF 연구에 관련되지 않았던 7명의 의사와 과학자들, 그리고 건강 관련 기관의 매니저, 소셜 워커, 법원 종사자, 법무관, 신학자, 그리고 영국 이민국의 부국장 등 9명을 포함하는 위원회였음
- 이는 위원회가 다양한 사회적, 정치적, 종교적, 과학적 이해 관계를 대변하는 사람들로 구성된 총 16명으로 구성되었다는 사실을 나타냄
- 위촉 위원회는 사적/공적 회의를 통해서 의견을 수렴했을 뿐 아니라, 생물학 연구에 관련된 인접 연구 분야의 300개 기관에 IVF에 관한 의견을 물어서 자료를 수합하였음
- 이에 더해 일반 시민들로부터 약 700건의 의견을 받아서 취합하였고, 발달 생물학자인 앤 맥라렌(Anne MacLaren)을 책임자로 임명해서 여러 차례의 세미나를 개최함. 또 이런 연구 활동을 기초로 최종 보고서를 작성했음

□ 위험 인식의 차이에 기인한 논쟁의 촉발

○ 위촉 위원회의 최대 쟁점들

- 위원회에서 가장 뜨겁게 논쟁되었던 것은 수정된 지 14일, 즉 2주가 지나지 않은 태아는 실험에 사용할 수 없지만, 2주가 넘은 태아는 실험용으로 사용할 수 있도록 법제화하는 것이었음. 2주전의 태아 사용은 이법에 따르면 범죄 행위라고 규정하였음
- 일부 국회의원들은 2주가 지난 태아를 실험에 사용할 수 있다는 과학계의 의견에 동의하였지만, 다른 의원들은 2주 전이든 2주 후든 태아를 과학적 실험에 사용하는 행위는 잘못된 것이라는 반론을 제기하였음
- 이 문제는 영국 국회에서 뜨겁게 논쟁되었고 곧 국회의원들을 두 그룹으로 나누게 하였음. 한 그룹은 태아의 과학 실험에 사용을 용인하는 그룹이었고 다른 한 그룹은 사용을禁하자는 쪽이었음

- 태아를 과학 실험에 사용해서는 안 된다고 하는 그룹은 ‘반 낙태 운동’을 하는 단체들로부터 재정적, 심리적 지원을 받았음. 보수적인 의원들은 ‘태어나지 않은 아이들을 보호하는 모임(Society for the Protection of Unborn Children)’의 회원들로서 이 문제에 매우 민감했음. 1984년부터 1986년까지 성공적이었던 태아 실험 반대 세력은 실험 찬성 쪽과 완전히 반대되는 태아에 대한 이미지를 가지고 있었고 이러한 특별한 이미지를 지켜내기 위하여 다양한 수사적 전략들을 사용함
- 태아 실험에 대한 반대 진영의 주장의 핵심 중 다른 하나는 태아를 가지고 하는 실험이 사회에 무섭고 위험한 결과를 초래할 것인가를 강조함. 즉, 과학기술에 대한 대중의 위험 인식을 잘 나타내줌
- 일반 시민들이 IVF에 대해서 가지고 있는 위험 인식의 대표적인 예로서 다음과 같은 신문 기고 내용을 들 수 있음. “어떤 과학자가 300명의 태아를 냉동고에 가지고 있다고 자랑했을 때 우리는 놀라움과 경악을 금치 못했다. 에드워즈 박사가 ‘돼지에서 태아가 자라도록 하자’ 라는 호소를 했다는 것을 신문에서 읽었을 때 이 나라의 모든 사람들은 심각한 혐오감을 가졌다. 과학은 잘 못 돼가고 있으며 국회는 이에 대해 무언가 대책을 세워야한다 (Mulkay, 1995:152에서 재인용)”라고 주장함

□ 논쟁의 진행 과정과 의견 수렴

○ 앤 맥라렌의 역할

- 문제는 어떻게 이러한 일반 시민의 위험 인식이 과학자들과의 상호 계몽을 통해서 조정, 해결될 수 있었던 가를 밝혀내는 데에 있음. 이와 같은 상호 계몽에 커다란 역할을 한, 발달생물학자인 앤 맥라렌은 이미 수정이 되었어도 수정된 지 14일 미만의 개체는 태아라 불릴 수 없다는 것을 강조함으로써 태아 실험의 위험 인식에 대한 답을 제시하였음
- 그녀에 따르면 이미 수정이 되었더라도 수정 후 14일까지 수정된 난자에서 생산하는 것은 세포 덩어리일 뿐 진정한 의미의 태아는 아니라고 함. 그 이유는 수정된 지 14일이 지나야만 ‘신경의 분화(neural differentiation)’가 일어나고,

고통을 느낄 수 있는 진정한 사람이기 때문임. 따라서 수정 후 14일이 지난 것만이 소위 ‘도덕적-인권’을 가진 태아라고 주장함

- 여기서 중요한 것은 태아 실험 반대자들의 반대가 나오기 전까지는 모든 수정된 난자를 태아라고 부르던 것과 달리 이제는 수정된 지 14일 전의 세포 덩어리는 태아와 구분하여 전태아(pre-embryo)라고 부르기 시작한 사실임 (Mulkay 1994:624)

○ 과학자들의 책임 의식과 논쟁의 해결

- 그러나 위녹 보고서와 이를 통한 상호 계몽의 결론 중 강조되어야 할 점은 과학자들 자신이 스스로 ‘책임’있는 연구를 독려함으로써, 과학자들에 대한 일반 시민의 믿음을 증진시킬 수 있었다는 사실임
- 즉, IVF 연구자들은 “생명을 가지기 시작한 지 며칠 안 된 수정된 난자 (conceptuses)는 --많은 사람들이 생각과 다르게-- 아주 작은 ‘아기’가 아니라 단순히 몇 개의 세포에 불과하다는 ‘사실’을 강조하면서도, 그것들을 가지고 실험하는 것은 반드시 필요한 연구에만 국한되어야 한다”는 도덕적, 윤리적 책임을 일반 시민에게 명확히 전달했음. 이렇게 함으로써 초기에 IVF 연구를 극렬하게 반대했던 사회 구성원들과의 인식 차이를 좁히려고 노력했음
- 이 때 논쟁의 열기를 식히는 데에 커다란 역할을 한 또 다른 중요한 요소는 IVF 연구가 태아를 실험에 사용함으로써 야기되는 여러 위험 요소들을 상쇄하고도 남을 만큼의 혜택을 미래에 보장할 것 이라는 것을 일반 시민들에게 효과적으로 전달한 사실에 기인함
- 이 연구가 현재와 미래의 불임 부부들에게 기적적인 희망을 줄 것이라는 점, 또 이를 통해 미래 의학 지식의 띄어쓰기 1칸으로 수정 기여할 수 있을 것이라는 점을 위원회가 강조하고, 이를 널리 ‘홍보’했기 때문임

□ 상호 계몽 모형이란 이론적 틀을 통해서 본 리스크 인식과 거버넌스에 대한 함의

○ 태아 실험에 대한 논쟁 사례가 리스크 인식과 갈등 해결에 가지는 함의

- 일반 시민들이 과학자들의 전문적 용어(technical vocabularies)들과 그들의 연구를 정당화하기 위한 ‘수사력(rhetorical power)’에 결국 말려들었다는 것을 의미하는 것은 아님

- 오히려 과학자들과 일반 시민의 위험 인지에 대한 커다란 인식 차이를 토론과 논쟁, 그리고 성의 있는 의사 소통을 통해서 좁히려는 노력에 기인함
- 14일 전의 태아를 실험에 사용하는 것은 도덕적 문제와 사실의 문제가 섞여 있는 문제이기 때문에 무엇이 윤리적으로 옳으며 무엇이 틀렸는가를 ‘사실’에 의거해서 정확히 판단할 수 있는 문제가 아님
- 14일 전의 전태아도 태아로 성장할 수 있는 잠재성을 가지고 있기 때문에 도덕적인 면에서 보면 태아를 실험 대상으로 삼는다는 것은 전통적인 관점에서는 용납될 수 없음
- 과학자들은 윤리적이고 도덕적인 정당화를 하려는 시도를 피하고 과학적이고 기술적인, 일견 ‘중립적인’ 용어들을 사용함으로써 이 문제를 해결하려고 시도함
- 그러나 14일 전의 태아가 실험 대상이 될 수 있는가, 혹은 아닌가는 과학·기술적인 측면에서 해결될 수 있는 사안이 아니라, 이 실험에 의해서 영향 받는 사회 구성원들 모두가 ‘논의’와 ‘토론’, 그리고 거기서 도출되는 합의에 의해서 결정되어야 하는 사안임

□ 상호 계몽 모형에 입각한 결정주의(decisionism) 비판

○ 결정주의 비판

- 하버마스(Jürgen Habermas)의 의사 소통 행위 이론과 ‘결정주의(decisionism)’ 비판은 이런 논쟁이 가지는 의미를 명확히 해주는 데에 기여할 수 있을 것임
- 하버마스는 사회가 추구해야 하는 바람직한 가치와 목표가 무엇이 ‘되어야’ 하는가에 대한 ‘민주적’ 논의 없이 기술관료, 혹은 전문가(experts, 즉 과학자)들이 그들이 임의적으로 ‘설정한 목표’를 달성하는 데에 무엇이 과학적으로 가장 효율적 방법인가를 결정하고 이를 시민 사회에 부과하는 형태의 의사결정을 결정주의라 비판함
- 결정주의가 팽배한 사회는 모든 결정이 기술적 효율만을 생각해서 내려지는, 소위 ‘도구적 이성(instrumental reason)’에 의하여 지배 받는 사회임

- 일단 가치 의존적인 목표가 주어지면 이를 달성하기 위한 가장 효율적인 방법은 물론 전문가 및 과학자들이 결정해야 할 몫이지만, 어떤 가치와 목표를 추구해야 할 것인가는 결코 ‘과학’ 그 자체에 의해서는 결정될 수 없음
- 목표 설정이 가치 의존적이란 말은, 측정 가능한 양의 리스크가 사회 구성원들의 리스크 인식과 동떨어져서, ‘객관적으로 저기 밖에 존재하는 것이 아니라는 것을 함축함

□ ‘상징과 의미(symbolic meaning)’ 차원의 중요성

○ 상징과 리스크의 의미

- 현재 매우 중요한 사회적 리스크로 떠오른 아동 학대의 문제는 상징과 리스크의 관계를 잘 보여줌. 아동을 때리는 것(child hitting) 자체는 지난 십 수세기 동안 교육을 위해서 당연한 것으로 생각해 옴
- 그러나 1960년대 미국의 소아방사선과 의사들과 소아심리학과 의사들이 아동을 때리는 것이 유전적인 ‘정신질환’이란 것을 공표하고 난 후, 때리는 것 자체가 치료 받아야 할 병이란 새로운 ‘의미’를 가지게 되고, 아동 학대라는 말이 탄생했음
- 아동 학대의 예는 우리가 ‘물리적 실재(physical reality)’에 ‘집단적인 의미를 부여’하는 과정이 중요하다는 점을 일깨워줌. 즉, 지금껏 아무렇지도 않게 생각해왔던 물리적 행위에 새로운 의미를 부여하고 되고, 그 결과 이전에는 존재하지 않았던 ‘새로운’ 위험을 인식하게 되었다는 것을 말해줌
- 기술 관료(technocrat)와 전문가에 의하여 사회가 추구해야 할 목적과 가치가 설정되는 소위 ‘기술 지배의 사회(technocracy)’의 결정주의 논리는 결국 우리가 상호 작용을 통해서 상징적 의미를 만들어내고, 밖의 세계에 의미를 부여하는 ‘의미 창출’의 동물이란 사실을 고려하지 못한 도구적 이성애 지배 받는 논리일 뿐임
- 기술 지배의 사회와 그에 수반되는 리스크를 교정하는 유일한 길은 사회가 추구해야 할 가치와 목표 그 자체를 사회 구성원이 논쟁과 대화를 통해서 합리적으로 합의의 도출해낼 수 있는 ‘대화적 이성(dialogical reason)’이 지배하는 사회로 유도하는 길 뿐임 (Habermas, 1969, 1984)

- 사례 연구로 논의한 태아 실험에 대한 대 논쟁의 중요성은 이 논쟁이 과학자들을 대중과의 대화의 장으로 불러냈고, 이런 대화의 장을 통해서 실험의 의미, 불확실성, 그리고 위험성들에 대하여 일반 시민이 갖는 우려와 반대를 과학자들이 가진 모든 증거와 지식과, 설득력을 통하여 불식시키고자 하는 ‘노력’을 이끌어 냈다는 점에서 찾을 수 있음
- 현재 각국에서 태아를 실험 대상으로 삼아도 된다고 부분적으로 허락한 것은 물론 그것이 향후에 미칠 효과와 문제점에 대한 완전한 정보와 예측에 기반한 것은 아님
- 수많은 과학적 성과물이 예측하지 못한 결과를 가져왔던 역사적 사실을 상기한다면 오늘날의 태아 실험과 이와 연관된 실험들이 장기적으로 과학자들을 포함한 누구도 예측할 수 없는 위험한 결과를 가져올 수도 있다는 점은 자명한 사실임
- 이렇게 불확실한 상황에서 과학자들과 사회 구성원들이 가지고 있는 리스크에 대한 상이한 인식과 입장을 좁힐 수 있는 유일한 방법을 태아 논쟁 사례를 통해서 찾아내야 함. 미래에 다가올지 모르는 불확실한 위험에 대한 대 토론이 있었고, 이런 토론을 통해서 사회 구성원들은 태아 실험에 특정한 ‘의미’와 그것이 가진 중요성, 위험을 부여했음. 그리고 최종적으로 그런 위험을 제어할 수 있는 방안을 토론함으로써 태아 실험의 정당성과 한계를 법제화하고 강제화 하는 가장 합리적인 방안을 찾아낼 수 있었음

□ 태아 논쟁을 통해서 본 탈원전 논쟁의 분석과 대안

○ ‘탈원전’ 논쟁의 핵심 쟁점

- 최근 몇 년 동안 지속되어 왔으며, 지금도 아직 끝나지 않은 소위 과학자(전문가)들과 일반 시민들 간에 존재하는 핵 발전의 위험에 관한 대조적인 인식에 기인한 대립이 탈원전 논쟁을 야기함
- 대부분의 과학자들은 원전이 매우 안전하고 효율적인 에너지원이라는 데에 이견이 없는 반면, 일반 시민들은 원전의 위험이 매우 급박하게 해결되어야 하는 커다란 위험을 내포하고 있다는 인식을 가지고 있음

○ 인식 차이의 원인

- 과학자들이 객관적으로 원전 1기당 10^{-5} 의 아주 미미한 위험만이 존재할 뿐이라고 주장하는 반면, 일반 시민들과 환경 보호론자들은 핵 발전의 확산은 인류의 '미래'와 후대의 행복에 커다란 '위협'이 될 것 이라는 상반된 인식을 가짐
- 원전을 확장, 유지할 것인가, 혹은 점차 폐기할 것인가는 위의 태아 논쟁에서 확인한 것처럼 어떤 '객관적인 과학적 사실'에 의거해서 결정될 수 있는 것이 아니라, 상호 계몽 모형에서 분석한 바와 같이 사회 구성원들이 원전이 가지는 효율과 위험에 대한 '상징적 의미'를 어떻게 구성해나가느냐에 달려있음
- 우리가 경제 성장, 효율, 당장의 소비에 우선적 '가치'를 둔다면, 당연히 원전의 유지와 확장이 선택되어야 함. 그러나 토론과 논쟁을 통한 민주적 과정을 통해서 우리가 추구해야 할 '가치'가 경제적 효율보다 미래 세대의 안전, 그리고 생태계의 보전 등에 있다고 합의가 되면, 점진적 원전의 폐기로 나가야 할 것임
- 물론 이런 폐기로 인해 모자라는 에너지에서 파생되는 고통은 감내해야 한다는 전제가 토론과 논쟁을 통해서 도출될 수 있을 때에 이런 선택은 가능할 것임
- 따라서 원전의 객관적 위험이 '얼마나 실제로 존재'하는 가에 대한 논쟁은 사실에 의해서 해결될 수 없고, 어떤 가치를 추구할 것인가에 대해 사회 구성원들의 상호 논쟁을 통해서 합의해나가야 하는 것임

3. 결론

□ 상호 계몽의 효과

○ 상반된 인식 차이의 극복

- 위에서 논의된 태아 연구 사례 연구가 보여주듯, 처음에는 태아 연구를 반대하던 사람들도 과학자들의 설득과 정당화, 그리고 노력에 의하여 태아 연구를 승인하는 쪽으로 움직였음

- 과학자들도 자신의 실험에 스스로 ‘한계’를 설정하고, 그런 제약을 받아 들임으로써, 서로를 ‘계몽’한 결과가 합리적 합의로 인도함. 이것이 ‘상호 계몽 모형’을 통해서 리스크에 관한 과학자들과 일반 시민들의 리스크 인식의 차이를 좁혀가는 과정이며, 이 모형의 핵심임

□ 합의의 한계와 의미

○ 제한된 이성과 토론 문화

- 이렇게 얻어진 합의는 우리가 현재 가진 ‘제한된’ 이성의 힘과 토론의 능력에 달려있으며, 따라서 이것이 어떤 궁극적인 합의라고 할 수는 없을 것임
- 따라서 이런 합의에 대한 또 다른 반대와 논쟁이 야기되었을 때는 대화적 이성에 의한 합의에 도달하려고 하는 또 다른 일련의 토론과 논쟁 과정이 필요할 것임

III



국가 리스크 관리 현황과 정책 과제: 산불 사례



III

국가 리스크 관리 현황과 정책 과제: 산불 사례

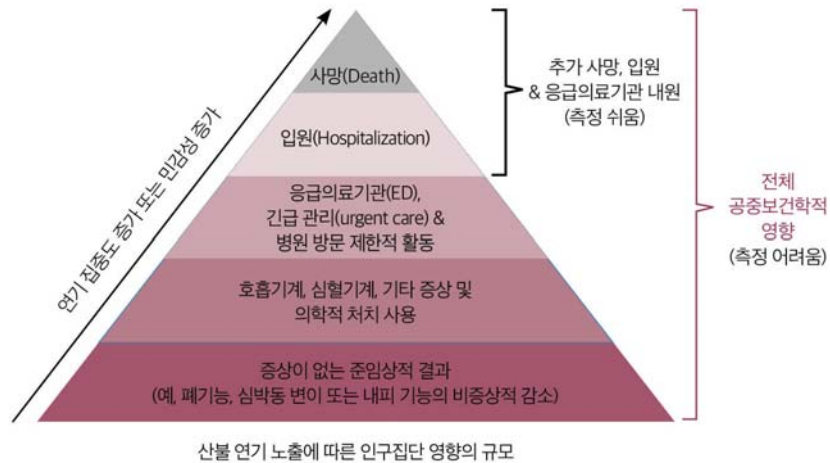
1. 산불 공중보건학적 문제와 리스크 관리에서 과학적 접근의 필요성

□ 산불의 공중보건학적 특성

○ 건강 영향의 심각성과 인구 집단의 크기

- 산불과 복사열에 화상 등 직접 노출과 연기 노출에 의해 직접적인 사망과 응급 손상이 발생하며, 재난적 특성으로 볼 때 초기 대응이 중요함
- 산불 초기에 발생하는 사망률의 증가, 입원 및 응급실 방문자 수의 증가는 위중성과 시급성 측면에서 중요하지만 영향을 받는 사람의 규모는 상대적으로 작음
- 일반적으로 위중하지 않지만 사회적으로 질병 부담을 증가시키고, 중장기적으로 건강 영향에 미치는 사람의 규모가 큰 공중보건학적 문제는 앞서 초기 대응보다 국가적 리스크 관리에서 더 중요함(<그림 3.1>)
- 그럼에도 불구하고 우리나라에서는 간과되는 측면이 있음
- 리스크 관리라는 측면에서 예방에서부터 대비와 대응 및 복구에 이르기까지 과학적 접근이 중요하며, 이를 기반으로 한 리스크 관리가 절실함

<그림 3.1> 산불 연기와 PM 2.5의 임상적 및 준임상적 영향

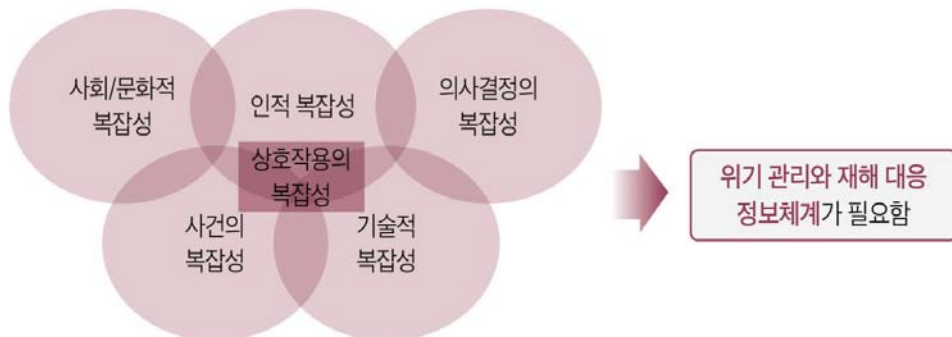


자료: Cascio W. E., Wildland fire smoke and human health, 2018

○ 리스크 관리에서 과학적 접근의 중요성

- 산불은 자연 재난으로 단순화 시킬 수 없으며 사회 재난적 특성이 혼재되어 있으며, 그 원인과 대응 측면에서 복잡해지고 있음
- 관여되는 영역과 분야의 수, 위기 상황에 노출되는 사람의 수, 대응하는 자원의 수가 늘어나면서 리스크 관리 과정도 점점 복잡해지고 있음(<그림 3.2>)
 - 원인 파악 및 대응 체계 마련을 위한 과학적 접근이 필요함
 - 과학기술을 활용한 위기 관리와 대응 정보 체계가 필요함

<그림 3.2> 과학기술을 활용한 위기 관리와 대응 정보 체계가 필요



자료: Coskun E. & Ozceylan D., 2011

2. 과학적 접근을 통한 산불의 유해 요인 파악

□ 산불의 건강 위해성 평가

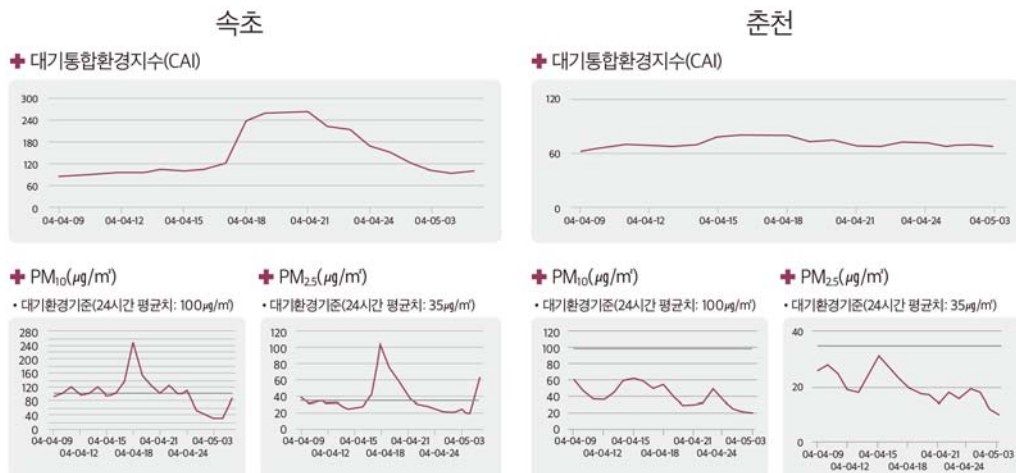
○ 매체별 유해 요인

- 산불에 의해 발생한 유해 화학 물질을 매체별로 분류하면 연기(fire smoke), 토양, 실내먼지, 빗물 등으로 구분할 수 있음

○ 연기(fire smoke)

- 단기적으로 대기중 PM 농도 상승, 장기적으로 연중 PM 2.5 농도를 상승
 - 2019년 속초고성 산불 당시 춘천과 비교할 때 단기적으로 대기 중 미세먼지 농도가 상승함(<그림 3.3>)
- 입자상 물질에는 바이오메스에 의해 생성된 유해 화학 물질이 포함되어 노출
- 입자상 물질
 - 가스상 물질(일산화탄소, 메탄, 아산화질소, 질소산화물, 휘발성유기화합물)
 - 탄화수소, 할로젠화 탄화수소, Alkyl nitrate, 황 화합물 등
 - 다이옥신, 퓨란

<그림 3.3> 2019년 속초 고성 산불 발생 당시 대기통합환경지수



○ 토양

- 바이오매스의 연소 과정에서 다양한 유해 화학 물질이 생성되어 토양에 존재
- 산불로 인한 다환방향족탄화수소(PAHs) 특성
 - 대표적인 발암 물질로 산불에 의해 생성된 PAHs가 지구 전체의 13% 차지
 - 산불은 PAHs 농도를 10~100배 증가시킴
 - 산불 한 달 후에 대조군에 비해 2~24배 높은 농도로 증가
 - 16개 PAHs 농도 총합이 산불 후 20배 증가
 - 토양보다는 소나무 껍질 등에서 더 높은 농도로 존재
 - 바이오매스에 의한 PAHs: 2~4개의 벤젠고리를 가지는 PAHs가 주로 발생
 - 바람에 의한 재 소실, 휘발, 분해 등으로 시간이 지남에 따라 농도가 감소함
 - 특히 우기에서 빗물에 의한 씻김 현상으로 중요한 농도 감소 요인
- 산불의 강도에 따른 다환방향족탄화수소
 - 산불의 강도에 따라 black ash(200~500도), white ash(>510도) 발생
 - black ash에서 PAHs 3배 이상, white ash 2배 이상 높은 농도로 발생함
 - 산불의 강도가 셀수록 더 많은 벤젠고리가 있는 PAHs 존재
 - 산불의 강도가 셀수록 염소화, 브롬화된 PAHs 농도 증가

○ 실내 먼지

- 실내 먼지는 다양한 유해 화학 물질이 존재
- 산불이 도시로 번진 불로 인해 생산된 유해 화학 물질이 비산하여 실내에 유입
- 산불로 인해 발생한 재에 비소 등 중금속이 높은 농도로 존재
- 평상 시 수준의 중금속 농도가 회복하기까지 산불 발생 14개월 소요

○ 빗물

- 빗물은 토양에 존재하는 다양한 유해 화학 물질을 다른 매체로 이동시킴
- 강 등은 산불로 인해 발생한 유해 화학 물질의 최종 종착지가 될 수 있음
- 알칼리도 상승, 높은 이온(염), 영양 성분(질소, 인 등) 증가
- 시안화물 농도, 수은 및 중금속 증가
- 먹는 물에 영향 가능성

3. 산불에 의한 건강 영향

□ 산불 연기에 의한 건강 영향

○ 산불 연기 노출과 사망률

- 산불로 인한 대기 오염과 밀접한 관련성
- 산불 연기에 주요 대기 오염 물질은 미세먼지
 - 초미세먼지(PM 2.5)의 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 당 0.5~2%의 사망률이 증가함
 - 따라서 산불 발생 시 각 지역별 미세먼지 측정은 이후 리스크 관리에서 매우 중요함

○ 산불 연기와 만성 질환

- 산불로 인한 다양한 건강 장애가 발생함(<표 3.1>)
- 산불로 인하여 발생하는 미세먼지는 도시에서 발생하는 미세먼지와 건강 영향이 다름

<표 3.1> 건강에 미치는 영향에 따라 정리한 역학 연구(43건) 결과

결과	연구 문헌	노출 평가 유형	연관성의 방향
사망			
전체	Sastry <i>et al.</i> , 2002	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑
	Morgan <i>et al.</i> , 2010	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑
	Johnston <i>et al.</i> , 2011	연기가 있는 날 vs. 연기가 없는 날	↑↑
	Faustini <i>et al.</i> , 2015	연기가 있는 날 vs. 연기가 없는 날	↑↑
	Linares <i>et al.</i> , 2015	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑
	Shaposhnikov <i>et al.</i> , 2014	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑
호흡기계	Johnston <i>et al.</i> , 2011	연기가 있는 날 vs. 연기가 없는 날	↔
	Morgan <i>et al.</i> , 2010	관찰된 PM(monitored PM)	↔
	Faustini <i>et al.</i> , 2015	연기가 있는 날 vs. 연기가 없는 날	↔
	Linares <i>et al.</i> , 2015	관찰된 PM(monitored PM)	↔
심혈관계	Nunes <i>et al.</i> , 2013	PM 모델과 위성 데이터	↑↑
	Faustini <i>et al.</i> , 2015	연기가 있는 날 vs. 연기가 없는 날	↑↑
	Johnston <i>et al.</i> , 2011	연기가 있는 날 vs. 연기가 없는 날	↑
	Morgan <i>et al.</i> , 2010	관찰된 PM(monitored PM)	↔
	Linares <i>et al.</i> , 2015	관찰된 PM(monitored PM)	↔
호흡기계 질환			
폐 기능 (천식 또는 기관지 과민 반응 제외)	Jacobson <i>et al.</i> , 2012	관찰된 PM(monitored PM)	↓↓
	Jacobson <i>et al.</i> , 2014	관찰된 PM(monitored PM)	↓↓
	Jalaludin <i>et al.</i> , 2000	관찰된 PM(monitored PM)	↓↓
	Lee <i>et al.</i> , 2009	관찰된 PM(monitored PM)	↓↓
	Henderson <i>et al.</i> , 2011	관찰된 PM(monitored PM)	↓↓
응급의료기관(ED) 방문		모형화된 PM(modeled PM)	↑
		이원적 위성 연기 지표	↑
	Moore <i>et al.</i> , 2006	일시적 비교(temporal comparison)	↑↑
	Mott <i>et al.</i> , 2002	일시적 비교(temporal comparison)	↑↑
	Lee <i>et al.</i> , 2009	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑
	Rappold <i>et al.</i> , 2011	시공간적 비교	↑↑
	Tham <i>et al.</i> , 2009	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑
	Thelen <i>et al.</i> , 2013	모형화된 PM(modeled PM)	↑↑
	Johnston <i>et al.</i> , 2014	연기가 있는 날 vs. 연기가 없는 날	↑↑
	Morgan <i>et al.</i> , 2010	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑
입원	Henderson <i>et al.</i> , 2011	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑
		모형화된 PM(modeled PM)	↑
		이원적 위성 연기 지표	↑
	Johnston <i>et al.</i> , 2007	관찰된 PM(monitored PM)	↑
	Delfino <i>et al.</i> , 2009	PM 관찰, 통계적 모델링	↑↑
		위성 정보	
	Martin <i>et al.</i> , 2013	연기가 있는 날 vs. 연기가 없는 날	↑↑
	Chen <i>et al.</i> , 2006	노출 범주별 PM 관찰	↑↑
	Cançado <i>et al.</i> , 2006	PM 관찰	↑↑
	Mott <i>et al.</i> , 2005	일시적 비교(temporal comparison)	↑↑
	Ignotti <i>et al.</i> , 2010	% 연간 시간 > 80 μ g/m ³	↑↑
	Tham <i>et al.</i> , 2009	관찰된 PM(monitored PM)	↔

<표 3.1> 건강에 미치는 영향에 따라 정리한 역학 연구(43건) 결과(계속)

결과	연구 문헌	노출 평가 유형	연관성의 방향	
천식				
천식동반 폐기능	Jacobson <i>et al.</i> , 2012	관찰된 PM(monitored PM)	↔	
	Jalaludin <i>et al.</i> , 2000	관찰된 PM(monitored PM)	↔	
	Vora <i>et al.</i> , 2011	일시적 비교(temporal comparison)	↔	
	Wiwatanadate and Liwsrisakun 2011	관찰된 PM(monitored PM)	↔	
의약 처치	Elliott <i>et al.</i> , 2013	PM 관찰, 통계적 모델링, 위성정보	↑↑	
	Yao <i>et al.</i> , 2016	모형화된 PM(modeled PM)	↑↑	
	Tse <i>et al.</i> , 2015	시공간적 비교	↑↑	
	Vora <i>et al.</i> , 2011	시간적 비교	↑↑	
	Johnston <i>et al.</i> , 2006	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑	
	Arbex <i>et al.</i> , 2000	PM 측정	↑	
의료기관 방문	Henderson <i>et al.</i> , 2011	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑	
		모형화된 PM(modeled PM)	↑↑	
		이원적 위성 연기 지표	↑	
	Yao <i>et al.</i> , 2016	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑	
		모형화된 PM(modeled PM)	↑↑	
응급의료기관(ED) 방문	Johnston <i>et al.</i> , 2002	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑	
	Rappold <i>et al.</i> , 2011	시공간적 비교	↑↑	
	Duclos <i>et al.</i> , 1990	시간적 비교	↑↑	
	Johnston <i>et al.</i> , 2014	연기가 있는 날 vs. 연기가 없는 날	↑↑	
	Smith <i>et al.</i> , 1996	시간적 비교	↑	
	Tse <i>et al.</i> , 2015	시공간적 비교	↔	
	입원	Morgan <i>et al.</i> , 2010	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑
		Delfino <i>et al.</i> , 2009	PM 관찰, 통계적 모델링, 위성정보	↑↑
Arbex <i>et al.</i> , 2007		PM 관찰	↑↑	
Martin <i>et al.</i> , 2013		연기가 있는 날 vs. 연기가 없는 날	↑↑	
Johnston <i>et al.</i> , 2007		관찰된 PM(monitored PM)	↑	
Tse <i>et al.</i> , 2015		시공간적 비교	↔	
만성폐쇄성 폐질환				
의료기관 방문	Yao <i>et al.</i> , 2016	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑	
		모형화된 PM(modeled PM)	↑↑	
응급의료기관(ED) 방문	Rappold <i>et al.</i> , 2011	시공간적 비교	↑↑	
	Duclos <i>et al.</i> , 1990	시간적 비교	↑↑	
	Johnston <i>et al.</i> , 2014	연기가 있는 날 vs. 연기가 없는 날	↑↑	
입원	Morgan <i>et al.</i> , 2010	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑	
	Johnston <i>et al.</i> , 2007	관찰된 PM(monitored PM)	↑↑	
	Delfino <i>et al.</i> , 2009	PM 관찰, 통계적 모델링, 위성정보	↑↑	
	Martin <i>et al.</i> , 2013	연기가 있는 날 vs. 연기가 없는 날	↑↑	
	Mott <i>et al.</i> , 2005	시간적 비교	↑↑	

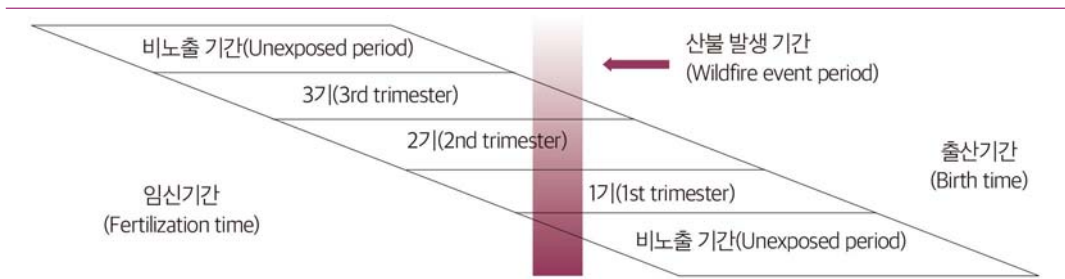
자료: Cascio W. E., Wildland fire smoke and human health, 2018

□ 산불의 공중보건학적 문제

○ 산불에 대한 보건학적 민감 집단

- 어린이
 - 어린이는 산불 연기에 매우 민감한 집단으로 특별히 건강 영향을 파악
 - 신생아, 영아기 등 특별 관리 필요
- 임산부
 - 임신 기간 중 산불 연기에 노출될 경우 향후 출생 이후의 체중 및 각종 건강 영향에 대한 조사가 필요함(<그림 3.4>)

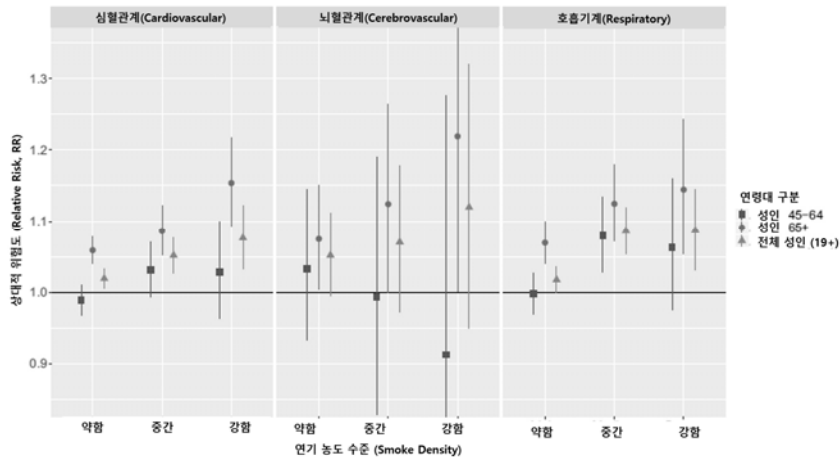
<그림 3.4> 산불 연기에 대한 태아 노출과 출생 체중 연구



자료: Holstius D. M. *et al.*, Birth weight following pregnancy during the 2003 Southern California wildfires, 2012

- 고령층
 - 연령대별로 층화하여 산불 연기 농도 수준별로 비교한 결과 연기 농도 수준이 높을수록 고연령층에서 심혈관계, 뇌혈관계 및 호흡기계 질환 상대 위험도가 높음(<그림 3.5>)

<그림 3.5> 캘리포니아 지역에서 연령별, 연기 농도 수준별 건강 영향 결과



*8개 구역의 캘리포니아 유역(2015년 5월 1일~9월 30일)에서 연령대별로 층화하여 연기가 없는 날에 비교한 심혈관계, 뇌혈관계, 호흡기계별 상대적 위험도와 95% 신뢰 구간. 열지표, 주당 일수, 시계열, 인구수를 보정함

자료: Wettstein, Z. S. *et al.*, 2018

- 천식 및 기타 호흡기 질환 기저 질환자
- 순환기계 질환 기저 질환자
- 저소득층
- 고위험직업군

○ 산불로 인한 광범위한 건강 영향

- 생애 처음 겪는 극심한 사건에 대한 심리적인 영향
- 대피하는 과정에서 발생한 외상과 같은 신체적인 문제
- 보건 서비스에 대한 수요 증가
 - 관리 대상자의 거주지 이탈로 인한 만성 질환 관리 시스템 부재
- 만성 질환자들의 의료 시설에 대한 접근성 감소의 문제
 - 자동차 전소로 인한 교통 접근성 저하
 - 거주지 전소로 인한 익숙하지 않은 지역으로 이동
- 집안의 벽지, 커튼, 피복류 등에 흡착된 산불 연소 물질
- 다중 이용 시설의 환기 장치 내부에 쌓인 산불 연소 물질
- 산불 발생 수 주변 토양, 강물 등 환경에 잔존하는 유해 화학 물질에 노출

4. 산불 리스크 관리 시스템 해외 사례: 미국 사례

□ 위해성 평가 체계

○ 위해성 평가 시스템 상시 체계화

- 미 전역 1,700개 측정소에서 연속형 대기질 자료 수집 및 실시간 제공
 - 제공 데이터: 1일 평균 농도, 1시간 평균 농도

<표 3.2> 실시간 대기 측정망 및 그 특징

측정망 명칭	특징
AirNow	- 미국 전역 1,700개의 PM 2.5 및 PM 10 측정소에서 연속형 자료 수집 - 이메일, 위젯, 스마트폰 앱 활용해 정보 제공 - 다부처 협력 자료 활용
Nowcast	- PM 2.5 및 PM 10에 대한 대기질 지표 24시간 연속 측정
Fires: Current Condition Map	- 산불 발생 시, 경보 및 대응 방법에 대한 이메일 발송
U.S. Forest Service Wildland Fire Air Quality Monitoring Website	- 기존 측정소 및 임시 측정소 활용 - 측정소 위치 정보, 시간대별 추이, 패턴 인식 정보 제공 - 공공데이터 활용

자료: EPA, 2016

- 대기질(AQI) 측정값을 국민 건강 영향 파악에 적합한 지표로 환산하여 활용

Levels of Health Concern	Good	Moderate	Unhealthy for Sensitive Groups	Unhealthy	Very Unhealthy	Hazardous
AQI Values	0-50	51-100	101-150	151-200	201-300	301-500

□ 재난 보건 관리 시스템

○ 주민 건강을 위한 공지 시스템 운영

- 지역 주민 공지 시스템을 운영
 - 산불 다발 지역 및 다발 시기에 사전에 주민들에게 공지
 - 사고 시 효과적으로 대처 방안 공유를 위한 사전 작업

- 일반 주민 대상 권고 사항
 - 식량 준비
 - 폐 및 심장 이상 증세 시 의료 기관 즉시 방문
 - 공지사항, 대기질 예보 등을 활용해 화재 상황 예의 주시
- 만성 질환자 대상 권고 사항
 - 처방약 준비
 - 천식 및 심장질환자 등에 대한 사고 대응 계획 마련
 - 공기 정화 장치: 실내 면적에 따른 정화력 확인
 - 연기 흡입에 따른 증상 악화 시 의료진에 즉시 보고
 - 뉴스 등 대중매체를 활용, 실내 공기질 개선 방안 공유

○ 공무원을 위한 권고 조치 사항 마련

- 공기질 상태에 따른 권고 조치 사항을 사전에 준비하고 있으며, 화재 발생 시 공무원이 어떻게 조치를 취할지 확인(<표 3.3>)

○ 화재 수준별 건강 영향 및 경고 사항 및 그 외 보호적 행동 지침

- 화재 수준에 따라 공기질 상태에 따라 생길 수 있는 건강 영향을 제시하고, 경고 사항과 보호적 행동을 정리하여 체계적으로 대응(<표 3.4>)

<표 3.3> 공무원을 위한 공기질 상태에 따른 권고 조치 사항

공기질 상태 (AQI Category) (공기질 지수, AQI Value)	PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24시간 평균 값	권고 조치 사항
좋음 (Good) (0 - 50)	0 - 12	• 산불이 발생했다면, 상황 전달 지침을 시행
보통의 심각 이전 단계 (moderate) (51 - 100)	12.1 - 35.4	• 학교 및 교육 기관 대상 행동 지침을 준비 • 신체 영향, 증상, 화재 노출을 줄이는 방법을 조언하는 대중 공표를 발표
화재 연기 취약 집단에게 악영향 (Unhealthy for Sensitive Group) (101 - 150)	35.5 - 55.4	• 학교 및 교육 기관 대상 행동 지침을 고려 • 화재 발생이 지속될 경우, 가능한 안전 대비 지역을 파악하여 공지 • 화재 발생 지속될 경우, 피난 계획을 준비
신체 악영향 (Unhealthy) (151 - 200)	55.5 - 150.4	• 학교 및 교육 기관 대상 행동 지침 시행 • 공중 보건 상태와 대중 이동성을 고려하여 야외 행사(콘서트, 스포츠 경기) 진행 취소를 고려

<표 3.3> 공무원을 위한 공기질 상태에 따른 권고 조치 사항(계속)

공기질 상태 (AQI Category) (공기질 지수, AQI Value)	PM 2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 24시간 평균 값	권고 조치 사항
심한 수준의 신체 악영향 (Very Unhealthy) (201 - 300)	150.5 - 250.4	• 학교 및 교육 기관 대상 모든 실내 활동으로의 전환 또는 일정 변경 • 일부 학교 및 교육 기관의 하교 조치 고려 • 스포츠 경기 등 참여적 야외 이벤트 중지 • 콘서트와 같은 관람형 야외 이벤트의 취소
위험 (Hazardous) (> 300)	> 250.0 - 500	• 학교 및 교육 기관의 하교 조치 고려 모든 야외 행사 취소 • 공중 보건 활동에 필수적이지 않은 작업장 운영 취소 • PM 농도가 높은 상태로 지속될 가능성이 있을 경우, 위험 인구 집단의 대피

자료: EPA, 2016

<표 3.4> 화재 수준별 건강 영향 및 경고 사항

공기질 상태	건강 영향	경고 사항	그 외 보호적 행동
좋음 (Good)	-	-	-
보통 (Moderate)	• 심장 또는 폐 질환 악화 가능성 존재	# 특이적으로 민감한 사람들은 수행 중인 작업의 지속 또는 과중을 제한하는 것을 고려 • 심장 또는 폐 질환자들은 증상에 주의를 기울여야 함 • 반복되는 기침, 호흡 곤란, 쌕쌕거림, 가슴 통증, 빈맥, 매스꺼움, 피로, 가벼운 두통 포함 심장 또는 폐 질환이 있다면, 의료 서비스 제공자에게 연락을 취해야 함	• 증상이 관찰되면, 상위 단계에 제시된 유해 물질로부터의 노출을 줄이는 행동을 실행
화재 연기 취약 집단 악영향 (Unhealthy for Sensitive Group)	• 호흡기 유해 물질에 민감한 사람들의 호흡질환 및 심장질환 악화 가능성 증가 • 심장혈관 질환자 및 고령자의 조기 사망률 증가 가능성 존재	# 화재 연기 취약 집단: 심장 또는 폐 질환자, 노인, 어린 아이, 임산부는 수행 중인 작업의 지속과 과중을 제한해야 함 • 실외에 머무는 시간 제한 • 신체 활동을 요하는 작업 중지 • 천식 환자는 천식 관리 지침을 따름 • 반복되는 기침, 호흡 곤란, 쌕쌕거림, 가슴 통증, 빈맥, 매스꺼움, 피로, 가벼운 두통 포함 과도한 연기 노출과 관련된 폐 또는 심장 질환이 있으면, 의료 서비스 제공자에게 연락을 취해야 함	• 가능한 한 실내에 머물고, 창문을 닫고, 외부 공기가 유입되는 틈을 차단 • 환풍기(주방, 욕실 등) 사용 중지 • 외부로 통하는 문 닫기 • 환기가 필요하다면, 내부 공기 순환으로 집, 자동차, 환풍기 작동시킴(외부 공기가 내부로 유입되지 않도록) • 주거 환경에 중앙 난방 및 에어컨 시스템 있다면, 고효율 필터 설치 • 고효율 필터가 설치되었다면(MERV 8 이상), 공기 순환 시스템은 에너지 사용과 비용이 증가하겠지만, 유해 물질 제거를 기대할 수 있음 • 이동식 공기청정기 사용

〈표 3.4〉 화재 수준별 건강 영향 및 경고 사항(계속)

공기질 상태	건강 영향	경고 사항	그 외 보호적 행동
신체 악영향 (Unhealthy)	- 호흡기 유해 물질에 민감한 사람들의 호흡 질환 및 심장질환 악화 - 심장혈관 질환자 및 고령자의 조기 사망률 증가 - 일반 인구 집단에서 호흡기 관련 건강 악영향 효과 증가	# 화재 연기 취약 집단: 수행 중인 작업의 지속과 과중을 피해야 함 # 일반인 포함 전체 집단: 수행 중인 작업의 지속과 과중을 제한해야 함 - 실외 활동 제한 - 반복되는 기침, 호흡 곤란, 쉼썩거림, 가슴 통증, 빈맥, 매스꺼움, 피로, 가벼운 두통 포함 과도한 연기 노출과 관련된 폐 또는 심장 질환이 있으면, 의료 서비스 제공자에게 연락을 취해야 함	- 담배 연기, 난방에 쓰인 연료의 연소 물질, 음식 연소물, 향, 진공청소기 분진, 용매, 페인트 등 피해야 함 - 최소 5일 이상의 증상 완화 약물 복용 - 가열이 필요하지 않고 썩지 않는 식품품 공급 # 화재 연기 취약 집단 - 주거 환경 내 공기 청정 구역 사용 # 일반인 포함 전체 집단 - 위의 취약 집단 권고 사항 이행 - 지역 사회 내 '공기 청정' 지역 확인
심한 수준의 신체 악영향 (Very Unhealthy)	- 호흡기 유해 물질에 민감한 사람들의 호흡 질환 및 심장 질환 현저히 악화 - 심장혈관 질환자 및 고령자의 조기 사망률 증가 - 일반 인구 집단에서 호흡기 관련 건강 악영향 효과의 현저한 증가	# 일반인 포함 전체 집단: 수행 중인 작업의 지속과 과중을 피해야 함 - 실내에 머물고, 작업 수행을 피해야 함	# 일반인 포함 전체 집단 - 관련 신체 증상이 있다면, 공기 청정 구역으로 도피하고, 안전을 확보
위험 (Hazardous)	- 호흡기 유해 물질에 민감한 사람들의 호흡 질환 및 심장 질환 심각한 악화 - 심혈관 질환자 및 고령자의 조기 사망률 증가 - 일반 인구 집단의 호흡 기계 건강 악영향의 심각한 위험	# 일반인 포함 전체 집단: 모든 야외 활동 차단	# 일반인 포함 전체 집단 - 관련 신체 증상이 있다면, 공기 청정 구역으로 도피하고, 안전을 확보

자료: EPA, 2016

○ 화재 발생 지점으로부터 거리에 따른 행동 지침 마련

- 화재 발생 지점이 발견되는 거리에서부터 주민들의 건강 상태 및 현재의 상태를 고려한 행동 지침을 마련하고 있음(<표 3.5>)

<표 3.5> 화재 발생 지점으로부터의 거리에 따른 행동 지침

화재 발생 지점이 발견되는 거리	당신의 상태		
	건강한 성인, 청소년	65세 이상 노인, 임산부, 어린 아이	천식, 호흡기 질병, 폐 또는 심장 질환
> 10 miles (16km)	상황 변화를 주시하고 각자의 호흡기 유해 물질 민감성을 감안하여 실외 활동을 조절		
5-10 miles (8-16km)	실외 활동 조절	실외 활동을 최소화 하거나 중단함	
< 5 miles (8km)	실외 활동 중단함	공기 상태가 양호한 구역으로 이동	

자료: EPA, 2016

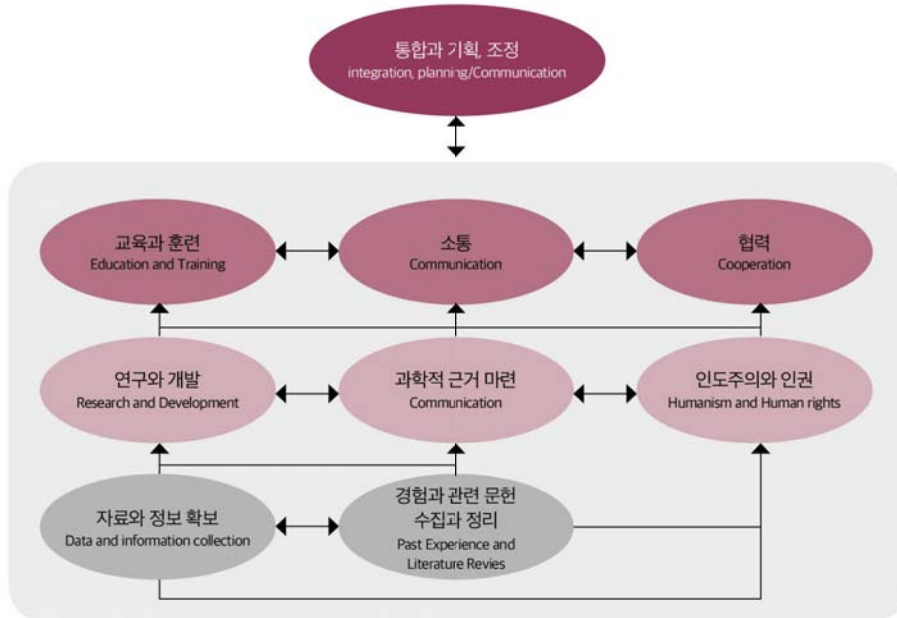
5. 정책 제언

□ 과학적 근거와 경험을 바탕으로 리스크 대비와 대응 체계 마련

○ 리스크 거버넌스 및 대비와 대응 과정의 체계화

- 산불 등 각종 위험과 유해 물질로부터 국민의 안전을 지키고 예방과 대비 및 신속한 대응과 지속적인 치유 관리를 위해서는 이를 관리할 수 있는 통합 거버넌스가 필요함
- 산불 발생 시 산불 진화 및 응급 구조 등 초기 대응도 중요하지만, 예방, 대비, 대응, 지속적 관리까지 체계적인 리스크 관리가 필요함
- 여러 분야의 전문가는 물론 주민의 역할도 중요하므로 원활한 소통과 협력이 필요하며, 이 전체를 아우르는 통합과 조정이 중요함
- 리스크를 관리하는 과정에서 인권 훼손의 위험 요소를 파악하여 인권을 보호하고 인도주의적 측면에서 접근해야 함

<그림 3.6> 리스크 거버넌스 및 대비와 대응 과정의 체계화



○ 과학적 근거 마련

- 과학적 근거와 경험을 바탕으로 대비와 대응 체계 방법을 개발하고, 이를 토대로 교육과 훈련으로 리스크 관리 역량을 강화해야 함
- 과학적 근거 확보를 위한 관련 자료 수집
 - 실시간 자료와 정보의 수집: 산불의 정도, 유해 물질 정보와 건강 정보 등
 - 재난 후 관련 자료의 수집
 - 수집된 자료와 과학적 근거를 통한 판단으로 대응과 회복을 위한 리스크 관리 활동
- 정확하고 신속한 실시간 건강 감시와 역학 조사
 - 발생 규모와 범위 등 상황 파악
 - 관련 원인 및 기전 파악
 - 향후 전개될 상황에 대한 예측

- 재난 상황에서의 연구의 시급성과 지속적인 연구와 개발이 중요
 - 평상시의 연구는 느리더라도 숙고하고 사려깊이 협동을 필요로 하는 연구라고 한다면, 재난 연구는 재난의 시급성을 반영하고 대응 단계의 의사결정을 위한 즉각적인 자료를 토대로 한 판단에 도움이 되어야 함
 - 산불의 경우 다양한 유해 물질에 노출될 수 있으며, 이후 복구 과정에서도 이를 제거하기 위한 과학적 경험의 매우 중요
 - 산불에 노출된 인구 집단에 대한 건강 영향 평가에 대한 체계적인 연구 및 민감 집단에 대한 접근체계 연구 필요
 - 대비와 대응 체계에 대한 과학적 근거 마련: 충분한 자료와 정보를 제공하여 올바른 의사결정을 할 수 있도록 제공

○ 교육과 훈련

- 산불 등 위기 상황에 대비와 대응을 적절하게 수행하기 위해서 여러 분야의 전문가들의 다양한 영역의 이해도를 높이고, 각 분야의 소통과 협력을 통해 대응할 수 있는 역량을 강화

○ 수직적 수평적 협력 체계 마련

- 중앙정부와 광역지자체 및 기초지자체 간의 수직적 관련 기관의 협력 체계 마련
- 소방기관, 산림청, 의료기관, 환경기관 등 수평적 협력 체계 마련

IV



국가 리스크 관리 시스템 동향 분석



IV

국가 리스크 관리 시스템 동향 분석

1. 국제 리스크 관리 시스템 구축 동향

□ 신기술 위험에 대한 리스크 관리 국제 동향

○ 과학기술의 발전과 신기술 위험

- 과학기술 혁신과 더불어 이에 대한 부수적 문제가 항상 상존하고 있음. 최근 미세먼지 문제, 생활 화학 제품에서의 국민 불안 증가, 원자력 발전의 잠재적 위험, 생명 공학 기술로 인한 위해성 등 신기술 발전으로 인한 리스크 관리의 필요성이 증가되고 있음
- 과학기술 발달로 개인이 통제할 수 없는 위험이 미래에 지속적으로 발생할 것이며, 이러한 미래 리스크에 대한 국가적 관리 시스템의 취약성이 문제점으로 부각되고 있음
- 최근 신기술로는 스마트폰 기반 진단 기술, 빅데이터 의료 진단 기술, 나노 소재 기술, 개인 맞춤형 머신 러닝 등 다양한 분야에 데이터 및 IT 기반 기술들이 개발 및 적용되고 있으며, 이들이 갖고 있는 파급력은 기존 기술을 상회한다고 볼 수 있음
- 이들 최근의 신기술들은 그 기술들의 시스템상의 연계성과 개별 기술의 복잡성이 강화되어 그 기술에 대한 위험도 많이 우려가 되고 있으며, 이를 해결하기 위해서는 다양한 분야의 과학기술에 기반을 둔 리스크 거버넌스 구축을 통한 관리가 필수적이라고 할 수 있음

○ 국제 리스크 관리 연구 동향과 관련 기구

- 신기술 위험에 대한 연구는 유럽에서 가장 활발하며, EC는 유럽원자력에너지 협회와 협력하여 신기술 위험 통제 시스템에 관한 Trustnet 프로젝트를 수행

- EC는 제1차 연구 사업에 이어 2001~2003년 기간 중에도 Trustnet II 프로젝트를 추진
- 영국에서는 이공계 연구 기관이 연합하여 설립한 위험 포럼(Hazards Forum)이 선도적인 역할을 수행
- 프랑스는 최근 신기술 위험 평가에 관한 정책 연구를 수행하고 연구 보고서 Harmonization of Inter-sectoral Risk Assessment를 발간
- 독일에서도 연방정부가 National Committee on Risk를 구성하고 신기술 위험 통제 연구와 대책을 수립
- 리스크 관리 관련 업무를 수행하는 국제적인 조직은 호주의 Standards Australia, 영국의 Hazards Forum, 미국의 Center for Risk Excellence(CRE), Risk Assessment Information System(RAIS), ILSI Risk Science Institute(RSI) 등 매우 다양함

□ IRGC(International Risk Governance Council)의 현황

○ IRGC의 창설과 모토

- 사회적 수용성이 중요한 정책 결정 과정과 신기술에 대한 국민의 이해에서 상당히 중요한 과제로 떠올랐고, 이에 대한 신속한 준비가 필요하다는 공감대가 국제적으로 형성되기 시작
- 구체적으로는 과학기술이 사회의 안전과 위험에 미치는 영향에 대해 체계적으로 분석할 수 있는 위험 분석 및 평가 방법을 연구하여 발전시키고, 일반 대중으로부터의 이해를 도모하기 위해 이를 정책 결정에 연계시킬 수 있는 적합한 방법을 찾으며, 중요한 신기술 또는 연구 개발 사업에 대하여 위험 평가를 실시하여 과학기술자 및 정책 결정자, 여론 주도층에게 수용 기준과 권고안을 제시하는 것이 시급하다는 인식이 생기기 시작
- 1999년 스위스에서 개최된 Engelberg Forum에서 이에 대한 필요성이 처음으로 제기되었으며, 이 때 참석한 사람들은 위험 통제를 위한 협력 강화, 재래 기술 및 신기술 위험에 대한 국제적 대응을 위하여 IRGC(International Risk Governance Council)라는 국제 기구를 태동시키기로 합의

- IRGC는 신기술 위험이 불확실 및 불공정의 문제를 피할 수 없다고 판단될 때 과학적인 정보와 적합한 분석 기법을 바탕으로 공공의 가치, 윤리적인 측면 등을 다각도로 검토하여 균형성 있는 인식을 제공하는 것이 중요하며, 기술 위험의 해결을 위한 정책 제안은 효율적 및 효과적이며 이해 당사자 간의 형평이 유지되는 대안들로 구성되어야 함을 주장

○ IRGC의 운영 및 발전 과정

- IRGC의 설립 목적을 구현하기 위해서 구체적인 운영 방안을 구상하기 위한 제 3차 회의가 2000년 11월 20일부터 21일까지 미국 보스턴에서 열렸고, 하버드대학교의 Harvard Center for Risk Analysis 주최로 열린 이 회의에는 제1차 및 제2차 회의에 참가했던 인사를 비롯하여 새로운 인사들이 참여하였으며 관련 국제 기구의 몇몇 전문가들이 참가
- IRGC는 최고 의사 결정 기구로서 3~5명으로 구성된 이사회와 15~20명의 저명한 인사들로 구성된 전문가회의(council)를 가지며, 이사회의 이사와 전문가회의에 참여하는 위원은 1년을 임기로 하는 것을 원칙으로 하며, 이사회는 각국 정부, 국제 기구, NGO 등으로부터 전문가들을 추천 받아 전문가회의의 멤버를 선정하고 전문가회의체를 구성함
- IRGC 의장은 전문가회의에서 추천하고 이사회에서 선임하고, 기본적으로 이사회와 전문가회의의 멤버들 간의 의견을 연계하고 중재하는 임무를 수행하도록 규정하였음. 사무국은 1~3명의 직원으로 구성하는 것을 원칙으로 하되 재정 확보 추이를 보아가면서 직원 수를 조정하여 채용하기로 하였으며, 사무국 직원은 2년 계약직을 원칙으로 하나, 예산이 확보되지 않은 준비 기간에는 전문가회의 멤버의 비서가 임시로 수행하도록 하였음
- IRGC의 원활한 출발을 위하여 1.5~2백만 달러 상당의 기금(seed money)을 모금할 것을 합의하였으며 모금을 위하여 2002년 2월에 스위스 취리히에서 국제 Round Table 행사를 개최하였음

○ IRGC의 발전 전망

- 신기술 위험을 평가하고 통제 방안을 다루는 IRGC의 역할에 해당되는 국제 기구는 현재 존재하지 않는 것으로 나타났으며, 향후 국제적인 위험 관리 또는

리스크 거버넌스 활동을 적극적으로 전개할 경우 빠른 속도로 국제 사회에서 두각을 나타낼 것으로 예상

- 선진국에서는 공공 조직 뿐만 아니라 정부도 강한 안전 의식을 가지고 있으므로 신기술 위험 평가나 통제에 관련된 국제 활동을 이해하고 또 지원할 것으로 예상되나, 얼마나 좋은 아이디어를 가지고 효과적인 사업을 전개하느냐에 따라서 기금 모금의 규모가 결정될 것으로 판단하고 있음. 그러나 개도국에서는 위험에 대한 인식이 낮으므로 상당한 어려움이 있을 것이며, 이들 정부로부터의 출연과 재정 지원을 기대할 수밖에 없을 것으로 예상
- IRGC가 앞으로 국제 사회로부터 인정받고 또 위치를 공고히 하기 위해서는 이런 재정적인 문제를 극복해야 함과 동시에 유능한 과학기술자들의 관심과 참여를 확보해야 하며, 유능하고 저명한 과학기술자들에게 접근할 수 있고 또 이들을 활용할 만한 재정적인 능력을 확보하게 된다면 IRGC는 점진적인 진화를 거쳐 국제 사회에서 21세기의 중요한, 영향력 있는 국제 기구의 하나로 발전해 나갈 것으로 예상

○ 한국의 역할과 대응

- 신기술 위험을 체계적으로 연구하고 대책을 마련하기 위하여 민간 분야에서 다양한 학술 단체가 구성되었으며, 다양한 분야의 과학기술자로 구성되어 있으나 사회과학자를 초빙하고 정기적으로 세미나를 개최함으로써 리스크 관리에 대한 연구와 토론을 통해 관련 지식을 축적해 나가고 있음
- 우리나라에서 이런 활동이 민간 차원에서 조금이나마 전개되고 있다는 사실은 고무적인 일이나 정부 차원에서의 활동과 대책도 필요함. 민간 차원에서의 연구 활동이나 국제 기구 활동 참여는 재정적인 측면에서 분만 아니라 리스크 관리를 위한 구체적인 정책 추진에 있어서도 한계를 지닐 수밖에 없으며, 과학기술 위험은 궁극적으로 민간 부문과 공공 부문이 공동으로 나서서 통제해야 할 일이나, 초기에는 공공 부문의 역할과 책임이 더 중요하다는 것이 일반적인 인식임
- 정부는 관련 전문가들이 전문 지식을 축적해 나갈 수 있도록 종합적 리스크 관리 정책을 추진하고 관련 연구를 지원해야 함. 그리고 IRGC의 주요 행사에 정부

부처의 관련 공무원이 직접 참여하여 학습하는 등 정부 차원의 리더십 발휘도 필요함. 이렇게 함으로서 한국이 수출만을 강조하고 소비자나 시민 대중의 안전과 위험 통제에는 관심이 없는 나라라는 이미지를 갖지 않도록 노력해야 함

2. 국가에 의한 리스크 관리와 주요 선진국의 리스크 관리 시스템

□ 국가 리스크 관리 시스템과 리스크 거버넌스

○ 국가의 리스크 관리 역할과 국제적 패러다임의 변화

- 국가의 가장 기본적인 존재의 이유는 국민의 보호임. 국가관의 주류는 국가를 공공 복지를 실현시키는 사회 전체의 봉사자로 보는 견해
- 영국은 재난 안전 관리와 관련한 정부의 역할을 규제자(regulatory), 지킴이(stewardship role), 관리자(management)와 같은 체계로 구분
- 이와 같이 공공의 안전과 리스크 저감을 위해서 국가의 개입과 관여가 필수적이며, 특히 공공재적 성격을 같은 환경, 에너지, 재난, 안보와 같은 분야에서 국가의 역할과 중요성은 매우 큼
- 리스크 거버넌스는 국가뿐만 아니라 시민들의 참여와 비정부 조직들의 협조, 그리고 정부의 역할 등 다양한 이해 관계자들의 종합적 대응을 위해 만들어진 개념으로 보아야 함
- Renn(2008)은 리스크와 리스크 관련 의사 결정에 거버넌스의 개념을 적용시켜, 정부는 유일한 리스크 관리 행위자가 아니며, 일반 국민과 다양한 이해 관계자들이 모두 포함된 집합체로서 의사 결정과 정책 결정을 추진해야 한다고 언급
- 과학적 전문성에 근거하여 정부가 의사 결정을 내리는 체제에서 다양한 관계자들의 참여를 통한 의사 결정으로의 변화(거버넌스 체계로의 변화)는 신기술 발전 및 국민 인식 확대 등으로 인해 미래에 반드시 고려되어야 할 시스템적 변화로 인식이 필요

□ 주요 국가의 리스크 관리 시스템

○ 영국의 국가 리스크 관리 시스템

- 영국은 세계에서 가장 먼저 산업혁명을 경험했던 나라로서, 급속한 산업화로 인한 수많은 산업 재해 및 인위 재단에 대응하기 위하여 세계에서 가장 빨리 국가 재난 안전 관리 관련법과 제도를 구축했다고 볼 수 있음
- Moore(2006)은 20세기 영국의 국가 리스크 관리 발전 단계를 아래와 같은 3단계로 구분

<표 4.1> 영국 국가 리스크 관리 시스템의 변화 과정

과정	내용
1단계 (CIMA 법 제정 전 단계)	영국의 CIMA 1984 규정(Control of Industrial Major Accident Hazards Regulations 1984(SI 1984 No 1902))의 제정 전 시기 의미 재난 발생을 대비하여 거시적 계획과 이에 따른 세부적, 순차적 실행 계획을 수립하는 형태로 관리 진행함
2단계 (자유화의 시기 1980년대)	산업 부문의 탈 중앙집중화와 민영화 바람을 타고, 영국 내 많은 기업 및 기타 조직들이 '절차(Procedure)', '사업연속성계획(Business Continuity Planning)' 등에 관심을 갖기 시작함 재난 안전 관리에 있어 지방의 역할이 부각되기 시작함
3단계 (포괄적 단계)	유럽 내 다양한 기관들에게 주요 위험(serious and imminent dangers)에 대하여 명시적이면서도 엄격한 형태의 대비 계획의 수립을 요구하게 됨 유럽위원회의 조치에 영향을 받은 영국은 자국 내 규정의 강화를 시도함

자료: Moore, T., & Lakha, R., Tolley's Handbook of Disaster and Emergency Management, 2006

- 영국에서 리스크 관리 시스템과 관련된 주요 법의 변천 과정을 살펴보면 국민 방위의 패러다임에서 국민 보호의 패러다임으로의 중심의 이동을 확인할 수 있음

<표 4.2> 영국의 재난 안전 관련 주요 법규의 제정 현황

연도	법규 제정	주요 내용
1920	「비상조치 권한법」 (Emergency Powers Act)	비상사태(emergency)의 개념 최초로 등장
1948	「민방위법」 (Civil Defence Act)	비상사태의 개념을 외부의 적대적인 공격으로 정의
1974	「산업안전보건법」 (Health and Safety at Work Act)	작업장 내 개인 안전과 복지, 위험 물질 관리, 오염 물질 배출 등에 대하여 규정
1986	「평화시민방위법」 (The Civil Protection in Peacetime Act)	비상사태를 자연 재해를 포괄한 시민의 긴급사태로부터 기인하고 있는 위기로 확대
1995	「환경법」 (The Environment Act)	환경 규제를 통한 재난을 간접적으로 저감하고 예방
1999	「주요 재해 관리 규정」 (Control of Major Accident Hazards Regulations)	재난 발생 시 종합 비상 체제 관리, 응급 환자 관리, 지방정부의 역할 등을 명시
2000	「테러법」 (Terrorism Act)	테러 및 테러 조직 관련 활동 금지, 테러 활동 조사를 위한 경찰력의 강화
2001	「반테러법」 (Anti-Terrorism, Crime and Security Act)	2000년 제정된 테러법 더욱 강화, 테러 자금 근절, 출입국 수속 강화 등 포함
2004	「민간긴급사태대처법」 (Civil Contingencies Act)	21세기 영국의 국민 보호를 위한 통합된 프레임워크 제시

자료: Moore, T., & Lakha, R., Tolley's Handbook of Disaster and Emergency Management, 2006

○ 미국의 국가 리스크 관리 시스템

- 미국의 국가 리스크 관리 시스템은 국가 성립 초기의 지방정부, 주정부, 적십자 등을 활용한 협력적 거버넌스를 지향하다가, 재난 대형화 및 테러 증가 등의 원인 때문에 연방을 중심으로 한 명령과 통제의 시스템이 강화되고 있다는 점이 핵심이라고 할 수 있음
- 연방정부의 역할은 주정부 및 지방정부가 침략당하거나 시민들이 필요한 서비스를 제공할 수 없는 경우, 직접적인 개입보다는 간접적으로 지원하는 것을 원칙으로 함
- 그러나 최근 연방 기관과 관련한 프로그램에 대한 기대치가 예전에 비해 높아짐에 따라, 이와 같은 원칙은 점차 연방의 정기적, 직접적 개입이란 형태로 의미가 변화됨

<표 4.3> 미국 국가 재난 안전 관리 시스템의 변화 과정

과정	내용
연방의 소극적 개입 시기 (1800~1949)	- 자연 재해나 안전 재난에 대한 국가적인 정책이 없는 시기 - 재난의 극복에 필요한 예산도 주로 자선 단체나 지방정부, 주정부의 자금으로 이루어짐
연방의 개입 증가-냉전 시기 (1950~1970)	국가의 초점은 자연에 의해 발생하는 재난이 아닌, 핵 전쟁과 방사선의 악영향에 대한 잠재 위험에 집중되어 있었음
연방의 적극적 개입의 시작 -FEMA의 탄생 (1970~1980)	- 주로 토목과 방위 관련 부서를 비롯한 100개 이상의 연방 기관들에 위험과 재난에 대한 책임이 나누어져 있었음 - FEMA는 분산된 재난 및 안전 관리의 책임을 단일한 하나의 조직으로 통합함
연방정부 원조의 필요 급증 -FEMA의 한계 (1980~1999)	- 보험이나 대출, 구호와 같은 다른 방법으로 해결할 수 없는 재난의 희생자들의 필수 생활비 및 긴급한 수요를 채울 수 있도록 지원 - 공공 지원 프로그램은 재난을 당하고 난 후에 훼손된 시설을 복구하는데 있어 지역 공동체를 지원
명령과 통제 시스템의 강화와 재난 대응의 실패 (2000년 이후)	- 주와 지방의 위기 관리 기관은 안보와 테러리즘에 대한 대응 능력을 강화하기 위한 예산을 지원받음 - 특정한 경우에 국가 재난 예방 프로그램을 위한 지출에 지원을 받게 됨

자료: FEMA, National Disaster Recovery Frame Work - Strengthening Disaster Recovery for Nation, 2011

- 미국에서 국가 리스크 관리와 관련된 주요 법의 변천 과정을 살펴보면 가장 큰 특징은 연방의 지원 기능 및 통제 권한이 점차 강화되어 왔다는 것임
- 또한 9/11 테러 이후 연방의 국가 위기 관리의 중심이 대테러 작전으로 옮겨갔고, 이후 카트리나를 경험하면서, 자연 재난에 대한 대비를 다시금 강화하고자 하는 법 개정을 추진하였음

<표 4.4> 미국의 재난 안전 관련 주요 법규의 제정 현황

연도	법규 제정	주요 내용
1934	「치수법령」 (Flood Control Act)	미국 공병부대에 치수 조절 계획을 수립 권한 부여
1950	「연방재난방지법」 (Federal Disaster Act)	정규적인 재해 기금을 마련, 연방정부의 지원의 근거 마련
1968	「국가홍수보험법」 (National Flood Insurance Act)	시장의 기능을 활용한 국가홍수보험(NFIP) 제도의 도입
1970	「재난구호법」 (Disaster Relief Act)	공공 기관뿐만 아니라 민간의 손실에 대한 지원을 제도화

<표 4.4> 미국의 재난 안전 관련 주요 법규의 제정 현황(계속)

연도	법규 제정	주요 내용
1988	「재난구호 및 비상지원법」 (Robert T. Stafford Disaster Relief and Emergency Assistance Act)	주와 지방정부, 그리고 지역 주민들이 재난을 당하여 그들의 역량만 가지고는 대응할 수 없을 때 이를 지원 하기 위한 법
2000	「재난경감법」 (Disaster Mitigation Act)	재난 예방과 재난 경감 기금에 대한 계획을 수립, 주정부와 지방정부의 책임 부분을 강화
2001	「테러대책법」 (Anti-Terrorism Legislation)	테러 및 범죄 수사에 관한 수사권의 강화, 인권 침해 소지
2002	「국토안보법」 (The Homeland Security Act)	국토안보부 설립 근거 제공
2006	「포스트 카트리나 재난개혁법」 (The Post-Katrina Emergency Reform Act)	허리케인 카트리나 이후 FEMA에 확대된 임무와 책임을 국토안보부로부터 부여

자료: FEMA, National Disaster Recovery Frame Work - Strengthening Disaster Recovery for Nation, 2011

○ 미국 국가 재난 안전 관리 관련 계획 및 조직

- 주요 계획

- 국가대응체계(National Response Framework, NRF)
 - 어떻게 지역, 지방정부, 주정부, 연방정부, 심지어 비정부 부문과 민간 부문들
이들이 협력적으로 효과적인 대응을 할 수 있는지를 기술하고 있음
- 국가사고관리체계(National Incident Management System, NIMS)
 - 국가사고관리체계는 공공 기관들이 재난 등 비상사태에 대응하여 어떻게
대응할지에 관한 국가적 표준의 역할을 함. 이는 비상사태에 대한 이해와
대응을 위한 전반적인 체계로서, 국토안보부는 국가사고관리체계를 ‘모든
단계에서 효과적이고, 능률적이며, 협력적인 재난 대응을 위한 공식 원칙
(doctrine and principles), 용어(terminology), 조직 프로세스(organizational
processes)의 중심(core set)’이라고 정의하고 있음
- 연방대응계획(Federal Response Plan, FRP)
 - 위기상황이 발생하여 연방정부에 주지사의 지원 요청이 접수되면, 대통령은
FEMA의 자문을 얻어 주와 지방정부에 필요한 자원을 제공함. 이를 위해
수립된 위기 관리 계획을 연방대응계획이라고 함

- 국가대응계획(National Response Plan, NRP)
 - 국가대응계획의 근거는 국가 사고 관리 체계이며, 여러 관계 기관의 법령과 정책, 협업 체계 및 체계 등을 포괄하여, 국가 위기 상황에 대응하기 위한 국토 안보 관계 기관들의 책임과 의무, 활동 개요, 비상 시 행동, 계획 수립 등의 요건들을 포괄하고 있음
- 국가중요사태(Incident of National Significance, INS)
 - 국가중요사태는 국가의 주요 위기 상황을 지정하는 지침임. 국가대응계획에서는 국가중요사태를 ‘인명을 구조하고, 피해를 최소화하며, 예방 활동과 장기적인 지역 공동체의 복원을 위해, 연방, 주, 지방, 원주민 사회, 민간, 시민 단체 등의 협력적 대응이 요구되는 중요한 재난 상황’ (Monyhan, 2007)으로 정의하고 있음. 미국에서 대통령에 의해 선포되는 재난 및 비상사태는 모두 국가중요 사태라고 볼 수 있음
- 주요 조직
 - 국토안보부(Department of Homeland Security, DHS)
 - 9·11테러 이후 미국은 테러를 방지하고 자연 재해와 인적 재해 등을 통합적으로 관리하기 위한 목적으로 국토안보부(Department of Homeland Security, DHS)를 설립. 국토안보부는 기존의 자문 기구 성격인 ‘국토안보국’을 모태로 ‘국가국토 안보전략(National Strategy for homeland Security)’과 2002년 ‘국토안보법 (Homeland Security Act of 2002)’을 근거로 설립 되었으며 22개의 연방기관을 포함
 - 연방재난관리청(Federal Emergency Management Agency, FEMA)
 - 연방재난관리청(FEMA)은 1961년 설립된 민방위청을 모태로 하여 다섯 개의 연방정부 기관이 통합되어 1979년 신설되었음. 연방재난관리청은 1988년 스탠포드 재난구제 및 긴급구제법(Stanford Disaster Relief and Emergency Assistance Act)에 의하여 주요한 재난으로 어려움을 겪고 있는 지역에 대한 지원 및 정부의 복구 시도들을 조정하고 재난에 의한 손실, 고통 그리고 손해를 최소화하기 위한 재원의 분배를 담당

3. 한국에서의 국가 리스크 관리 시스템과 향후 방향

□ 단계적 발전 전략이 필요

- 우리나라는 위험에 대한 시민의 인식과 의식이 매우 낮고, 사회적 신뢰 수준도 서구 사회에 비해 낮은 특성을 보이거나, 정부나 기업 모두 연구 개발을 왕성하게 추진하고 있음
- 신기술을 이용하여 창업하는 벤처 기업이 빠르게 증가하고 있으며, 시민은 신기술을 큰 거부감 없이 빠르게 수용
- 신기술에 대한 시민의 수용성은 과학기술의 혁신과 발전 측면에서는 긍정적으로 작용하지만 신기술이 파생하는 잠재적인 위험에 적절하게 대응하는 데에는 부정적으로 작용, 이런 상황에서 위험에 대한 인식 수준을 높이고 위험을 효과적으로 통제하기 위해서는 단계적인 발전 전략이 마련되고 추진될 필요
 - 제1단계: 정부가 공공의 이익을 대변하여 각종 위험에 대비하는 정책을 추진해 가면서 시민을 리드
 - 제2단계: 위험에 대한 시민 인식이 강화되고 관련 전문 인력이 양성된 후에는 이해 당사자의 참여를 유도하여 사회적 신뢰를 제고
 - 제3단계: 사회적 신뢰가 높아지고 이해 당사자들이 성숙되는 사회 발전 단계에 이르면 선진국과 같이 상호 신뢰 패러다임에 입각한 리스크 관리가 필요함

□ 통합적 규제 기관 육성과 정책 추진

- 중기적으로 분야별로 위험을 통제하는 것만으로는 한계를 가지기 때문에 통합적 리스크 관리 정책을 추진함과 동시에 통합적 규제 기관을 육성
- 통합적 리스크 관리 정책을 추진하기 위해서는 정부 부처 내에 전 분야를 총괄할 수 있는 부서의 설치가 필요
- 동시에 시너지 효과와 리스크 관리에 필요한 자원의 절약을 위하여 통합적 규제 기관을 장려

- 공정하고 정확한 정보를 생산하고 공개하기 위해서는 다분야를 횡단하여 비교하는 통합적 연구, 검증, 집행이 필요

□ 중장기적 대책

- 다분야를 통합하여 위험 통제를 추구할 수 있는 통합 리스크 관리 거버넌스 기구를 설립
- 현대 사회의 위험과 관련된 다양한 문제는 어느 한 분야의 노력만으로 해결되는 것이 아니라 여러 분야의 연계, 협력 그리고 학제적인 연구에 따라 검토되어야 해결이 가능
- 또한 다양한 시민 포럼을 구성하여 시민 스스로 참여하는 행사를 기획하여 리스크 관리 정책의 시민 참여형으로 추진하며, 국제화를 위하여 국제회의체에 적극적으로 참여하여 국제 동향을 신속정확하게 파악하고 이를 정책에 반영할 필요가 있음

V



중앙정부의 리스크 관리 현황과 정책 과제: 기재부를 중심으로



V

중앙정부의 리스크 관리 현황과 정책 과제 : 기재부를 중심으로

1. 개요

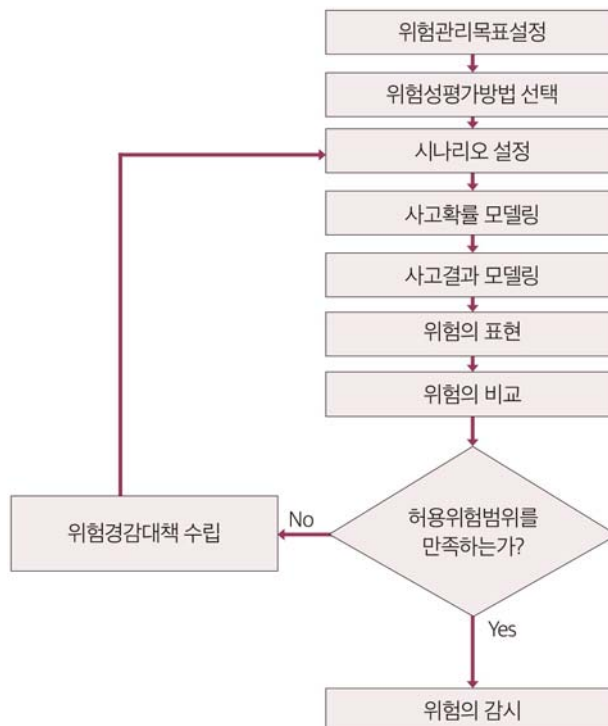
- 우리나라는 짧은 시간 내에 경제 발전을 이룩해냈고, 정치·사회적 변화도 매우 급격하게 이루어졌음
 - 그 결과 우리는 세계인들이 주목할 만한 경제적 성장을 이룩하였으나, 많은 대가를 치러오고 있음
- 항상 안전보다는 진흥이 우선시 되어 온 결과 수많은 사고가 발생하여 많은 사람들이 희생되었고, 이러한 현상은 현재에도 계속되고 있음
- 현대 과학기술은 인류에게 복지에 많은 기여를 해왔지만 동시에 문제를 야기 해왔음
 - 특히 사전에 위험이 인지되지 않은 새로운 제품이나 대형화된 생산 시설은 생산자와 아무런 관계도 가지고 있지 않은 시민 대중을 위협함
 - 사회학자들은 이런 현대 사회의 특성을 위험 사회로 표현하고 있음
- 민주화와 의사 소통 방법의 발전으로 말미암아 사회는 복잡한 네트워크 사회로 바뀌어서 정보가 생산되자마자 순식간에 공유되고 있음
 - 정부와 산업체가 안전의 허용 범위를 더 이상 밀실에서 협의할 수 없게 됨
- 이러한 환경의 변화에 대처할 수 있는 시스템이 리스크 거버넌스임. 이 장에서는 국가 리스크 거버넌스와 관련한 중앙정부의 역할을 제시하고자 함

2. 합리적인 리스크 관리와 거버넌스의 필요성

□ 합리적인 리스크 관리

- 리스크란 결과에 대한 불확실성으로 표현될 수 있으며, 이는 다시 원하지 않는 결과에 대한 발생 가능성과 피해의 크기를 곱한 값으로 표현됨
- 리스크는 단위 시간당 인명의 손실, 재화의 손실, 서비스의 중단, 환경 피해 등으로 표현될 수 있으며, 위험 관리 절차는 <그림 5.1>과 같은 절차로 설명될 수 있음

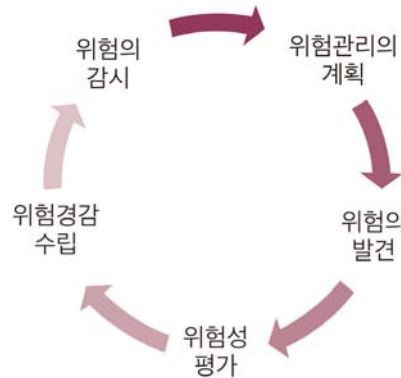
<그림 5.1> 위험성 평가에 의한 리스크 관리 절차



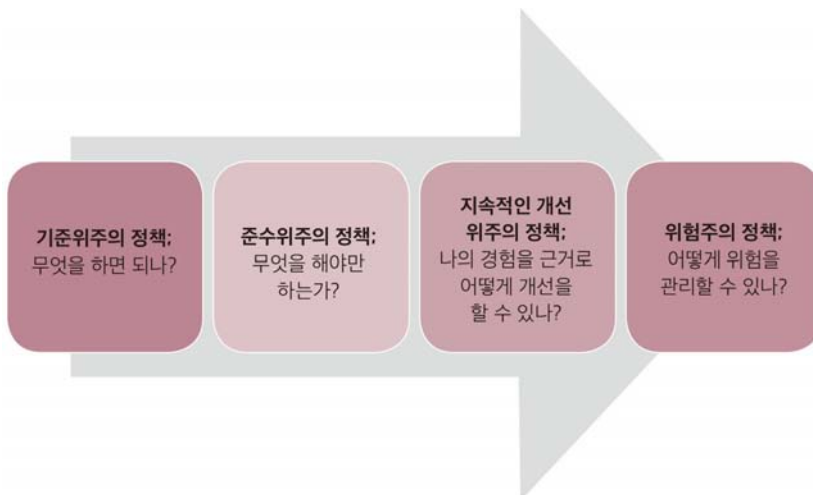
자료: Center for Chemical Process Safety, Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2000

- 리스크 관리 절차는 1회성으로 끝나지 않고 순환 주기를 이루면서 반복되어 지속적인 위험 감소를 가능하게 함
- 이 때문에 위험 관리가 표준과 절차를 준용하는 규범적 관리에서 위험성 평가를 통하여 지속적인 리스크 저감을 향해 나아가는 위험 기반 관리로 바뀌고 있음
 - 이 과정을 그림으로 표현하면 <그림 5.2>와 <그림 5.3>과 같음

<그림 5.2> 위험성 평가와 위험 관리

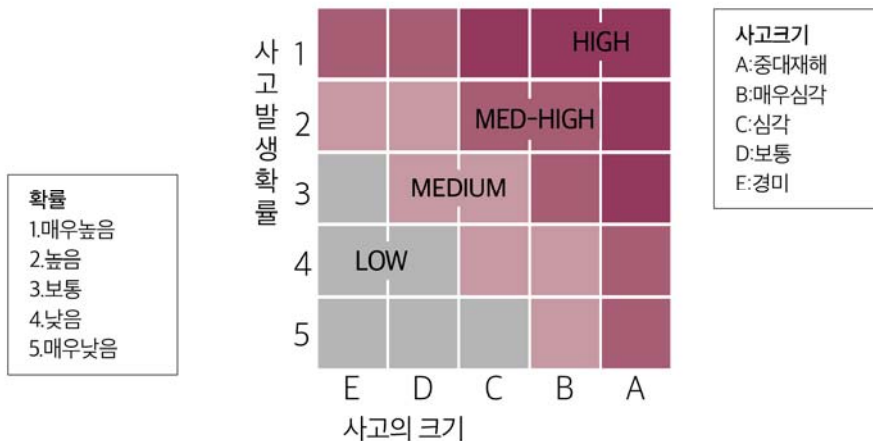


<그림 5.3> 리스크 관리 방법의 진화



<그림 5.4> 리스크 매트릭스 구성 방법

리스크매트릭스



○ 리스크의 평가는 정성적인 방법과 정량적인 방법으로 분류함

- 정량적 위험성 평가의 수행에 앞서서 정성적 위험성 평가를 통한 사전 선택 작업이 필요함
- 사전 평가 단계에서 효과적으로 사용될 수 있는 방법은 리스크 매트릭스(risk matrix)방법임(<그림 5.4>)

○ 사전 위험성 평가를 통해 위험 그룹으로 선택된 위험은 정량 위험성 평가로 넘어감

- 정량 위험성 평가를 통하여 한 단계 정확도가 향상된 중요 위험은 위험도를 낮추기 위한 위험의 감소 분석 작업에 들어가게 됨

○ 허용 위험의 범위는 개인적 위험과 사회적 위험으로 나누어서 결정하게 되는데, 모두 제시된 허용 위험 범위에 대한 사회적 합의를 필요로 함

- 원자력 발전소과 석유 화학 공장의 허용 위험 범위는 개인적 위험의 경우 1×10^{-6} /년(연간 인구 백만 명 중 한 명이 사망하는 위험)로 설정하는 것이 현재 각국의 통례임
- 새로운 공정에 대한 허용 위험 범위의 예는 <표 5.1>과 <표 5.2>에서 설명하고 있음

<표 5.1> 노출되는 목적물의 종류에 따른 공정의 허용 위험 범위

노출 장소	허용 위험 범위(1x10 ⁻⁶ /년)
민감한 장소(병원, 학교, 유아원, 요양원 등)	0.5
거주 장소	1
상업 지구	5
스포츠 장소	10
산업 지구	50

자료: Arriscar, Land Use Safety Study, 2018

<표 5.2> 개인 위험의 비교

사망원인	위험도
질병	심장병
	암
	뇌출혈
	폐렴
	당뇨병
사고사	자동차 사고
	추락 사고
	익사 사고
	화재 사고
자연재해	지진, 홍수, 태풍
	폭염
	동사
	낙뢰 사고

자료: Vincent T. Covello *et al*, Risk Communication, Risk Statistics, and Risk Comparison, 1988

○ 위험성 평가에 의한 위험 관리가 대부분의 선진국에서는 보편화되어 있음

- 기업에서도 위험성 평가 기반 위험 관리가 가장 합리적인 위험 관리 방안으로 받아들여지고 있음
- 위험의 종류에 따른 위험 관리 방법은 <표 5.3>과 같음

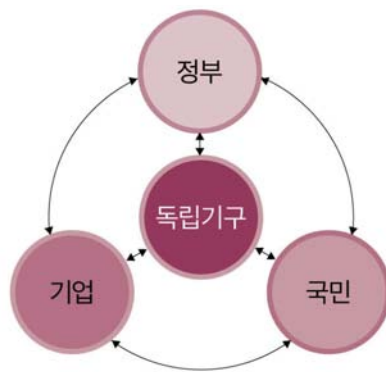
<표 5.3> 리스크의 종류에 따른 리스크 관리 방법

위험의 종류	위험의 예	위험 관리 방법
단순 위험	교통 사고, 건물 화재	법, 기준
복잡 위험	원자력 발전소, 석유 화학 공장	정량적 위험성 평가
불확실한 위험	기후 변화	위험 예측에 관한 연구
모호한 위험	나노 물질 위험, 유전자 변형 식품 위험	위험 실제 파악을 위한 연구

□ 리스크 거버넌스

- 민주화와 정보의 공개념화에 따른 정치·사회적 변화는 더 이상 위험 관리를 정부와 기업에 맡겨둘 수 없게 되는 실정임
- <그림 5.5>는 리스크 거버넌스를 위한 리스크 관리 시스템을 설명함

<그림 5.5> 리스크 거버넌스의 개념도



- 정부는 권위를
- 기업은 자본주의를
- 국민은 민주주의를 추구
- 독립기구는 정부, 기업, 국민의 영향을 받지 않아야 한다.
- 독립기구는 위험에 대해 자유스럽게 대화할 수 있는 토론장을 제공하여야 한다.
- 독립기구는 정부, 기업, 국민이 서로 신뢰할 수 있는 신뢰그물망을 형성하여야 한다.

- 리스크 관리 임무를 부여받은 독립 기구는 외부의 영향을 받지 않아야 함
- 독립 기구는 신뢰 그물망을 형성하고 관심 분야에 대한 위험성 평가를 수행하여 우선순위에 입각한 자원 투입을 시도해야 함
- 독립 기구는 플랫폼을 통하여 위험성 평가 결과를 공지하고, 토론을 통해서 사회적 합의를 구축하는 중심적 역할을 수행하여야 함

3. 리스크 거버넌스 구축을 위한 정책 과제

□ 신규 공공 사업의 리스크 관리

- 정부의 위험 관리를 통합적으로 수행할 수 있는 부처로써는 예산을 관리하는 기획재정부(기재부)가 적합하다 할 수 있음. 미국, 영국 및 대다수의 국가에서는 재정 관련 부처가 국가 위험 관리 업무를 수행하고 있음

- 기재부는 새로운 정책이나 사회적 안전망을 구축하는 데에 필요한 예산을 승인하는 과정에서 효과적으로 리스크 거버넌스를 수행할 수 있음
- 현재 우리나라에서는 국가재정법 제38조 및 동법 시행령 제13조의 규정에 따라 대규모 신규 사업에 대한 예산 편성 및 기금 운용 계획을 수립하기 위하여 기획재정부장관 주관으로 한국개발연구원(KDI) 공공투자관리센터(PIMAC)에서 예비타당성 조사를 실시하고 있음에 주목할 필요가 있음
- 예비 타당성 조사의 평가 항목은 다음과 같음
 - 경제성 분석
 - 수요 및 편익 추정
 - 비용 추정
 - 경제성 및 재무성 평가
 - 정책성 분석
 - 지역 균형 발전
 - 사업 추진 위험 요인
 - 정책의 일관성 및 사업 준비 정도
 - 사업별 특수 평가 항목
 - 상위 계획과의 연관성
- 포퓰리즘을 방지하고 실효성이나 사업성이 없는 정책들을 가려내기 위해 도입되었으나 무차별식 면제 요구가 많아 예비 타당성 조사의 의의가 흐려지고 있는 실정임
- 예비 타당성 평가는 대규모 신규 사업에 대해 경제성과 정책성을 분석하고 있지만 사업의 사회적 위험에 대해서는 평가 항목이 없음
- 영국의 경우 ‘HM Treasury(재무성)’에서 2004년 Orange Book이라고 하는 위험 관리 지침서를 발간하여 정부 부처에 배포하였음
 - Orange Book은 위험 관리의 원칙과 개념을 영국 정부에 정착시키는 데에 견인 역할을 수행

- 기재부는 국가 위험 관리 개념을 확립하고 신규 사업 분야에 대한 예비 타당성 조사 시 경제성과 정책성뿐만 아니라 위험성을 추가하여 검토하도록 하여 국가 위험관리 정책의 기초를 확립하여야 함
 - 각 정부 부처도 생산 시설, 사회 간접 시설 및 기타 공공성을 가진 건축 구조물 등에 대한 인허가를 발급할 때 대상 시설에 대한 위험성 평가를 요구해서 이들 시설에 대한 위험을 검토하여야 함

□ 정부 사업 중 위험 관리가 필요한 분야

- 중앙정부는 부처 간 협의를 거쳐 대상 사업별로 위험성 평가 방법에 관한 지침서 및 위험의 허용 범위를 설정해야 할 것임. 재난 안전 행정 업무를 담당하는 행정안전부가 주도하여 노동부, 산업부, 환경부 등 관련 부처와 협업을 통해 리스크 관리가 필요한 분야를 설정해야 할 것임
- 중앙정부 부처별 위험 관리 대상 분야를 정리하면 다음과 같음
 - 행정안전부: 화재, 테러 및 자연 재해
 - 환경부: 환경 위험
 - 국토교통부: 위험 시설의 허가
 - 농림축산식품부: 산불 위험 및 식품 위험
 - 과학기술정보통신부: 신기술 위험
 - 보건복지부: 보건 위험
 - 고용노동부: 산업현장 위험
 - 교육부: 학교 시설 안전
 - 해양수산부: 해양 및 수산 시설 등

4. 원칙 및 개념을 통해 본 리스크 관리 방법

다음은 영국 재무성에서 발간한 Orange Book에서 발췌한 정부의 리스크 관리 개념과 절차를 소개함

□ 리스크 관리 모델

- 리스크 관리 선형적인 과정이 아니라, 서로 상호 작용하고 균형을 이루어야 하는 요소들의 균형을 맞추는 것임
 - 한 가지 위험의 관리는 다른 위험에 영향을 미칠 수 있으므로 하나의 위험이 다른 위험과 격리해서 다루어질 수 없음
- 리스크 관리 모델은 위험에 대한 허용 범위가 확립된 환경에서 기능을 발휘해야 함
- 이 모델은 핵심 위험 관리 프로세스를 분리하지 않고 어떻게 수행하는지 보여줌. 또한 위험 관리에서 원하는 결과물을 얻기 위하여 어떻게 특정 입력물이 전체 프로세스에 주어져야 하는지를 보여주고 있음

□ 리스크의 발견

- 리스크를 관리하기 위해서는 당면한 위험을 알고 평가해야 할 필요가 있음. 평가하기 위해서는 위험을 발견하는 것이 먼저 할 일임
- 리스크의 발견은 초기 위험의 발견과 지속적인 위험의 발견으로 나뉨
- 어떠한 경우에도 리스크는 목표와 관련되어야 함
- 리스크를 발견하는 방법으로 가장 널리 사용되는 방법은 다음과 같음
 - 위탁된 팀에 의해서 위험을 발견함
 - 스스로 위험을 발견함

□ 리스크의 평가

- 리스크를 평가하는 데에 있어서 다음의 원칙을 지켜야 함
 - 각각의 위험에 대해서 사고가 일어날 확률과 사고의 크기를 고려하여 평가 과정을 명확하게 구조화
 - 위험을 감시하고 우선순위를 결정하는 기록 행위
 - 원천적인 위험과 위험 경감 후의 위험의 차이를 파악
- 리스크의 종류에 따라 객관적인 평가가 가능할 수도 있고 주관적인 평가만 가능할 수 있음. 따라서 위험의 평가를 위한 프레임워크를 개발하여야 함
 - 평가 과정에서는 독립적인 증거를 많이 도출하여야 함
 - 리스크에 의해 영향을 받는 이해 당사자의 관점을 고려하여야 함
 - 객관적인 리스크 평가와 리스크 수용 가능성 판단을 서로 혼돈하지 말아야 함
- 위험성 평가의 방법은 크게 정성적 위험성 평가와 정량적 위험성 평가 그리고 준정량적 위험성 평가로 구분할 수 있음
 - 정량적 위험성 평가 결과는 개인 위험, 사회적 위험, 리스크 프로파일 등으로 표현됨
 - 준정량적 위험은 <그림 5.4>의 리스크 매트릭스 방법과 리스크 지수로써 표현됨
- 리스크 평가 결과는 허용 위험의 크기와 비교함
 - 평가된 위험의 절대 값이 중요한 것이 아니고 평가된 위험이 허용할 수 있는 위험의 범위에서 얼마나 떨어져 있는가를 인식하는 것이 중요함
 - 어떤 조직의 위험에 대한 허용 범위는 직원들의 위험의 인식에 따라 다르게 나타날 수 있음
- 리스크를 경감하기 위한 조치를 취한 후에는 잔류 위험에 대한 재평가를 수행하여야 함
- 리스크 평가가 완료되면 조직의 위험순위가 드러나게 되는데, 허용할 수 없는 위험은 당연히 위험 우선순위가 높고 많은 주의를 기울여야 함

□ 리스크를 대하는 태도

- 어느 조직의 위험을 대하는 태도는 그 조직의 효과적인 위험 관리를 달성하기 위해 매우 핵심적인 사항임. 태도는 위험을 위협으로 보는 방향과 기회로 보는 방향으로 나누어짐
 - 위험을 위협으로 보는 경우, 위험은 허용 가능한 범위 내에서 수용. 이 경우 위험을 허용 가능한 수준으로 묶어 두는 데에 소요되는 비용과 위험에 노출되어 입게 되는 손실을 비교하게 됨
 - 위험을 기회로 보는 경우, 이익을 위해 얼마나 적극적으로 위험을 무릅쓸 준비가 되어 있는지를 고려함. 잠재적 이익의 가치와 발생 가능한 손실을 비교함
- 테러와 같은 위험은 조직 내에서 허용할 수준으로 관리하는 것이 불가능함. 이 경우 비상 계획을 수립하여야 함
 - 어느 경우든 위험을 대하는 태도는 조직이 취할 수 있는 위험 한계, 위협과 통제 비용, 또는 기회와 이를 이용하려는 비용에 대한 명확한 지침을 제공하여야 함

□ 리스크의 제어

- 리스크를 해결하는 목적은 위협을 제한하고 기회로부터 이익을 취함으로써 위험을 조직의 이익으로 바꾸는 것임
- 리스크를 해결하기 위한 조직의 조치는 내부 통제라고 함. 위험을 해결하는 방법은 다음과 같음
 - 감수: 아무런 조치도 취하지 않고 위험을 받아들임
 - 처리: 위험을 허용 가능한 범위로 저감함
 - 이전: 보험 회사에 위험을 전가함
 - 제거: 위험의 근원을 없애므로써 위험을 근원적으로 제거함
 - 기회: 위험을 무릅쓰고 기회를 잡음

○ 리스크의 저감 방법

- 사전 예방적 제어
- 수정 제어
- 선택적 제어: 예로는 위험한 임무를 수행하는 동안 보호복을 착용하는 것이 있음
- 식별 제어: 바람직하지 않은 결과를 식별하며 사고로부터의 교훈을 향후 프로젝트에 적용함
- 위험의 저감은 위험이 큰 것부터 우선적으로 적용함
- 일반적으로 리스크 제어의 목적은 제거가 아니고 억제임

□ 위험의 검토와 보고

○ 다음과 같은 이유로 위험은 검토되고 보고되어야 함

- 리스크의 변경 여부를 감시하기 위하여
- 리스크 관리가 효과적인지를 확인하기 위하여

○ 리스크가 여전히 존재하는지 여부, 새로운 위험이 발생했는지 여부, 위험의 가능성과 영향이 변경되었는지 여부를 검토

○ 리스크 우선순위를 조정하는 중요한 변화를 보고하고, 리스크 통제의 효과를 확실하게 얻을 수 있는 프로세스를 시행

○ 리스크 관리 프로세스 전반에 대한 정기적인 검토를 거쳐 적절하고 효과적이지를 확인함

- 리스크의 검토와 리스크 관리 프로세스의 검토는 서로 구별되어야 함

○ 검토 프로세스는 다음 사항을 포함해야 함

- 위험 관리 프로세스의 모든 측면이 1년에 한 번 이상 검토되는지 확인
- 위험 그 자체가 적절한 빈도로 검토를 받도록 보장
- 변경 사항을 적절하게 해결할 수 있도록 함

- 검토 프로세스를 달성하는데 도움을 주는 도구
 - 자체 리스크 평가
 - 단계적 보고
 - 리스크 관리 및 평가 프레임워크
- 모든 중앙정부 기관은 내부 감사를 받아야 함. 내부 감사 업무는 중요한 독립성과 위험 관리, 통제 및 리스크 거버넌스의 적정성에 대한 객관적인 확신을 제공해야 함

□ 리스크 소통 및 학습

- 리스크에 대한 의사 소통과 학습은 리스크 관리의 구분되는 단계가 아님
 - 오히려 그것은 전체 리스크 관리 과정에 적용되는 것임
 - 새로운 위험이나 위험의 변동의 확인은 의사 소통에 의존함
 - 위험 문제에 대한 조직 내 의사 소통이 매우 중요함
- 모든 사람이 자신의 역할에 적합한 방식으로 조직의 위험 전략, 위험 우선순위 및 조직에서의 특정 책임이 그 프레임워크에 어떻게 부합하는지 이해해야 함
 - 이전 가능한 교훈이 학습되었는지 확인할 필요가 있음. 리스크는 그것으로부터 이익을 얻을 수 있는 사람들에게 전달됨
- 이사회를 포함한 각 경영진이 관리 기간 내에 리스크 관리에 대한 적절하고 규칙적인 보장을 적극적으로 추구하고 받을 필요가 있음
 - 잔류 리스크가 수용할 수 없는 위험과 관련하여 조치를 계획할 수 있는 충분한 정보를 제공하고, 통제 중인 것으로 간주되는 위험을 구속
- 리스크 관리를 위해 다른 조직과의 소통도 중요
 - 리스크 우선순위를 잘못 이해하면 심각한 문제가 야기될 수 있음. 특정 위험에 대한 부적절한 수준의 통제를 하게 되고, 파트너 조직이 적절한 리스크 관리를 하고 있는가에 대한 확신을 얻지 못하게 되고, 그 결과 제3자에 대한 의존도가 증가하여 계획했던 지원을 받을 수 없음

- 이해 당사자들과의 소통도 중요함. 그들이 기대하는 방법으로 조직이 리스크 관리를 할 것이라는 확신을 주어야 함. 대중이 정부의 활동에 의존하는 리스크에서는 특히 소통이 중요함

□ 다부처 연계 사업의 리스크 관리

- 어떤 정부조직도 완전히 자급자족하지 않으며, 다른 정부 조직과 상호 의존성을 가질 것임. 이러한 상호 의존성은 때로 ‘다부처 연계사업’이라고 불리며 정부 조직의 리스크 관리에 영향을 미치므로 추가적인 위험을 야기할 수 있음
 - 이 경우 조직의 조치가 다른 조직에 미치는 영향이 고려되어야 함
- 많은 정부 조직들은 직접적인 통제 관계가 없는 다른 정부 조직들과 상호 의존성을 갖게 됨. 이 경우 한 조직의 목표 달성은 다른 조직의 목표 달성에 영향을 주게 됨
 - 이러한 상황에서, 한 조직이 하는 일은 다른 조직이 직면하는 리스크에 직접적인 영향을 미칠 것이며, 두 조직 사이의 효과적인 연락은 두 조직이 목표를 달성할 수 있도록 하는 합의된 리스크 관리 접근 방식을 도입하는 데에 필수적임
- 많은 정부 부처들은 산하 기관들과 관계를 맺게 됨. 특히 정책의 집행과 전달을 위해 공공기관 또는 준정부 기관(non-department public body, NDPB)에 의존하고 있는데, 그들은 소속 부처에 의해 활동의 제약을 받게 됨
 - 이러한 상황에서, 중앙부처의 리스크 우선순위는 산하 기관의 우선순위에 영향을 미칠 것이며, 정책의 집행과 전달에서 산하 기관의 리스크 관리 경험을 고려할 필요가 있음
 - 중앙 부처와 산하 기관 간의 리스크 문제에 대한 공개적 논의는 공공 서비스의 효과적인 제공에 매우 중요
- 어느 정부 조직이 다부처 연계사업의 추진에서 발생하는 리스크 특성이 무엇이든 간에, 리스크가 적절하고 계획한 대로 관리되고 있다는 것을 보장받아야 함
 - 리스크 관리에 대한 보장은 조직 간의 관계에 있어서 핵심적인 부분이라 할 수 있음

□ 리스크 환경 및 맥락

- 다부처 연계 사업의 경계를 넘어 리스크 관리 환경에 고려해야 할 요소들이 있음
 - 외부 위험 그룹 요인은 직접 통제할 수 없는 위험을 발생시키거나, 조직이 위험을 감수하거나 해결할 수 있는 방법을 제약할 수 있음
 - 이러한 리스크 환경과 관련하여 조직이 취할 수 있는 유일한 대응은 비상 계획을 준비하는 것임
 - 예를 들어 대부분의 정부 조직은 국제 테러로부터 발생하는 위험을 직접적으로 통제할 수는 없지만, 그들은 대규모 테러 발생에 대비한 비상 계획을 세울 수 있음
- 정부 조직은 리스크 환경을 고려하여 관리 전략을 세우는 것이 중요함
 - 법률과 규정도 위험 환경에 영향을 미칠 수 있음
 - 조직이 법과 규정이 적용되는 방법을 식별하는 것은 중요함
 - 법과 규정상 해야 할 일이나 하지 말아야 할 일을 확인하여야 함
 - 조직이 직원의 부적절한 업무 수행에 대한 조치는 고용 법률로 제한되는 것을 알아야 함
- 국내·외적으로 경제 상황은 리스크 환경의 또 다른 중요한 요소임
 - 경제 상황은 정부 조직이 필요로 하는 직원을 유치하는 데에 영향을 미칠 수 있음
- 정부 부처의 산하 기관은 정책을 집행 혹은 전달하기 위해 존재함
 - 공무원들은 그들이 정책 결정을 따라 하거나 하지 않는 위험에 제약을 받을 수 있음
 - 이해 당사자들의 기대에 의해 제약을 받을 수 있음
- 좋은 가치와 효율을 갖는 추상적인 리스크 관리 조치는 이해 관계자들이 허용하지 않을 수 있음. 추상적인 리스크 관리의 특정 위험을 다루는데 효과적인 일지라도 대중이 받아들이기를 꺼려할 수 있음

5. 결론

□ 과학기술의 순기능을 갖고 있는 동시에 역기능을 가지고 있음

- 현대 과학기술과 산업의 발달은 생산 활동에 직접적으로 참여하지 않은 일반 대중에게 위험을 제공하여 왔음

□ 정부와 기업 간에 안전에 관한 규제가 논의되었으나 현재는 국민들의 알권리에 의하여 허용 리스크 범위 및 방법에 관한 사회적 합의가 필요하게 되었음

- 복잡계 네트워크 구조를 갖고 있는 현대사회에서 리스크 관리와 관련된 사회적 갈등을 최소화하기 위해서는 과학기술 기반 리스크 거버넌스를 구축하여야 함

□ 중앙정부는 위험성 평가 방법을 확립하고 위험 대상별 허용 범위를 수립한 후 사회적인 합의를 도출하여야 함

- 리스크에 관한 연구와 위험성 평가 방법을 개발하고 중요한 사안에 대해서는 위험성 평가를 수행할 수 있는 평가 기관을 설립하여 운영하여야 함
- 위험성 평가 기관은 다양한 위험을 분류하고 분류된 위험에 알맞은 위험성 평가 방법을 개발하고 위험성 평가에 필요한 데이터를 수집하여야 함

□ 기재부는 신규 국책 사업의 예산 승인 시 위험성 평가를 검토해야 할 것임

- 각 부처별로 해당 분야에 대한 리스크 관리를 수행하여야 함

□ 실제로 존재하는 리스크와 이해 당사자들이 인식하고 있는 리스크 사이에는 큰 차이가 있을 수 있으며, 이들과의 소통은 매우 중요함

- 독립된 제3의 기관에서 평가한 위험에 대한 토론 및 사회적 합의를 도출하기 위한 플랫폼을 설치해야 함

- 대형화, 복잡화된 현대 사회의 위험을 정부의 규제로 관리하는 것은 불가능하게 되었고, 특히 사회가 수용할 수 있는 리스크의 크기도 정부에서 일방적으로 정할 수 없게 되었음. 정부는 이러한 변화에 대한 사회적 요구를 수용하여 위험 통제 시스템을 구축하고 가동하여야 함

VI



경기도 리스크 거버넌스 현황과 개선 방향



VI

경기도 리스크 거버넌스 현황과 개선 방향

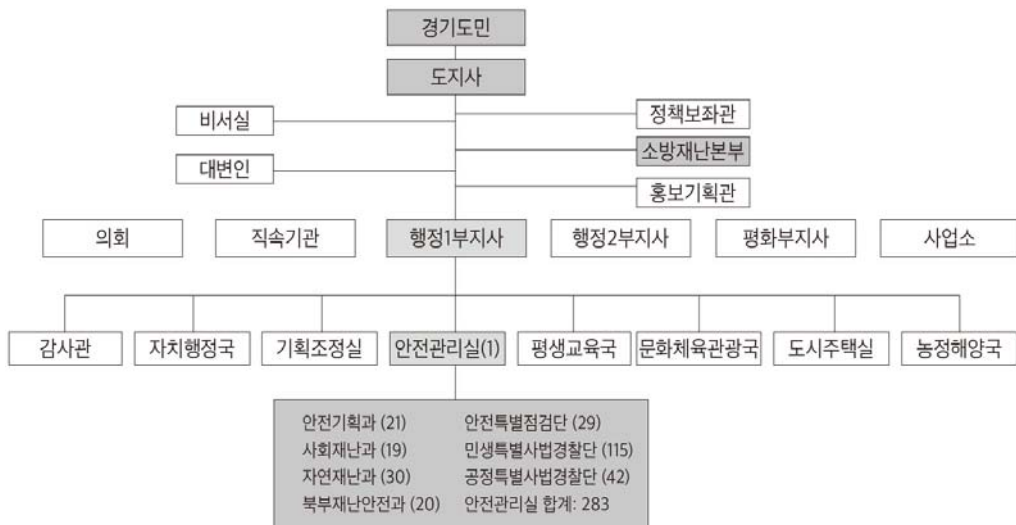
1. 경기도 리스크 관리 조직과 자원

□ 경기도 리스크 관리 관련 행정 조직과 인원

- 경기도는 행정1부지사 밑에 안전관리실을 두고 주민 안전을 위한 관련 행정 업무를 수행하고 있음
 - 안전관리실은 국장급 실장 하에 4개의 과와 안전특별점검단은 3개의 단으로 구성되고 실장 포함 283명이 근무하고 있어 비교적 큰 조직을 갖추고 있음
 - 전문 인력의 구성에서는 재난에 대한 대비 인력보다는 소방 대응 인력 비중이 상대적으로 높은 것으로 평가됨
- 경기도 리스크 관리 조직에서 흥미롭게 발견되는 점은 사회 재난 대응을 위하여 사회재난과를 두고 있다는 것임. 현대 사회가 직면하는 리스크가 날로 복잡해지는 상황에서 상당히 진전된 형태임
- 사회재난과의 주요 업무를 보면 아래와 같음
 - 사회 재난 관련 재난안전대책본부 및 상황판단회의 운영에 관한 사항
 - 사회 재난 안전 매뉴얼 관리에 관한 사항
 - 국가 기반 체계 보호에 관한 사항
 - 재난 대비 민관협력위원회 구성·운영에 관한 사항
 - 사회 재난 관련 비영리 민간 단체 관리에 관한 사항
 - 지방자치단체에 대한 사회 재난 안전 관리 이행 실태 평가에 관한 사항
 - 사회 재난의 수습·지원에 관한 사항
 - 사회 재난 취약 분야 발굴 및 안전 체계 구축에 관한 사항

- 사회 재난 예방 기법의 개발·보급에 관한 사항
- 사회 재난 대응 유관 기관 합동 훈련에 관한 사항
- 특수 재난 업무(원자력, 화학, 열병합) 지원에 관한 사항
- 재난 피해자 심리 안정 지원에 관한 사항
- 테러 대응 지원 도 총괄 업무 관한 사항
- 대테러 지원 도 종합 안전 대책 수립에 관한 사항
- 테러 사전 예방 지원 및 수습·복구에 관한 사항

<그림 6.1> 경기도 리스크 관리 행정 조직 체계



주: 괄호 내 숫자는 해당조직 근무 인원을 나타냄

□ 경기도 소방재난본부

- 경기도 소방재난본부는 시·군별로 흩어져 있는 소방상황실을 소방본부 산하 재난종합상황실로 통합하고 대형 재난 사고에 대응할 수 있는 시스템을 구축
 - 2012년 통합 재난종합상황실을 구축하고, 소방본부 건물 4층과 5층에 1,814㎡ 규모에 60대의 소방 신고 수보대(신고 접수, 출동지령, 실시간 차량 추적, 유관 기관 연결 등 재난을 처리하는 시스템)를 갖추
 - 배경: 2~3명 정도가 근무하는 시·군별 상황실은 소규모 화재 사건 처리는 가능하지만 한꺼번에 수십 통의 신고 전화가 몰리는 집중 호우나 태풍 피해 등을 비롯한 대형 재난 사고 처리는 불가능하기 때문
 - 한편, 재난종합상황실에 하천·도로·시설물감시용 CCTV와 교통정보센터 CCTV 등 모두 1,565대의 CCTV를 연결해 신속한 대응에 역점을 두고 안전 관리를 수행하고 있으며, 소방차량용 고성능 카메라 시스템 구축 등 첨단 장비를 도입해 재난 대응 능력을 향상시켰음
 - 통합 재난종합상황실은 대형 재난 사고 처리가 가능할 뿐만 아니라 인력과 비용 절감 효과도 기대됨

<그림 6.2> 경기도 소방방재본부의 조직 체계



주: 괄호 내 숫자는 해당 조직 근무 인원을 나타냄

- 경기도 소방재난본부는 수도와 환경, 가스, 자살, 노인·여성·아동학대 등 11종에 달하는 생활 민원 신고에 구제역, 다문화 가정, 청소년 유해, 전기 고장, 미아 등 14개 분야를 추가, 총 25종의 생활 민원에 대한 관리 방침을 수립하고 도민들이 가장 많이 알고 있는 ‘119’만 누르면 웬만한 생활 민원 처리가 가능하게 함
- 대형 재난 발생 시 신속한 구조를 위하여 50명 규모의 특수 구조대도 운영하고 있음. 초고층 건물 화재, 지진, 방사능, 테러, 등 대응이 곤란한 재난 발생에 대비하여 즉각 대응이 가능한 특수 구조대를 설립, 헬기 등을 활용한 구조 활동을 펼치고 있으며, 이는 도는 물론 국내 타 시·도, 국제 구조 활동도 맡게 됨
- 재난을 미리 감지하는 사전 안전 감시 활동도 강화하고 있음. 119 생활안전단 차량에 웹 패드를 탑재하고 구제역 매몰지, 자살 위험 지역, 유사 석유 판매 도로, 소방 도로 불법 주정차 단속 등 24시간 감시 활동을 벌이는 한편 재난 발생 시 초동 대응을 강화하고 있음

□ 경기도 북부 소방재난본부

<그림 6.3> 경기도 북부 소방재난본부의 조직 체계



주: 괄호 내 숫자는 해당 조직 근무 인원을 나타냄

□ 경기도 리스크 관리 관련 예산

- 경기도는 재난을 예방하고 과학적으로 안전을 강화하기 위하여 타 지방자치 단체에 비하여 비교적 여유 있는 예산을 배정
 - 예산은 일반 회계 예산(11.7%)과 기금 예산(88.3%)으로 편성하고 일반 예산은 매년 국고보조금과 지방교부세 및 기타 예산으로 편성되고 있으나 기금 예산이 대부분을 차지하는 특성을 나타냄
 - 기금 예산은 재난관리기금과 재해구호기금으로 구성
 - 재난관리기금은 재난 취약 시설의 보수와 보강에 사용할 목적으로 매년 지방세 수입액의 1%를 할당하여 적립(2019년 현재 5,681억 원)
 - 재해구호기금은 이재민 응급 구호와 재해 구호 물자 구입 등에 사용할 목적으로 매년 지방세 수입액의 0.5%를 할당하여 적립하여 조성(2019년 현재 2,877억 원)
- 경기도 재난 안전 관련 예산 규모는 2017년 985억 원, 2018년 1,426억 원, 2019년 1,509억 원으로 2018년에 전년 대비 44.8%의 폭발적 증가를 실현했고, 2019년에도 전년 대비 5.8%의 증가율을 실현
 - 높은 경기도 자체 조달 예산액 증가세에 비해 국고보조금은 2017년 266억 원, 2018년 233억 원, 2019년 177억 원으로 감소하는 추세를 보이고 있음

<표 6.1> 경기도의 재난 안전 분야 예산 구조 및 추이

(단위: 억 원)

예산 구조	예산액 및 구성						비고
	2017	%	2018	%	2019	%	
국고보조금					160	10.6	
지방교부세	266	27.0	233	16.3	17	1.1	특별교부세
기타					0.1	0.0	
경기도 재난관리기금 및 재해구호기금 전용	719	73.0	1,193	83.7	1,332	88.3	원금 사용가능
합계	985	100.0	1,426	100.0	1,509	100.0	

자료: 경기도, 2019

- 흥미로운 점은 기금 예산(2019년 현재 8,558억 원)의 이자와 원리금을 모두 사용할 수 있도록 제도화하고 있으며, 기금 사용의 탄력성으로 인해 폭염 대비, 미세먼지 대응, 청소년의 게임 중독 예방 등 리스크 예방까지 다양한 사업에 투입 가능하다는 것임
 - 이 제도는 타 지방자치단체가 도입을 권장하는 사례로 소개될만한 예임
- 2019년 경기도 재난 안전 관련 지출액 구성을 보면 자연재난 피해 저감 및 복구에 1,446억 원을 지출하여 전 예산액의 95.8%를 차지
 - 안전 기획 및 관리 강화를 위한 기획 사업도 32억 원(2.1%)을 지출하여 우리나라 지방자치단체 중 가장 앞선 재난 안전 정책 추진 사례를 보이고 있음
- 경기도 재난 안전 지출 구조에서 나타나는 특이한 점은 특별사법경찰 운영 예산을 지출하고 있는 것임
 - 불량 식품 단속, 식자재 원산지 속임 등 시민에게 미칠 위험을 미리 차단하는 등 서민 생활에 중요한 영향을 미치는 이슈를 선정하여 선제적으로 대응하는 사업이 돋보이고 있음

<표 6.2> 2019년 경기도의 재난 안전 분야 예산 지출 구조

(단위: 억 원)

주요 지출 항목	지출액	구성비	비고
자연 재난 피해 저감 및 복구	1,446	95.8	1,250억 원은 기금 전출금
안전 기획 및 관리 강화	32	2.1	
사회 재난 안전 관리	16	0.1	
예방적 안전 점검	2	0.2	
북부 재난 안전 관리	0.4	0.0	
특별사법경찰 운영	28	1.8	
합계	1,509	100.0	2017년: 985 2018년: 1,426

자료: 경기도, 2019

2. 경기도의 리스크 거버넌스 과제

□ 리스크 거버넌스 강화를 위한 조치들

- 경기도는 도지사가 위원장으로 재난 안전 관련 실·국장, 유관 기관장, 의회 의원이 참석하는 ‘안전관리위원회’를 운영하고 있음
 - 동 위원회는 연간 및 중장기 도 안전 관리 계획을 검토한 후 승인함과 동시에 재난 안전에 관련되는 주요한 사안을 심의 의결하는 최고 의사 결정 기구
- 민간 기업과 단체 참여를 목적으로 ‘안전문화협의회’를 구성하여 민관 간의 협력에 의한 리스크 관리에 심혈을 기울이고 있음
 - 안전문화협의회는 매월 4일을 ‘안전점검의 날’로 지정하고 시민, 유관 단체, 경기도 재난 안전 유관 기관이 모두 참여하여 안전 점검을 실시하고 있음
- ‘안전보안관제도’ 운영
 - 관 중심의 안전관리위원회와 안전문화협의회가 운영되고 있음에도 부족한 부분을 보완하기 위하여 도지사가 민간인으로 ‘안전보안관’을 임명하여 이들이 특별한 책임감을 갖고 감시 활동을 하도록 하고 있음
 - 2019년 현재 1,400명이 임명돼 활동하고 있는데, 이들을 임명한 후 소기의 교육을 한 후 교육 과정 수료증을 수여하기도 함
 - 안전보안관들은 수상 안전을 위한 시범 보이기, 화재 발생 시 소방차 진입을 방해하는 불법 주정차 신고하기 등 다양한 활동을 수행
- ‘자율방재단’ 운영
 - 시민 중심의 자율 방법, 재난 발생 시 시민에 의한 구제, 각종 리스크의 사전 예방 등 다양한 방재 활동을 독려하기 위해 경기도 내 10개 시군에 ‘자율방재단’을 구성하여 운영하고 있음

□ 위험성 평가 활동과 재난 안전 기획

- 경기도 독자적으로 재난 안전 관련 연구 개발 과제를 발굴하기 위하여 2018년 처음으로 연구 개발 과제를 선정하고 위탁 연구를 실시
 - 위탁 연구 기관: 아주대학교 소프트웨어학과(노병희 교수 연구팀)
 - 위탁 연구 주제 및 주요 연구 내용: 혼합 증강 현실 활용을 통한 재난 안전 강화방안
- (재)한국재난안전기술원에 경기도 중장기 재난 안전 마스터플랜 수립을 위한 연구 사업 위탁(2019)
- (사)한국안전인증원이 지역 공공 기관 및 기업의 리스크 관리 수준을 평가하고 인증
 - 안전 인증뿐만 아니라 지역 유관 단체들의 안전 활동도 협찬

□ 리스크 예방을 위한 R&D 활동

- 2017년 처음으로 재난 안전 대책을 위하여 연구 개발 사업을 기획하여 3억 5,000만 원 정도를 투자한 바 있음
 - 2016년부터 시행하고 있는 중앙정부의 재난 안전 연구 개발 사업 결과를 활용할 목적으로 주목하고 있음
 - 행정안전부가 과학기술정보통신부로부터 연구 개발비의 일부를 받아 재난 안전 관련 연구 사업을 기획·집행하고 있음

<표 6.3> 2019년 재난 안전 유관 청 R&D 신규 과제 및 연구 개발비 현황

(단위 : 백만 원)

경찰청 과제	연구 기간	2019 예산	비고
긴급 구조용 지능형 정밀 측위 기술 개발(1개 과제)		1,150	
긴급 구조용 지능형 정밀 측위 기술 개발	'19~'22	1,150	
자율 주행차 도로 주행을 위한 신호 운영 체계 및 교통 인프라 구축(3개 과제)		3,700	
자율 주행차 관련 운행 체계 및 AI 운전 능력 검증 체계 개발	'19~'21	600	공모 (출연)
자율 주행을 위한 AI 기반 신호 제어 시스템 개발	'19~'21	1,300	
IoT 기반 교통 안전 시설 정보 제공 및 운영 관리 기술 개발	'19~'21	1,800	
소 계		4,850	(27.7)
소방청 과제	연구 기간	2019 예산	비고
재난 현장 긴급 대응 기술 개발 사업(6개 과제)		2,660	
사도 간 광역 지원 출동을 위한 종합상황실 의사 결정 시스템 개발	'19~'21	400	공모 (출연)
소방 차량용 펌프의 주수거리 향상을 위한 성능 개선 연구	'19~'21	300	
화재 유형별(특수 시설, 전가수소차 등) 화재 진압 기법 개선을 위한	'19~'23	560	
표준 작전 절차 및 실증 시스템 개발			
소방 현장 지휘관 및 화재 조사관 전용 통신 가능 호출 보호구 개발	'19~'21	600	
구급 서비스 향상을 위한 AI 연계 응급 환자 정보 공유 시스템 개발	'19~'20	300	
긴급 구조용 지능형 정밀 측위 핵심 기술 및 시제품 개발	'19~'23	500	
실감 기반 첨단 소방 훈련 체계 구축 연구(1개 과제)		2,000	
실감 기반 첨단 소방 훈련 체계 구축 연구	'19~'23	2,000	공모 (출연)
소 계		4,660	(26.6)
해양경찰청 과제	연구 기간	2019 예산	비고
골든타임 사수를 위한 수색 구조 기술 개발(3개 과제)		1,610	
전복 선박 선체 유지 및 강제 복원 기술 개발	'19~'21	400	공모 (출연)
해상 교통 정보 빅데이터 구축 및 안전 예보 시스템 기술 개발	'19~'23	400	
연안 고립자용 한국형 전천후 구조 보트 개발	'19~'22	810	
불법 선박 대응을 위한 장비 선진화 기술 개발(4개 과제)		2,190	
불법 선박 정선 기술 개발	'19~'21	440	공모 (출연)
해양 선박 충돌 사고 재현 및 과학적인 원인 분석 기술 개발	'19~'22	750	
해양 사건 사고 현장 디지털 증거물 무결성 및 증거 능력 확보를 위한	'19~'22	720	
항해 장비 디지털포렌식 기법 개발			
해양 환경에 노출된 수중 증거물 분석을 위한 지문 및 DNA 분석 기술 개발	'19~'22	280	직접 수행
방제 단계별 대응 역량 강화 기술 개발(2개 과제)		1,056	
해양 오염 방지 긴급 구난 의사 결정 지원 기술 개발	'19~'23	480	공모 (출연)
대규모 해안 유입 기름 수륙양용 회수 기술 및 장비 개발	'19~'23	576	
무인 항공기 기반 해양 안전 및 수산 생태계 관리 기술 개발(2개 과제)		3,154	
*해수부-해경청 부처 협업 사업			
해양 수산 특수 임무형 무인 항공기 공통 기술 개발(해경청-해수부)	'19~'22	1,920	공모 (출연)
무인 항공기 기반 해양 안전 관리 기술 개발(해경청)	'19~'22	1,234	
소 계		8,010	(45.7)
3개 청 연구 개발비 합계		17,520	(100.0)

자료: 행정안전부 재난안전연구개발과, 2019

□ 주민 일상 생활 리스크에 대한 대응

- 여타 지방자치단체와 마찬가지로 주민의 일상 생활에서 일어나는 리스크에 대한 대응은 지역 소재 보건환경연구원 등 공공 기관 활동에 의존
- 재난 안전 대응 전문 인력의 구성에서 재난에 대한 대비 인력보다는 소방 대응 인력 비중이 상대적으로 높아 주민 일상 생활에 대한 리스크 예방과 대처는 부족

〈표 6.4〉 28개 리스크 유형 구분과 경기도의 대응

리스크 유형 구분(원인을 중심으로) ¹⁾		대응 여부 (○, △) ²⁾	대응 조직 및 사례 (예방, 대응, 복구 종합)
물리적	이온화된 방사선	△	소방재난본부
	이온화되지 않은 방사선	△	
	소음	△	주요 인구 밀집 도로변 방음벽 설치
	운동 에너지(폭발 등)	△	소방재난본부
	온도	○	그늘막 등 폭염 대비 시설 구비
화학 물질	독성 물질	○	환경국 및 경기보건환경연구원
	유전 독성/발암 물질	○	환경국 및 경기보건환경연구원
	환경 오염 물질	○	환경국 및 경기보건환경연구원
	혼합 물질	○	환경국 및 경기보건환경연구원
생화학적	균류, 조류(fungi & algae)	△	
	세균류(bacteria)	○	경기보건환경연구원 운영
	바이러스(viruses)	○	경기보건환경연구원 운영
	유전자 조작 유기물(GMO)	○	경기보건환경연구원 운영
	기타 병원체	○	경기보건환경연구원 운영
자연의 힘	태풍	○	경기 및 북부 소방재난본부 운영
	지진	○	건물 방재인증제 도입
	화산 활동	○	경기 및 북부 소방재난본부
	가뭄	○	한국수자원공사 수도권본부
	장마	○	한국수자원공사 수도권본부
	해일	○	소방재난본부 및 농정해양국
	산불	○	소방재난본부 및 농정해양국
	산사태	○	소방재난본부 및 농정해양국

1) 리스크의 유형 구분은 국제위험통제이사회(IRGC) 구분에 따른 것임

2) '○'표시는 예방, 사고 대응 및 복구 전반에서 잘 대처하고 있음, '△'표시는 위험에 대한 인식은 하고 있으나 아직 체계적으로 대응하고 있지 못함을 뜻함

<표 6.4> 28개 리스크 유형 구분과 경기도의 대응(계속)

리스크 유형 구분(원인을 중심으로) ¹⁾		대응 여부 (○, △) ²⁾	대응 조직 및 사례 (예방, 대응, 복구 종합)
사회-소통	테러 및 파업	○	특별사법경찰관 대테러지원팀 운영
	범죄 행위	○	특별사법경찰관실 운영 및 저소득층 밀집 지역 형광 물질 도포
	굴욕, 폭행, 비난	△	안전관리실 사회재난과
	의료 사고	○	보건복지국. 병원 수술실에 CCTV 설치
	군중 히스테리	△	
	심신(외상) 증후군	○	보건복지국 산하 힐링 센터 운영

1) 리스크의 유형 구분은 국제위협통제이사회(IRGC) 구분에 따른 것임

2) '○'표시는 예방, 사고 대응 및 복구 전반에서 잘 대처하고 있음, '△'표시는 위험에 대한 인식은 하고 있으나 아직 체계적으로 대응하고 있지 못함을 뜻함

□ 경기도 리스크 거버넌스 종합 평가

- 경기도는 지방자치단체 중에서 가장 우수한 리스크 거버넌스 시스템을 갖추고 있는 것으로 평가됨
 - 특히 각종 재난에 대비하기 위하여 민관협력위원회를 운영하는 등 타 시도가 벤치마킹할 정도로 민관협력이 탁월한 것으로 평가됨
- 분야별로 산업 환경 특성에 따라 화재 사고 대응 능력은 우수한 반면 식품, 환경, 원자력 등 특수 재난에 대한 대응 능력이 낮은 것으로 평가됨
 - 주로 식품 위생과 환경 분야에 대한 대처 능력이 떨어짐
 - 특히 납 등 특수 화학 소재에 대한 대응과 미세먼지에 대한 대응은 서울시에 비해 현저하게 떨어짐
- 지역적으로 북부와 남부 간 분리된 특수 환경을 갖는 경기도는 북부 지역의 재난 안전 관리가 취약
 - 북부 소방방재본부가 운영되고 있으나 조직, 인원, 예산, 독립성 등 여러 면에서 남부에 비해 재난 안전 대처 능력이 약함
- 화재 사고에 대한 대처 위주로 운영되고 있으며 주민의 일상 생활에서 발생하는 사고 위험에 대처하는 업무가 부족한 편임

- 질병, 각종 사고, 자연 재해 등에서 경기도가 현재 어느 정도의 위험도를 갖고 있고 어느 정도로 이를 줄이고자 하는가에 대한 정책 목표 자료 부재

<표 6.5> 인간의 주요 사망 원인과 위험도

사망 원인		세계 평균 위험도	경기도 위험도
질병	심장병	$8.3 \times 10^{-3}/\text{년}$	?
	암	$3.2 \times 10^{-3}/\text{년}$	?
	뇌출혈	$1.9 \times 10^{-3}/\text{년}$	?
	폐렴	$6.4 \times 10^{-4}/\text{년}$	?
	당뇨병	$2.8 \times 10^{-4}/\text{년}$	?
사고	자동차 사고	$1.9 \times 10^{-4}/\text{년}$	?
	추락 사고	$5.0 \times 10^{-5}/\text{년}$	?
	익사	$2.2 \times 10^{-5}/\text{년}$	?
	화재 사고	$2.1 \times 10^{-5}/\text{년}$	?
자연 재해	지진, 홍수, 태풍	$9.0 \times 10^{-7}/\text{년}$	?
	폭염	$9.0 \times 10^{-7}/\text{년}$	?
	등사	$4.0 \times 10^{-6}/\text{년}$	?
	낙뢰 사고	$4.0 \times 10^{-7}/\text{년}$	?

자료: 세계평균위험도-국제위험통제이사회(IRGC)

□ 경기도 리스크 거버넌스의 과제

○ 지방정부의 재난 안전 행정 능력 강화

- 중앙정부와 마찬가지로 지방정부의 재난 안전 행정 능력이 지역 리스크 거버넌스 강화에 핵심적인 요소임. 경기도가 타 지자체에 비해 비교적 우수한 재난 안전 자원과 행정 시스템을 갖추고 있으나 선진국 수준의 리스크 거버넌스에 도달하지는 못함
- 경기도의 재난 안전 행정 능력을 강화하기 위해서는 재난 안전 관련 조직의 위상 강화가 중요한 과제로 부상함
- 경기도는 북부와 남부로 나누어진 특수한 지역 특성을 갖고 있어, 이에 적합한 리스크 거버넌스를 구축해야 할 것임. 이를 해결하기 위한 행정적 과제의 하나는 북부 소방재난본부의 독립성 강화와 위상 제고임

○ 중요 사회 인프라의 리스크 관리 강화

- 지역의 중요한 리스크 관리 목표 중의 하나는 전기, 수도 등 사회적으로 매우 중요한 인프라 리스크의 위험도를 줄이는 것임. 전기나 수도 등 사회 인프라가 위험 상황에 처할 경우 전 주민에게 치명적인 영향을 미친다는 점에서 아무리 강조해도 지나치지 않음
- 마찬가지로 백화점, 극장, 놀이시설 등 대형 다중 시설 및 교통 시스템의 안전도 제고를 위한 리스크 관리 강화도 매우 중요함. 대형 다중 시설이 화재나 테러 등으로부터 안전을 확보하는 것이 중요한 과제라 할 수 있음

○ 신기술 활용을 통한 재난 안전 기술 혁신

- 대부분의 선진국에서 재난 안전 분야 신기술 혁신과 응용 확대가 끊임없이 이루어지고 있으므로 우리나라도 안전도 향상을 위해 매년 연구 개발 투자를 지속적으로 확대하는 것이 필요함
- 연구 개발 투자가 필요한 분야가 많지만 특별히 재난 안전 연관 정보 교류를 증대할 수 있도록 재난 안전 플랫폼을 구축하는 것이 필요함. 재난 안전 지식 정보나 인력이 산발적으로 존재하고 있는 지금 경기도와 국가 수준 모두에서 플랫폼 구축이 시급한 과제로 등장함

○ 민간 부문과 공공 부문 간 협력 강화

- 경기도의 리스크 거버넌스를 근본적으로 강화하기 위해서는 지방정부뿐만 아니라 민간 기업의 리스크 관리 역량이 강화되어야 함. 모든 기업은 잠재적으로 리스크의 유발을 내포하고 또 다양한 리스크의 해결자로서의 역할을 수행할 수도 있음. 따라서 정부와 마찬가지로 기업도 사내 리스크 거버넌스 시스템을 갖추고 위험을 조직 차원에서 감소시킬 수 있는 능력을 갖추어야 함
- 기업뿐만 아니라 NGO 등 민간 재난 안전 단체는 경기도 리스크 거버넌스의 중요한 주체이므로 이들을 육성하는 것이 필요함. NGO는 시민의 자발적 참여와 봉사를 바탕으로 발전해야 하지만 초기 단계에서는 정부가 육성하고 협력하여 정부의 재난 안전 정책이 상승 효과를 발휘하도록 하는 것이 필요함

○ 재난 안전 종사 전문 인력의 역량 강화

- 경기도는 재난 안전 관련 전문 인력을 비교적 잘 갖추고 있지만, 전문 인력의 역량 강화를 위한 교육과 자율 학습 체계가 부족한 편임. 지역 소재 우수 대학과 연계하여 전문 인력의 재교육을 강화하고, 미래 우수 신규 인력이 재난 안전 분야로 진입할 수 있도록 전문 인력 양성 시스템을 구축해야 함
- 전문 인력의 재교육과 양성과 함께 시민의 재난 안전 예방 의식을 강화할 수 있는 교육을 강화해야 경기도 리스크 거버넌스가 선진국 수준에 도달하게 될 것임. 시민의 안전 의식 교육은 초·중고 교육에서부터 이루어져야 하며 이를 위한 교사 양성과 교육 커리큘럼의 개혁이 수반되어야 함

3. 경기도 리스크 거버넌스 개선 방향

□ 경기도 재난 안전 행정 능력 강화

○ 북부 소방재난본부를 청으로 격상

- 북부와 남부로 나뉜 특수한 지역 특성을 감안, 북부 소방재난본부를 가칭 북부 소방방재청으로 격상함과 동시에 독립성을 향상하여 경기도 북부 재난 안전 행정 능력을 크게 강화할 필요성이 있음

○ 안전 관리 종사 인력의 재교육 강화

- 경기도 재난 안전 행정 능력은 근본적으로 관련 업무 분야 전문 종사 인력의 행정 능력이 향상되어야 가능할 것임. 이를 위해서 기존 전문 인력에 대한 재교육 시스템을 강화하는 것이 필요함

○ 기초 지방자치단체(시·군)와의 소통과 협력 강화

- 경기도 내 시·군 재난 안전 국실과의 업무 협력을 강화하여 사고 발생 시 대처에서뿐만 아니라 예방에서도 협력을 강화해야 할 것임
- 경기도 내 시·군 재난 안전 공무원들 간 워크숍과 세미나 등 공동 학습을 위한 행사 횟수를 크게 확대하여 상호 학습과 유대감을 강화해야 할 것임

○ 시·군 재난 안전 공무원들의 장기 파견 근무 제도 도입

- 경기도 내에서도 도청 근무 인력과 시·군 근무 인력 간에는 여러 면에서 많은 차이가 있음. 현재 주 연 2~3회 정도 화상 회의를 통해 시·군 재난 안전 부서와 업무 회의를 하고 있으나 이를 획기적으로 확대하여야 함
- 장기적으로는 시·군 재난 안전 공무원들이 경기도 재난안전본부에 일정 기간 파견 형식으로 순환 근무하는 것을 검토해야 할 것임

□ 주요 사회 인프라의 위험도 평가

○ 사회 인프라의 위험도 평가

- 전기, 상하수도, 가스, 교통 시스템 등 사회 인프라 전반의 위험도를 정량적으로 평가하여 이를 선진국 수준과 비교하고 위험도가 특히 높은 분야에 대한 특단의 안전도 제고 조치를 취하는 것이 필요함
- 사회 인프라의 위험도 평가는 관련 연구원, 학회 등 리스크 분석 전문가 집단에게 의뢰하여 리스크 분석 전문가들을 양성하는 차원에도 응용되기를 기대함

○ 경기도민의 사망 원인별 위험도 평가

- 경기도가 살기 좋고 안전한 지역이라는 것을 과학적으로 밝히기 위하여 질병 원인별, 사고 원인별, 자연 재해별 경기도의 위험도를 분석하여 관리
- 평가 결과 경기도의 위험도가 세계 평균 위험도(<표 5.6>)보다 현저하게 높은 경우는 그 원인과 대책을 강구

○ 도내 기업의 안전 사고 위험도 진단 실시

- 공장의 폭발 사고 예방을 위해 경기도가 일정 금액을 지원하여 전문가로 하여금 개별 기업의 공장 안전 사고 위험도를 진단케 하고 사고 예방을 위한 조치를 권장
- 위험도가 일정 수준을 초과하는 기업에 대해서는 강제 이행 조치를 요구할 수 있는 조례를 제정하여 시행

□ 재난 안전 기술 개발 확대

○ 경기도 재난 안전 기술 개발 수요 조사 실시

- 현재 경기도 산업 환경 속에서 어떤 기술 개발이 필요한지 리스크 유형별로 기술 수요 조사를 실시하여 필요한 기술 개발 수요 파악

○ 경기도 재난 안전 기술 개발 5개년 계획 수립

- 기술 수요 조사 결과를 바탕으로 경기도 기술 개발 5개년 계획을 수립하고 매년 계획에 따라 기술 개발 투자액을 결정하고 기술 개발 사업을 집행

○ 기술 개발 투자액을 연차적으로 확대

- 행정안전부와 협력하여 중앙정부 연구 개발 투자 사업에 대한 지방정부 매칭 투자액을 확대함과 동시에 자체 연구 개발 투자액을 연차적으로 확대

○ 기술 개발 기업 및 연구 기관 육성

- 경기도가 실시하는 연구 개발 사업이 성공적으로 추진되기 위해서는 지역 내에 우수 연구 기관과 재난 안전 분야 연구 개발 기업(벤처기업)이 존재해야 함
- 우수 연구 기관은 처음부터 존재하는 것이 아니라 장기간에 걸쳐 세심한 관심과 육성을 통하여 형성되므로 인내심을 갖고 경기도 연구 개발 사업을 위탁하면서 육성해 나가야 함

□ 민간협력위원회 등 민간-공공 협력 강화

○ 안전문화협의회를 핵심축으로 한 민간-공공 협력 확대

- 안전문화협의회가 매월 4일을 ‘안전점검의 날’로 지정하고 있는바 이 날 전 도민, 기업, 공공기관, 시민 단체가 참여하는 가운데 시민 안전 의식 향상 캠페인을 실시
- 안전 의식 캠페인과 동시에 전문가들이 구체적인 실행 계획을 수립하여 공동으로 실천

○ 안전보안관 임명 제도를 지속적으로 확대

- 2019년 현재 1,400명에 이르는 경기도 안전보안관 임명 제도를 매년 지속적으로 확대 실시

- 모든 마을에 민간인 안전보안관을 임명하여 주변의 위험도를 전문가 수준으로 관찰하고 재난 안전 담당 기관과 협력하도록 교육

○ 자율방재단의 조직적 운영

- 경기도 내 모든 지역의 동사무소 지역 수준까지 시민 중심의 자율 방법, 재난 발생 시 시민 자율 구제, 각종 리스크의 사전 예방 등 다양한 방재 활동을 독려하고 협력하여 추진

□ 안전 관리 요원의 재교육 강화

○ 재난 안전 교육 기관 육성

- 경기도 재난안전본부 직원, 시·군 재난 안전 공무원 등 재난 안전 요원의 재교육 기관을 역 내 대학 혹은 재난 안전 교육 가능 기관 중에서 선정하여 육성
- 재난 안전 교육 기관으로 선정된 기관은 경기도와 협력하여 연중 상시 재교육 시스템을 가동할 뿐만 아니라 재난 안전 관련 중요 이슈에 대한 연구 개발을 수행하도록 연구 사업을 매년 위탁하고 연구 결과 보고서를 배포

○ 공무원의 의무 교육 이수 시간 확대

- 공무원 개인별로는 민방위재난안전교육원과 경기도 인재개발원에 파견하여 연간 14시간 이상 교육을 받도록 의무화하고 있으나 교육 시간을 실질적인 교육효과가 나타나도록 확대해야 할 것임

○ 시·군 재난 안전 공무원 교육 확대

- 경기도는 현재 재난안전본부 주관으로 시·군 재난 안전 공무원을 대상으로 연 7~8회 교육을 실시하는 데에 그치고 있으나 이들에게도 의무 교육 시간 제도를 적용하여 교육을 의무화해야 할 것임

○ 재난 안전 교육 시설의 지속적 확충

- 체험안전센터, 교통안전교육센터 등 어린이나 청소년을 대상으로 재난 안전 교육을 체계적으로 실시할 수 있는 시설을 연차적으로 확충

VII



기업의 리스크 관리 현황과 강화 방안: 화학 산업 사례



VII

기업의 리스크 관리 현황과 강화 방안 : 화학 산업 사례

1. Risk Assessment 정의

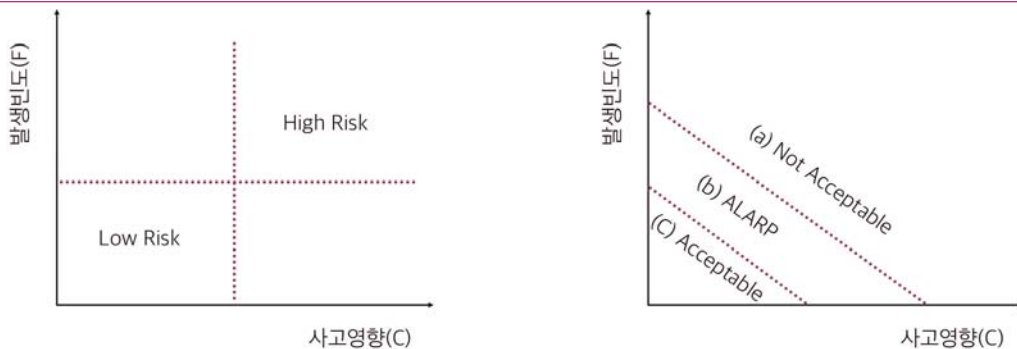
□ Risk의 정의 및 Risk Assessment 이행의 목적

- Risk(위험)는 경제, 보험, 건강, 근로 현장 등 사회 전반에 걸쳐, 성취하려는 목표에 수반되는 불확실성으로 인한 잠재적 위험 혹은 영향으로 정의
- 위험도는 두 가지 핵심 요소인 발생 빈도와 사고 영향으로 구성되어 짐

$$\text{Risk} = \text{Frequency (발생 빈도)} \times \text{Consequence (사고 영향)}$$

- 발생 빈도에는 설비 및 장치의 고장, 위험물의 누출 주기 또는 빈도 등을 나타내며, 사고 영향은 상해 정도, 재산 손실의 규모 및 재해자 수 등을 나타냄
- <그림 7.1>이 나타내듯이 위험도를 결정하고 허용 위험 관리 수준(As Low As Reasonably Practicable, ALARP)을 초과하는지의 여부를 결정하는 작업이 필요

<그림 7.1> 발생 빈도와 사고 영향에 따른 Risk



자료: 안형환, 화학 관련 산업의 중대 재해 원인분석을 통한 안전관리 중요성에 관한 연구, 2015

○ Risk Assessment(위험성 평가)의 목적은 공정에서의 위험성을 식별하고 개별적 위험도를 추정하여 그 결과의 심각성을 파악하고, 대책의 수립 여부 결정을 하는 제반 행위에 있음

○ 위험성 평가의 세부 목적은 아래와 같음

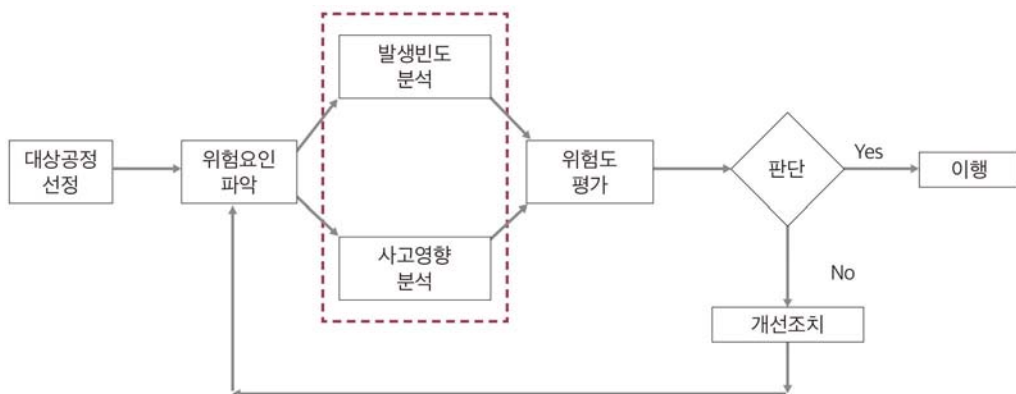
- 가동 또는 설계 중인 시설의 위험성 정량화
- 공정에 잠재하는 위험성의 우선순위 결정
- 위험성 평가를 통한 비상 대응 계획 수립
- 재정 위험 평가
- 고용인/일반인에 대한 위험성 평가
- 법적/규정 요건 준수

□ 위험성 평가의 평가 절차 및 세부 절차 요소

○ 구체적인 위험성 평가는 엄밀성과 적합성을 동시에 만족시켜야 하므로, 팀 리더는 안전/위험분석 전문가 또는 설계, 운전, 정비 및 보수 경험이 많은 사람이 맡으며, 기록 요원과 관계 전문가 등이 포함됨

○ 평가 절차는 <그림 7.2>에 도시한 것과 같이 세 단계로 구분하여 진행됨

<그림 7.2> Risk Assessment 절차



자료 : 이주엽, 공정안전관리를 통한 도급업체 안전관리 강화에 관한 연구, 2015

- 대상 공정의 선정 및 위험 요인 파악: 설계도면(P&ID, Layout, PFD), 보조 자료(운전 매뉴얼, 소프트웨어) 및 설비 제조자 매뉴얼 등을 참고하여, 신규/기존 공정 및 설비는 물론, 공정/원료 등의 중요 변경 설비를 선정함
- 대상 공정 선정을 위한 위험 요인 파악은 아래의 항목이 고려되어야 함
 - 공정상 화재/폭발/누출 등 재해로의 발전 가능성
 - 정상 운전 조건에서 벗어날 가능성 정도
 - 적절한 안전 조치의 가능성 여부
 - 휴먼 에러가 공정 사고 원인에 미치는 정도
- 발생 빈도 분석 및 사고 영향 분석: 이 두 가지 요소에 대한 위험성 평가는 아래의 <표 7.1>, <표 7.2>의 평가 기준을 참고하였음

<표 7.1> Risk Tolerance Criteria for LOPA

Severity Category (from HAZOP)	Tolerable Risk Target (/yr)	Description
1	1E-05	위험성이 매우 커서 즉각적으로 보완책이 필요하므로 위험도 등급을 3 이하로 낮출 수 있도록 권고 사항을 제시함
2	1E-04	위험성이 커서 가능한 빨리 보완책이 필요하므로 위험도 등급을 3 이하로 낮출 수 있도록 권고 사항을 제시함
3	1E-03	위험성이 약하므로 보완책이 반드시 필요하지는 않으나 운전성 측면에서 권고 사항을 제시할 수 있음
4	1E-02	위험성이 없으므로 보완책이 필요 없으나 운전성 측면에서 권고 사항을 제시할 수 있음
5	1E-01	위험성이 없으며 권고 사항도 없음

<표 7.2> 위험성 수준 평가 기준

			1개월에 1~2회	1년에 1~2회	1~5년에 1회	5~10년에 1회	10년 이상 1회
인체 상해	장치 손실		A	B	C	D	E
1명 이상 사망	100억 원 이상	1	1	1	2	2	3
4일 이상 입원 치료	10억 원 이상	2	1	2	2	3	3
통원 치료	1억 원 이상	3	2	2	3	4	4
응급 조치 상해	1000만 원 이상	4	2	3	4	4	5
상해 없음	1000만 원 이하	5	3	4	4	5	5

- 위험성 평가의 마지막인 평가 결과에 대한 개선 조치 계획은 아래의 우선 사항에 따라 결정
 - 위험도 수준이 높은 사항 순으로 허용 가능한 위험 관리 기준(ALARP) 이하로 낮추기 위한 개선 조치 우선 이행
 - 취급 물질의 위험성 및 취급량, 피해 정도, 설비 노후화 정도, 과거 사고 이력 및 공정에 참여하는 인원 등을 고려해 우선순위 결정
- 개선 조치 계획에는 아래의 구체적 내용이 명시되어야 함
 - 조치가 진행될 구체적인 이유, 장소, 시점 및 조치 내용
 - 행위가 취해질 구체적 내용
 - 행위 결과로 영향을 받는 대상(공정관계자, 운전원, 정비원)에게 행위 결과를 사전에 전달하는 방법과 일정
 - 필요한 기술 및 절차를 혼합하여 사용
- 개선 조치 계획 작성 후, 권고 전 아래의 기준에 따라 결정의 타당성 제고
 - 기술적 난이도 고려 여부
 - 합리적 실행 가능한 낮은 조치(ALARP) 수준으로 고려 여부
 - 실행 우선순위의 적절성
 - 새로운 위험의 발생 가능성
 - 적용 가능성 및 타 업무의 방해 여부

<표 7.3> 위험성 평가 결과 조치 계획의 예시

번호	우선 순위	위험 등급	개선 권고 사항	책임 부서	조치 기한	진행 결과	완료 확인	비고
1	1	4	수소가스 벤트 배관 끝단에 고압 방출 시 정전기 발생으로 인한 제트 화재 예방을 위한 정전기 방지 링 설치	공무부	09.06.11	정전기 방지 링 설치 완료	홍길동	

- 최종적으로 확립된 조치 계획서의 이행 여부 모니터링 및 보고
 - 공정 위험성 평가 후 평가 결과 조치 계획서 이행 여부 확인
 - 위험성 평가 결과는 근로자에게 공지 후, 작업 시 위험에 대한 공동 인식

- 지속적인 재해 감소 모니터링 실시 및 재해 감소 목표 설정에 반영을 통한 지속적인 개선 유도
- 정기적으로 위험성 평가 결과를 경영층에 보고함으로써의 피드백 확립

□ 정량적·정성적 측면에서의 위험성 평가 방법

○ 정성적 평가

- 체크리스트(Checklist)
- 사고 예상 질문 분석(What-if)
- 상대 위험순위 기법(Dow & Mond Indices)
- 위험과 운전 분석(HAZOP)
- 공정 안전 분석(PHR)
- 이상 위험도 분석(FMECA)

○ 정량적 평가

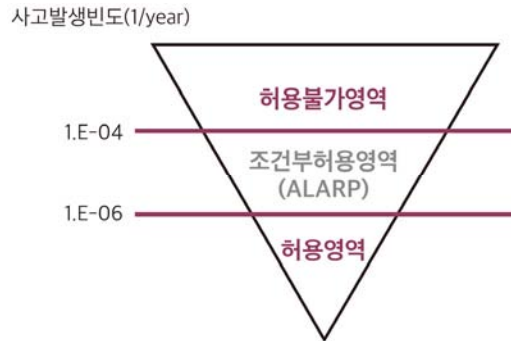
- 결함 수 분석(FTA)
- 사건 수 분석(ETA)
- 사고 영향 분석(CA)
- 정량적 위험성 평가(QRA)

□ 위험 기준(risk criteria) 정의 및 선정 방법

○ 개인적 위험(individual risk) 기준

- 근로자 1,000명이 평생 근로 기간 동안 발생할 수 있는 위험 기준으로 FAR (Fatal Accident Rate)로 표시되며, <그림 7.3>과 같이 안전성 평가 지침에 따른 개인적 위험도 기준을 선정함

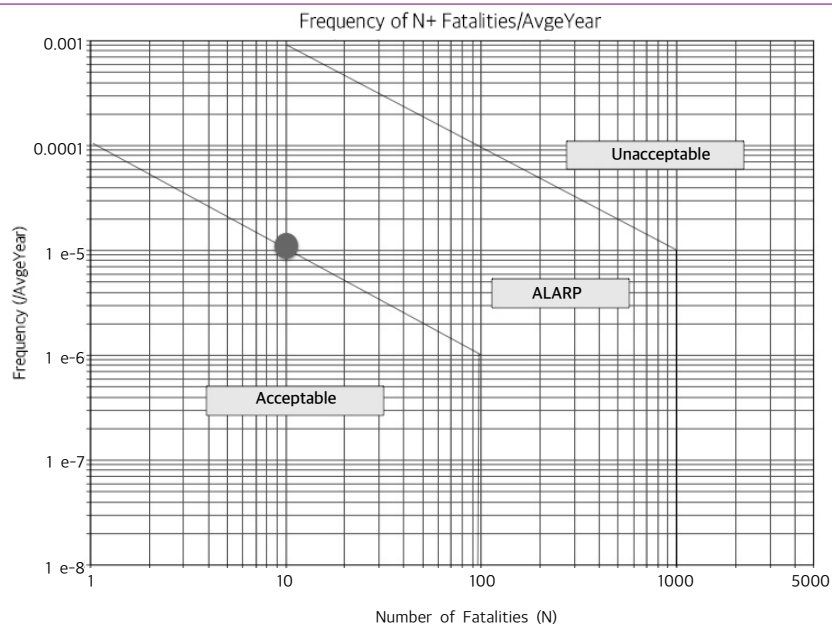
$$FAR = \frac{Fatalities \times 10^8}{Person\ Hours\ Exposed} (\doteq 1000\ working\ Life\ Time)$$

<그림 7.3> 안전성 평가 지침에 따른 개인적 위험도 기준

자료: 이덕권, 국내 소수타운 내 0.1Mpa 이하 저압 수소 사용시설의 안전관리 항목 분석, 2015

○ 사회적 위험(individual risk) 기준

- 사회적 위험은 사고 피해 영향 평가(QRA)에서 얻은 값을 <그림 7.4>와 같이 F-N 곡선으로 표시하며, 가로축은 사고의 연간 발생 확률, 세로축은 사고 영향 평가의 치명도를 표시

<그림 7.4> UK Societal Risk Guideline 2002 COMAH Regulation

See I. L. & Carter, D. A., A worst case methodology for obtaining a rough but rapid indication of the societal risk from a major accident hazard installation, 2002

- <그림 7.4>의 우측 상단 사선의 경우, 개선 영역으로써 시설의 위험성이 범위에 포함될 시 하위 사선으로 낮추기 위해 안전 조치를 강구하여 규제 기관과 협의 후 안전 관리 활동의 수행이 필요함
- 위험성을 낮추기 위한 예시로 Safety valve, Deluge System 및 Redundancy 시스템을 이용한 사고 빈도 감소 및 방호벽, 차단막 등의 설치를 통한 사고 영향 차단 방법 등이 있음

2. 리스크 관리 배경 및 범위: 화학 산업 사례

□ 화학 산업 리스크 관리 평가

- 앞서 언급한 Risk Assessment 기법을 통해, 화학 산업 사례 중 대상 공정의 리스크 관리 이행 여부 및 보완점에 관한 진단을 아래와 같은 과정으로 진행하였음
 - 대상 공정의 피해 영향 예측(CA) 결과 재검증
 - 공정 안전 보고서(PSM)의 위험 분석(HAZOP) 시나리오 점검
 - 정량적 위험성 평가 용역 보고서 검토

<표 7.4> HAZOP Risk 등급에 따른 허용 위험도

사고 심각도	허용 위험도 (목표값, /yr)	내용	Social Risk Criterion
1	1.0E-05	위험성이 매우 커서 즉각적으로 보완책이 필요하므로, 위험도 등급을 3 이하로 낮출 수 있도록 권고 사항을 제시해야 함	10~1,000명 사망 기준
2	1.0E-04	위험이 커서 가능한 빨리 보완책이 필요하므로, 위험도 등급을 3 이하로 낮출 수 있도록 권고 사항을 제시해야 함	10~1,000명 사망 기준
3	1.0E-03	위험성이 약하므로 보완책이 반드시 필요하지는 않으나, 운전성 측면에서 권고 사항을 제시할 수 있음	상해 기준
4	1.0E-02	위험성이 없으므로 보완책이 필요 없으나, 운전성 측면에서 권고 사항을 제시할 수 있음	-
5	1.0E-01	위험성이 없으며, 권고 사항도 없음	-

- LOPA 수행 결과는 61개 시나리오 중 시나리오 103 이외에는 모두 허용 수준을 만족하는 것으로 검토되었으며, 12개의 시나리오에 대한 추가적인 정량 평가를 <표 7.5>와 <표 7.6>에 나타내었음

<표 7.5> LOPA 수행 결과

번호	시나리오 번호	HAZOP Risk	허용 수준 (/yr)	LOPA 결과 (/yr)	허용 여부	FTA 적용 여부
1	101	4	1.0E-02	8.0E-08	YES	NO
2	102	2	1.0E-04	6.0E-05	YES	NO
3	103	2	1.0E-04	1.0E-02	NO	YES
4	104	4	1.0E-02	2.4E-05	YES	NO
5	105	5	1.0E-01	1.0E-07	YES	NO
6	106	4	1.0E-02	1.0E-06	YES	NO
7	107	5	1.0E-01	8.0E-06	YES	YES
8	108	1	1.0E-05	1.0E-05	YES	YES
9	109	5	1.0E-01	7.2E-04	YES	YES
10	110	2	1.0E-04	6.0E-06	YES	NO
11	112	2	1.0E-04	6.0E-05	YES	NO
12	113	2	1.0E-04	1.0E-05	YES	NO
13	114	2	1.0E-04	1.0E-05	YES	NO
14	115	2	1.0E-04	1.0E-07	YES	NO
15	116	2	1.0E-04	1.0E-04	YES	NO

<표 7.6> FTA 분석 결과

번호	시나리오 번호	HAZOP Risk	허용 위험도 (/yr)	LOPA 결과 (/yr)	FTA 결과 (/yr)	허용 여부
1	103	2	1.0E-04	1.0E-02	2.12E-03	NO
2	107	5	1.0E-01	8.0E-06	1.98E-10	YES
3	108	1	1.0E-05	1.0E-05	4.89E-11	YES
4	109	5	1.0E-01	7.2E-04	5.86E-04	YES
5	117	5	1.0E-01	1.0E-06	2.86E-09	YES
6	118	3	1.0E-03	1.0E-06	6.48E-12	YES
7	121	3	1.0E-03	1.0E-04	6.24E-04	YES
8	124	3	1.0E-03	1.0E-06	8.30E-10	YES
9	201	1	1.0E-05	2.4E-08	8.29E-08	YES
10	204	1	1.0E-05	1.0E-05	1.20E-07	YES

<표 7.6> FTA 분석 결과(계속)

번호	시나리오 번호	HAZOP Risk	허용 위험도 (/yr)	LOPA 결과 (/yr)	FTA 결과 (/yr)	허용 여부
11	207	2	1.0E-04	8.0E-06	2.31E-05	YES
12	224	2	1.0E-04	1.0E-04	6.52E-05	YES

주) : 추가적인 정량 평가(FTA)를 위한 12개 시나리오

- 대상 공정 비상 조치 계획 수립 여부 확인
- 주민 대피 상황에 대한 고려 조건 확인
 - 대상 공정 사고의 전파
 - 주민 대피 절차
 - 대상 공정 인근 지역의 주민 대피 필요성
 - 대상 공정 해당 지역의 주민 대피 체계 현황

3. 기업 리스크 관리 강화 방안

□ 기업 내 강화 방안

- 신속한 재난 및 사고 상황 전파
- 사고 시나리오 기반 평가 DB를 활용한 주민 대피 시나리오 구축
- 주민 대피 관련 인프라 구축 및 훈련
- 주민 참여 격려 및 안전 의식 성숙을 위한 주민 대상 안전 캠페인 개최
- 기업 내 대상 공정 전체를 포용할 수 있도록 위험 요소별 소화 설비 설치
 - 포 소화 설비, 물 분무 소화 설비, 가스 소화 설비, 가스 누출 감지 장치 및 각종 소화 설비 설치를 통한 화학 산업 내 위험 물질 누출 이중 방지 필요

<그림 7.5> 대상 공정의 water curtain 설치 사례



□ 제도적 강화 방안

- 구체적인 위험 기준을 마련하고 시설의 허용 여부 및 안전 관리 정도의 지침으로써 적극적인 활용이 필요함
- 개인적 위험 기준에 대한 선진국 사례 및 개선 사항
 - 영국안전보건청(Health & Safety Executive, HSE)는 일반인의 개인적 위험 기준을 작업자보다 1/10 정도 낮게 설정하고 있음
 - <표 7.7>과 같이 작업자에 대한 개인적 위험은 $10^{-4}/\text{yr}$ 이며, 일반인은 $10^{-5}/\text{yr}$, 무시 가능한 일반의 위험은 $10^{-7}/\text{yr}$ 로 점점 강화되는 추세임
 - 선진국의 사례와 같이 위험 기준을 강화함으로써, 기업이 제도적으로 높은 안전 수준을 유지할 수 있도록 해야 함

<표 7.7> 해외 위험 기준

Authority and Application	Maximum Tolerable Risk(/y)	Negligible Risk(/y)	비 고
HSE	10^{-4}	10^{-5}	
HSE New Nuclear	10^{-5}	10^{-5}	
SHELL	10^{-3}	10^{-5}	
BP	10^{-3}	10^{-5}	

<표 7.7> 해외 위험 기준(계속)

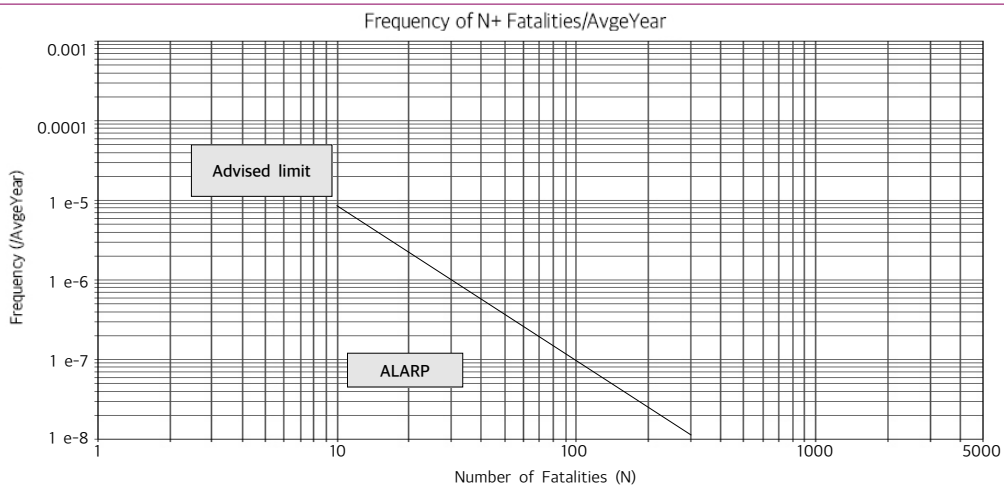
Authority and Application	Maximum Tolerable Risk(/y)	Negligible Risk(/y)	비 고
Norsk Hydro	10^{-3}		
ICI	3.3×10^{-5}		
Statoil	8.8×10^{-5}		
VROM(Netherlands)	10^{-6}		
NEW EXIST	10^{-5}		
Transports	10^{-6}		
Hong Kong	10^{-5}		
New South Wales	10^{-6}		
EPA of Western Australia	10^{-6}		
CA USA	10^{-5}	10^{-7}	

See I. L. & Carter, D. A., A worst case methodology for obtaining a rough but rapid indication of the societal risk from a major accident hazard installation, 2002

○ 사회적 위험 기준에 대한 선진국 사례 및 개선 사항

- 사회적 위험 기준은 문화, 기술 능력 및 시민 의식 등의 차이를 반영하여 체계적으로 정량화된 위험 관리가 필요함
- <그림 7.6>에서 나타난 것처럼, 네덜란드의 경우 기존 시설에 대해 $10^{-6}/\text{yr}$ 의 위험 등고선이 주거 지역에 있거나 F-N Curve상 10명 이상이 죽을 수 있는 확률이 $10^{-5}/\text{y}$ 이면 허용되지 않으며 모든 시설물을 본 기준에 맞게 엄격하게 관리함

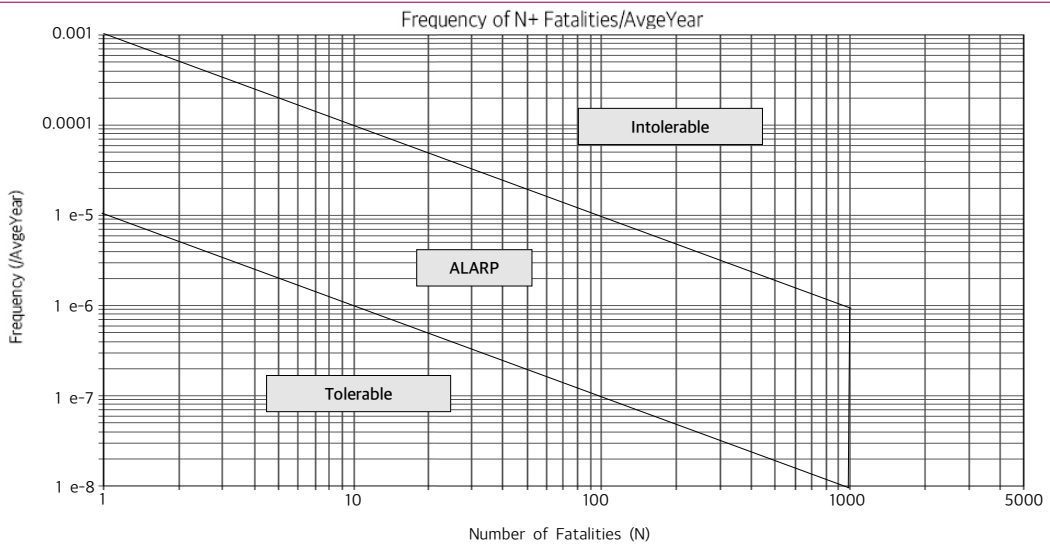
<그림 7.6> Netherlands Societal Risk Guideline Risk to the public only



자료: Bottleberghs, P. H., Risk analysis and safety policy developments in the Netherlands, 2003

- <그림 7.7>과 같이 홍콩 정부의 경우 산업 시설 인근의 높은 인구 밀도를 반영, $10^{-5}/y$ 이상의 사망률의 위험 등고선은 불합격이며, F-N 커브 상 10명이 죽을 수 있는 확률이 $10^{-4}/y$ 이 되는 라인과 같은 기울기로 1,000명 사망률 점까지 연결되는 규제 기준을 통해 새로운 시설 및 변경 시설을 엄격하게 관리 중

<그림 7.7> Hong Kong Societal Risk Guideline Risk to the public only



자료: James, K., Societal risk report, 2015

- 화학 산업은 다양한 물질, 다수의 공정, 설비, 계측 장비들이 함께 기술자들이 유기적으로 작업하는 분야이므로, 필연적인 불확실성은 항상 존재
- 앞선 선진국의 사례들과 같이, 개인적 및 사회적 위험도에 대한 기준을 명확히 하고 정성/정량적으로 평가하여 사고를 미연에 방지할 필요성이 있음



Natech(자연+기술 재난)에 대한 국가 리스크 관리 시스템



VIII

Natech(자연+기술 재난)에 대한 국가 리스크
관리 시스템

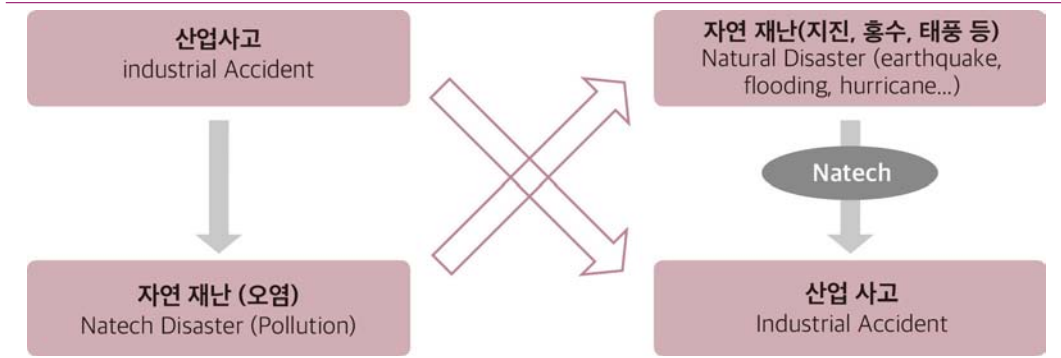
1. 서론

□ Natech(자연+기술 재난)에 대한 국가 리스크 관리의 필요성

○ Natech(자연+기술 재난)의 정의

- Natech 재난은 자연 재난(natural disaster)에 의해 발생하는 기술 재난(technological disaster)으로, 자연 재난과 기술 재난이 결합하여 복합적인 재난 형태로 발전
 - 기술 및 산업이 고도화·복잡화된 현대 사회에서는 자연 재난이 발생하게 되면, 산업 인프라에 영향을 미치게 되며 막대한 인명, 산업, 경제적 손실을 유발
 - 자연 재난의 불가항력의 영향과 복잡한 기술적 시스템에서 생기는 문제는 이들 간의 상승적 결합으로 인해 연쇄적으로 발생하고 대형화되는 추세임
 - 산업 사회인 현대 사회에서 자연 재난이 도시의 인프라 파괴 및 기술 재난을 동반하는 경우는 매우 빈번히 일어나기 때문에, 포괄적인 의미에서의 Natech 재난은 다양한 유형의 복합 재난을 포함

<그림 8.1> 자연 재난을 유발하는 산업 사고와 Natech 재난의 차이



자료: 오윤경, Natech 재난관리방안연구, 2013

○ Natech 리스크 관리의 필요성

- Natech 재난은 두 재난 영역 간 결합으로 인해, 불확실성이 증대됨에 따라, 더욱 세심한 재난 관리의 접근 방식이 요구
 - 전통적으로 지진, 해일, 태풍 등의 자연 재난은 단기적으로 종결되는 데에 반해, Natech 재난은 자연·기술 복합 재난의 형태로, 재난 유형이 동시다발적으로 발생함에 따라, 복구 및 갈등 해소의 장기화 경향을 보임
 - 여러 재난 유형이 결합되면서, 복잡성 및 불확실성이 높아지기 때문에, 재난의 유형에 따라 구분하여 접근하던 재난 관리 방식에 한계가 있으며 위험에 대한 인식부터, 대응 및 복구에 이르기까지, 자연 재난과 기술 재난의 연구 및 관리 정책은 서로 다른 전문적인 체계를 구축하여 왔음
 - Natech 재난 관리에 있어서는 과학기술의 기술적, 방법적 불확실성이 통제 불가능한 자연 재해적 요소와 결합하며 더욱 예측하기 어려워질 뿐만 아니라, 연쇄적 재난 발생에 의한 파급 효과가 크기 때문에 재난 정보를 받아들이는 사회적 인식의 차이를 일컫는 인식론적 불확실성 역시도 커짐
 - 기술 재난은 일반적으로 내부의 위험에 중점을 두며 위험을 초래한 산업 시설의 책임자에게 책임을 물었으나, Natech 재난은 외부 위험 요소에 의한 자연 재난과 결합한 유형이므로 책임의 소재 및 범위가 불분명하기 때문에 재난 관리 정책은 이러한 책임의 문제를 효과적으로 접근하는 것이 요구됨

2. 외국의 실태

□ Natech 재난에 대한 연구

- Showalter & Myers(1994)가 미국 내 Natech 재난 유형에 대해 조사하고 분석한 것을 시작으로, 1990년대 중후반 이후 미국, 유럽 등 서구의 연구자들에 의해 수행
 - 2000년대 초중반까지는 도시공학자 등을 중심으로 공학적, 기술적인 접근에서, Natech 재난의 사례를 수집·분석하고, 영향을 미친 요인을 밝히거나 대응 방식에 관해 공유하는 연구가 주를 이루었음
- 유럽연합집행위원회(European Commission)는 2003년 Natech 재난에 관한 워크숍 개최를 통하여 유럽 각국의 Natech 재난 사례 및 제도적 대비책을 소개
 - EC, OECD 등의 국제 기구들은 꾸준히 산업 재해 기준, 화학 사고 예방 프로그램 등을 통해 Natech 재난에 대한 인식을 넓히고 제도적 개선을 위한 가이드라인을 제공하는 등의 활동을 지속
 - EC는 2010년 유럽 14개국의 Natech 위험 감소를 위한 노력과 규제 현황 등을 종합적으로 조사한 바 있으며, OECD 역시 Chemical Accident Program들을 통해 기술 재난 관리에 자연적 위해 요소의 영향을 반영하려는 노력을 지속
- Natech 재난관리는 2011년 일본 후쿠시마 대지진으로 인한 원자력 발전소 및 정유 시설의 문제가 발생하면서 다시 큰 관심을 갖게 된 계기가 됨
 - OECD는 2012년 Natech 위험 관리 워크숍에서 예방 및 관리, 기후 변화와 Natech 재난, 사후 책임 관계, 국제 협조 등을 주제로 다루었고, 세계 각국 역시, Natech 재난 유형을 고려한 법제도 개선에 노력을 기울이고 있음
 - 이와 같은 흐름에서, Natech 재난 관리는 공학적 접근 뿐 아니라, 사회적, 정책적 접근의 연구의 필요성이 제기됨

3. 우리나라 현황

- 우리나라는 일본 후쿠시마 원전사고 이후 복합 재난과 관련하여 통합적 재난 관리의 필요성이 제기되는 등, 정책적 변화를 꾀하고 있기는 하나, 현재까지는 기존의 재난 유형별 재난 관리 및 연구에 초점이 맞추어져 있다고 보여짐
- Natech 재난 관리는 국내 정책학자는 물론, 재난 관리를 지속해온 학자들에게 제대로 소개된 바 없는 분야로, 개념의 정립에서부터 체계적인 연구가 필요함
 - 다행히 한국행정연구원의 연구 보고서인 Natech 재난 관리 방안 연구(오윤경, 2013)에 Natech 재난에 대한 우리나라 실태 등을 잘 담고 있음
 - 국내에서는 자연·기술 복합 재난에 대한 통합 자료 또는 사례에 대한 자료는 많지 않으며, 재난 현황은 각 유형별로 발생 현황 자료가 구축되어 있음
- 최근 들어 지진 산불 등으로 인한 산업·기술 사고의 우려가 증가하고 있으나 산업 시설의 안전 및 재난 관리 제도에 있어 자연 재해 고려 수준이 아직 미흡함

4. 최근 국내 Natech 재난 사례

□ 대형 유류 탱크 화재

○ 국내 현황

- 2018년 10월 7일 외국인 노동자가 무심코 날린 풍등 하나에 잔디밭에 화재가 발생한 후 이 화재로 인하여 경기도 고양시 대한송유관공사의 저유소에서 유증기 폭발로 인한 탱크 전면 화재가 발생하여 직경 28.4m의 가솔린 탱크 17시간 만에 진화
- 우리나라에서 1,148개 대형 유류 저장 탱크를 국가 기반 시설로 지정 관리하고 있으며 특히 울산시는 675기의 탱크가 500만L 이상으로 고양 저유소 화재 탱크 규모 이상이며, 직경 80m를 넘는 탱크만 해도 40기가 운영 중

- 만일 2017년 포항에서 발생한 포항 지진의 여파가 울산 석유 화학 단지에 영향을 미쳐 위와 같은 대형 유류 탱크에 화재가 발생할 시 초기에 탱크 전면 화재를 진화하지 못하면 울산 석유 화학 단지 전체로 화재가 확산될 가능성이 매우 높음
- 직경 45m가 넘는 대형 원유 저장 탱크가 전면 화재로 발전되는 경우 기존의 소방 시설과 소방력으로 대응이 불가능
- 이는 이미 외국의 사고 사례에서 증명이 되었으며 미국, 일본, 싱가포르 등의 국가에서는 오랜 노력 끝에 이러한 대형 원유 저장 탱크의 전면 화재 진압 시스템과 진압법을 개발하여 활용하고 있으므로 우리나라 석유 화학 단지를 중심으로 이에 대한 대책이 시급

○ 대형 원유 저장 탱크 화재 위험 특성

- 원유나 가솔린, 나프타 등 휘발 손실을 고려할 필요가 있는 석유류의 저장에 많이 이용되는 부상지붕식 탱크는 증기의 생성을 막기 위해 지붕판이 탱크 내 액면과 밀착되어 있으며 액면의 높이에 따라 지붕이 상·하로 움직이는 형태를 띠고 있음
 - 지붕 가장자리 부분에는 고무 재질의 Rim Seal이 설치되어 있는데 초기 화재는 Seal을 통해 누출된 증기에 의해 발생하는 소규모의 Rim Fire(환형화재)가 대부분. 그러나 탱크 내의 석유류가 누출되는 경우 위험성은 급격히 증가. 진화 작업이 지연되거나 너무 많은 폼이 지붕에 살포되면 지붕이 가라앉으면서 액표면 전체로 화재가 확산될 수도 있음
 - 원유 저장 탱크로 가장 많이 활용되는 부상 지붕식 탱크의 화재 발전 양상은 작은 화재로 시작하여 전면 화재로 확대될 수 있으며 지붕과 벽체 사이 Seal 틈으로 새어나온 증기는 화재로 이어질 수 있는 가능성이 높음
 - 원유의 휘발성, 유동성, 낮은 인화점 때문에 화재가 초기에 진압되지 못하면 전면 화재로 이어지고 전면 화재 또한 장기화 될 경우 Boil over가 발생

○ 대형 원유 저장 탱크 화재 사례

- 1983년 8월 30일 오전, 영국 Milford Haven에서 원유 저장 탱크 화재 발생
 - 직경 78m, 높이 20m 탱크의 저장 용량은 94,110m³로 사고 당시 46,376m³를 저장. 오일이 지붕으로 새어 나와 있다가 불씨에 의해 점화된 것으로 추정

- 화재 현장에 진압대원 150명, 소방차 50대, 폼운반차 70대가 동원되었고 763,000L의 폼을 사용하였지만 진압은 성공하지 못함
- 2001년 6월 7일, 미국 루지애나주(州) 소재 정유 회사에서 발생한 대형 원유 저장 탱크 화재 발생
 - 3M ATC 포 소화 약제 106,000L가 진압에 사용되었고, 유증기 억제를 위해 140,000L 포 소화 약제 사용
 - 직경 82.4m, 높이 9.8m인 Orion Tank 화재는 각각 15,000LPM, 30,000LPM 두 대의 대용량 방사포 사용하여 65분 만에 전면 화재를 완전 진압한 성공적으로 사례로 널리 알려져 있음

○ 신개념 풋프린트(foot print) 진압법

- 저장 탱크 화재 시 포 소화 약제가 연소 액면을 가로질러 효과적으로 이동할 수 있는 거리는 30m에 불과
 - 직경이 60m를 초과하는 탱크는 포가 액면 전체를 덮을 수 없다는 한계를 극복하기 위해선 더 많은 양의 포 수용액을 더 짧은 시간에 방사하여 연소 액면을 도포하여야 함
 - 그래서 개발된 것이 대량의 노즐로 대량의 폼 소화 약제를 방사(대용량 방사포)하는 신개념의 Foot Print 진압법임
- 원유 저장 탱크의 전면 화재 진압을 위한 최소 방사율은 8.1L PM/m²이며 액면 1m²에 분당 8.1L의 포 수용액을 방사하되 최소 65분간 방사할 수 있는 수원과 포 소화 약제를 갖추어야 함
 - 2014년 원유 누출 사고가 발생한 S-Oil의 직경 84m 탱크에 전면 화재가 발생했다면 285만여L의 수원과 8만여L의 포 소화 약제가 필요할 뿐만 아니라 매 분당 4만5천여L의 포 수용액이 탱크 상부에 방사되어야 함. 현재 우리나라 소방의 보유 장비와 능력으로 대응이 불가능함
 - 만일 S-Oil 원유 어장 탱크에 전면 화재가 발생했다면 해당 탱크가 위치한 온산 석유 화학 단지는 위험물 저장 시설들의 설치 위치로 볼 때 도미노 화재 사고로 이어져서 공단 전체에 큰 피해를 입혔을 가능성이 매우 높음

○ 해결 과제

- 우리나라 석유 화학 단지는 국가 경제 발전의 원동력이 되는 동시에 안전 측면에서는 대규모 위험물 저장 시설이 해당 사업장과 인근 회사뿐만 아니라 지역 주민에게 영향을 미칠 수 있는 중대한 잠재 위험 요소이며 사고 시 국가 경제에 악영향을 미칠 수 있음
 - 일본은 지진에 의해 전면 화재가 발생한 사례가 있었지만 효과적인 진압을 하지 못하여 개선 방안으로 일본은 콤비나트 재해방지법을 개정, 방재 시설과 조직을 보완하면서 대용량 폼 방사 시스템을 갖추게 됨
- 현재 우리나라는 이러한 대규모 저장 탱크 화재 사고에 대한 준비가 미흡하여 대용량 폼 방사 시스템을 활용한 Foot Print 진압법의 도입이 시급. 따라서 아래의 4가지 과제의 해결을 위한 이해 당사자들의 노력이 필요
 - 대형 유류 저장 탱크 전면 화재 대비 대용량 폼 방사 시스템 도입
 - 국가 석유 화학 산업 단지 실정에 맞는 조직 편성 및 장비 배치
 - 국가 석유 화학 산업 단지 내 기업체 간 공동 방재 조직 구성 및 운영
 - 대형 유류 저장 탱크에 대한 진압 교육 훈련 강화

□ 대형 산불

○ 국내 현황 및 대형 산불의 위험 특성

- 2005년 양양 산불에서 경험했듯이 대형 산불로 인하여 천년 고찰인 낙산사가 유실되는 피해가 발생. 새해 첫날 양양에서 발생한 산불은 축구장 면적의 28배에 달하는 산림을 잣더미로 만들고 다음 날 정오에야 겨우 진화
- 2019년 4월에 강원도 고성에서 기계적 결함으로 변압기가 터져서 발생한 대형 산불은 강릉 옥계 산불로 번져서 250ha를 태워 결국 국가 비상 재난 상태를 선포
- 기후 변화의 영향으로 산불의 크기는 갈수록 대형화하는 특성을 가지고 있으며 지역 개발로 인해 일반 시설물과 산림의 경계가 모호해지는 가운데 대형 산불이 사회적 재난으로 연결되는 위험성을 내포

- 고성 화재로 속초고성 주택 120여 채가 불탔으며 김치 공장, 휴대전화 기지국 학교 등도 피해를 입어 그 피해의 크기가 과거의 산불과 매우 큼
- 이러한 대형 산불 피해가 미칠 가능성이 있는 곳에 유류 저장 탱크 등 위험물 취급 시설이 위치해 있을 경우 위험의 크기는 더욱더 커짐

○ 해결 과제

- 유류 탱크 화재의 경우와 마찬가지로 산불의 경우 초기 화재 진압이 피해 확산 방지에 가장 중요한 요소
 - 그러기 위해서는 소화수를 대량으로 살포할 수 있는 초대형 헬기가 필요한데 우리나라의 산불 진압용 초대형 헬기의 숫자가 턱없이 부족한 현실
 - 따라서 예산상의 제약이 있을 지라도 초대형 헬기를 조기 추가 도입하여 대형 산불이 많이 발생하는 강원, 경북 등 동해안 지역에 집중 배치하게 되면 산불 초기 진화에 충분히 효율적일 것임

<표 8.1> 산림 헬기 보유 현황

기종 \ 관리소	계	본부	익산	양산	영암	안동	강릉	진천	함양	청양	서울	울진	제주
계(대)	47	6	3	5	3	4	4	4	5	4	5	3	1
S-64(초대형)	4	1	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-
KA-32(대형)	30	4	2	2	2	3	3	3	3	2	3	2	1
KUH-1(중형)	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Bell-412(중형)	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bell-206(소형)	7	-	-	3	-	-	-	-	2	2	-	-	-
AS-350(소형)	4	-	-	-	-	-	1	-	-	-	2	1	-

주: 초대형(담수량 5,000L이상), 대형(2,700~4,999L), 중형(1,000~2,699L), 소형(1,000L미만)

자료: 산림청, 산림 헬기 보유 및 제원 현황, 2019

5. Natech 재난의 효율적 관리를 위한 정책적 제언

□ 분야의 지속적이고 장기적인 교류를 바탕으로 보다 포괄적으로 접근

- 각 분야 간 단발적, 필요에 따른 일시적 교류만 이루어지고 있는 상황에서 서로의 전문 분야에 대한 제대로 된 이해가 없이, 협력 체계를 구성하는 것은 실효성이 떨어질 수밖에 없음
 - 재난 안전 분야에서 위협의 가능성을 어떻게 인지하고 어떠한 전략을 수립하고 있는지에 대한 심도 있는 교류를 위해서는 장기적인 관점에서 다학제적 접근 방안 필요
- 기존의 기술적, 계량 경제적 접근에서 재난 관리는 위협을 계량화하고 예측하는 데에 중점을 두었다면, 사회문화적 연구는 재난 상황의 불확실성이 사회적, 정치적 상황 속에서 어떻게 전개되는지에 대해 보다 포괄적인 접근이 가능
 - 기술적, 계량적 접근은 발생 확률과 상대적 영향에 따라 재난 및 위협을 단순화 하여 측정하고 체계화하는 방식으로 작업을 진행해왔는데, 연쇄적인 반응으로 일어나는 복합 재난 상황에서는 발생 확률 계산 및 상대적 영향에 대한 평가가 모두 제한적
 - 불확실성의 문제가 더욱 복잡하게 얽혀있는 복합 재난 관리를 위해서는 사회, 복지, 문화, 정치 등 다양한 사회 전반의 관점에서 바라볼 수 있는 포괄적인 접근이 필요
 - 지속적이고 포괄적인 학제 간 교류를 위해서는, 학계, 실무, 연구 기관 등의 전문가 교류의 정례화 및 정부 차원의 지원, 그리고 학계의 관심이 필요
 - 각 부처의 전문가 그룹을 구성하여 지속적인 교류를 지원하고, 학회, 논문집, 대학 전공 개설 등 학제 간 상호 이해와 교류를 활성화시킬 수 있는 여러 방법을 모색하여 복합 재난 관리 연구 및 정책 개발의 효과성을 제고할 필요

□ 전문가 양성

- 복합 재난 관리를 위한 좋은 정책과 방법이 많이 제시된다 하여도, 결국 성공의 여부는 재난 관리의 참여 인력에 달려있음
 - 우리나라는 순환 보직의 형태로 인해 재난 관리 실무 공무원의 복합 재난에 대한 인식 및 전문성이 낮을 수밖에 없고, 따라서 재난 상황 발생 시 신속한 대처가 어렵다는 한계가 있음
 - 또한 재난 관리를 전담하는 인력의 규모 역시 적기 때문에, 재난 상황에서는 비상 근무 체제에 따라 업무를 수행하지만, 평상 시에 재난 예방 및 복구의 과정에서 투입 가능한 인력은 극히 제한적
 - 따라서, 복합 재난 관리의 원활한 총괄 및 조정 기능을 위해서는 역량과 전문성을 갖춘 적정 규모의 전담 인력을 배치하여, 재난 안전 관리의 전 단계에 걸쳐 계획 및 평가의 기능을 수행하도록 할 필요기 있음

□ 복합 재난 관리를 위한 기술 개발을 지원하고 그 결과를 활용

- 과학기술을 활용한 재난 관리는 재난 정보의 정확성과 신속성, 그리고 정보의 원활한 흐름을 위해서도 기술의 개발을 지원하고 그 결과를 정책 과정에 적극 활용하기 위한 계획 수립이 필요
 - 체계적인 재해 예방 및 피해 저감을 위해 필요한 분야의 기술 개발에 투자를 확대할 필요가 있음. 국내 일부 전문 기관에서 관련 기술들이 개발되고는 있지만 이러한 기술의 현실적·구체적 활용은 미흡
 - 따라서 기술 개발 뿐 아니라, 기술 도입을 위한 활용 계획 수립, 시범 사업의 도입 등 개발된 기술이 실제로 적용될 수 있도록 전략을 세울 필요가 있음
 - 특히 복합 재난은 2개 이상의 분야가 공동으로 기술을 연구·개발해야 하는 경우가 많기 때문에, 현재 개별 부처별로 수립하고 있는 재난 관리 기술 개발 정책 현황을 파악하여 검토하고, 이를 연계하는 방안을 마련하는 한편, 향후 공동 투자 및 개발을 효율적으로 수행하기 위한 체계를 구축할 필요가 있음

□ 결론

- 2002년 영국내각에서 발간한 위험 관리 책자의 서문에 토니 블레어 총리는 다음과 같이 기술
 - 리스크 관리란 변화와 혁신의 한 축과 충격과 위기를 회피하는 다른 축 간의 균형을 맞추는 것으로서 좋은 정부가 해야 할 중심 업무
- 각종 사고로부터 국민의 생명을 지켜 사람이 우선인 나라를 만들겠다는 문재인 정부의 공약이 실현되는 데에 Natech 재난 관리도 중요한 안전 요소 중 하나일 것임



과학기술을 통한 국가 리스크 관리 시스템 강화 방안: 미세먼지 대책을 중심으로



IX

과학기술을 통한 국가 리스크 관리 시스템 강화
방안: 미세먼지 대책을 중심으로

1. 초미세먼지로 인한 건강 영향의 중요성

□ 미세먼지 크기, 성분, 성상에 따른 위해성

- PM 2.5 이하 미세먼지에 대해 상대적 대응 미흡. 미세먼지의 인체 유해성, 구성 성분 등을 고려해 향후 개선 필요
 - PM 2.5를 중심으로 정책 방향을 설정하고, 성분 분석을 통한 위해성 평가로 사전주의적 정책 추진
 - 미세먼지 정책 목표 및 사후 평가를 건강 기준으로 설정 필요. 아울러 사회·경제적 취약 계층 및 지역에 대한 지자체의 적극적 대책 강구 필요

□ 도시화와 산업화로 인한 낮은 대기 환경 지수와 미세먼지 피해 증가

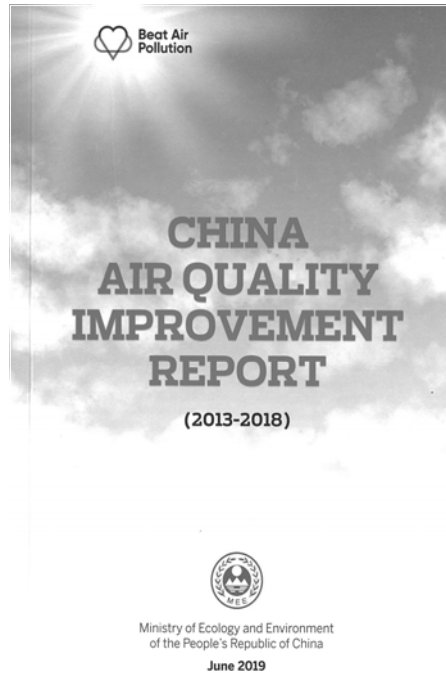
- 우리나라는 고소득 국가 가운데 가장 많은 인구가 대기 오염에 노출되고 있음
- 우리나라의 미세먼지에 의한 조기 사망자는 선진국 대비 높으며 고령화로 인하여 그 피해는 증가될 것임
- 기후 변화와 사막화, 주변국들의 산업화에 따른 오염 지수 악화로 미세먼지 증가가 예상되어 대기 환경 개선이 크게 요구됨
- 미세먼지는 의료비 증가 외에도 공기청정기, 마스크 등의 회피 비용 증가, 관광, 생태, 농업 등 각종 경제 활동 위축 등의 사회경제적 피해를 유발함

□ 국민 건강 보호

○ 미세먼지의 건강 영향

- 우리나라는 초미세먼지(PM 2.5)에 대한 대기 환경 기준이 2015년에 법제화 되어 비로소 국민 건강에 기반한 정책 수립을 위한 측정과 연구가 가능해 짐. 우리가 미세먼지라고 명명한 PM 10(크기가 10마이크론 이하의 먼지)에는 PM 2.5도 포함되어 있지만 흙이나 식물에서 유래하는 크기의 먼지를 많이 포함하고 있어 건강 영향을 대변할 수 있는 지표로는 적절하지 않음
- 건강한 일반 성인부터 민감 계층(어린이, 노인 등)까지 다양한 성격의 불특정 다수가 동시에 노출되고 있어 일괄적인 대책 적용보다는 대상별 맞춤 방안 제시가 필요함. 또한, 미세먼지로부터 국민의 건강을 보호하기 위해서는 노출 수준을 최소화해야 함
- 인체 위해성 측면에서 보면 각종 차량으로 인한 도로변에서의 인체 노출이 중요함. 대도시에는 주택이나 건물이 도로에서 멀지 않아 거주자들에게 도로변에서 직접 노출되는 정도에 버금가는 노출량을 보일 수도 있음. 또한 공업 지역에 밀접하게 있는 주거 지역의 경우도 연소에서 기인하는 미세먼지와 유해 가스에 직접 노출됨. 따라서 이러한 경우, 인체 위해성을 별도로 파악하기 위하여 미세먼지의 성분 분석과 인체 노출 및 위험 분석의 과학적 과정을 수행되어야 함
- 우리나라에는 아직 여기까지는 미시행 상태이나 빠른 기간 내에 준비해야 할 필요성이 있음. 그동안에라도 차량이나 검댕 등 연소 배출물의 인체 위해성에 기반한 대책을 수립하기 위하여 OECD 국가들과 중국에서도 이미 수행하고 있듯이 자동차 배출물을 측정하여 노출 평가와 위험 분석을 할 수 있어야 함

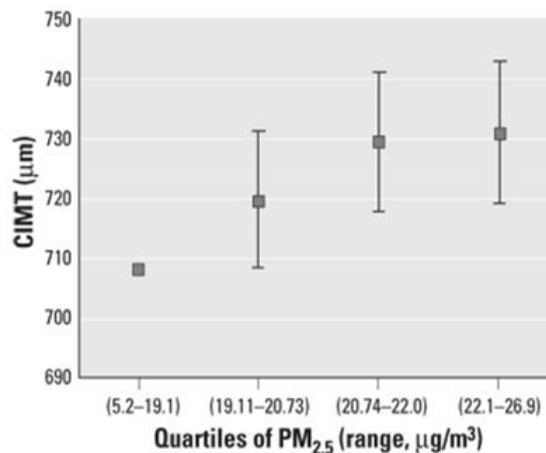
<그림 9.1> china air quality improvement report



- 미세먼지의 노출은 다양한 질병으로 이어질 수 있음. 미세먼지는 주로 호흡기 및 심·뇌혈관 질환과 밀접한 관련이 있으며, 입자의 크기가 작을수록 독성의 영향이 큼. 입자 크기가 작을수록 동일한 질량 대비 입자의 수가 많기 때문에 더 많은 입자가 인체 특정 부위에 흡착할 수 있으며, 폐포를 거쳐 체내 혈관으로 침투해 다른 기관 및 조직으로 이동할 수 있기 때문임. 입자 크기가 5~10 μm 인 경우 안구에 알레르기성 결막염이나 각막염이 유발될 수 있으며, 2~5 μm 인 경우 코에 알레르기성 비염이 발생될 수 있음. 입자 크기가 1~2 μm 인 경우 기관지에 염증이나 폐기종 또는 천식이 발생할 수 있으며 0.1~1 μm 인 경우 폐포가 손상될 수 있음
- 미세먼지는 심혈관 질환과도 관련성이 높음. 미국에서 2005년 발표된 연구는 798명을 대상으로 임상 시험을 통해 심혈관 질환의 주요 예측 인자인 경동맥 내피 두께(CIMT)와 거주자의 미세먼지(PM 2.5) 농도 간의 상관 관계 분석을

통해 최초로 미세먼지가 동맥 경화와 관련성이 있다는 것이 밝혀짐. 이 연구에서는 미세먼지(PM 2.5)가 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 시 경동맥 내피 두께가 5.9%, $20\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 시 12.1% 증가한다고 발표함

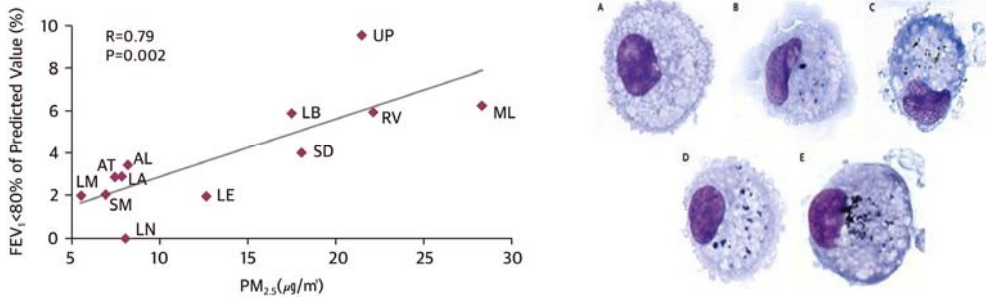
<그림 9.2> 미세먼지와 경동맥 내피 두께(CIMT) 간의 관계



자료: Kunzli *et al.*, Ambient Air Pollution and Atherosclerosis in Los Angeles, 2005

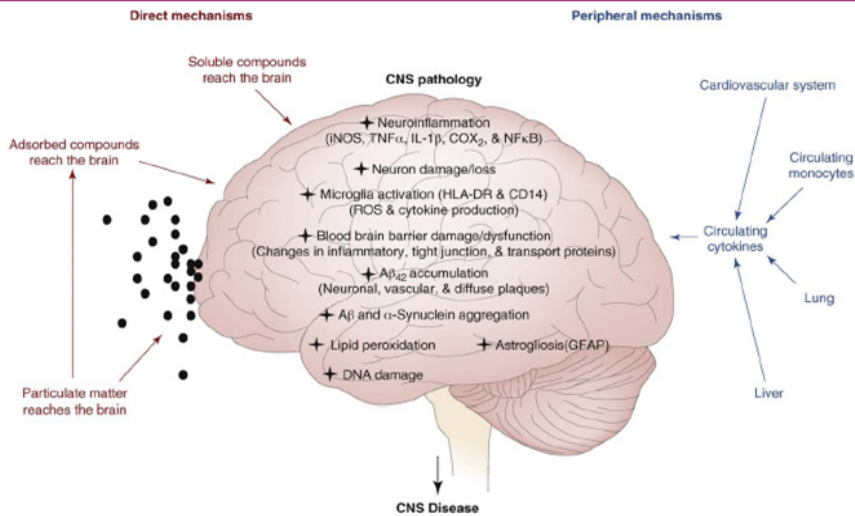
- 미세먼지는 호흡기 질환과 밀접한 관련성이 있음. 미국 남부캘리포니아 지역 12개 초등학교 1,759명을 대상으로 1993년부터 8년간 호흡 기능 발달을 추적 조사한 결과, 정상 예측치 80% 수준 이하의 1초간 노력성 호기량이 미세먼지 (PM 2.5) 저노출 집단에서 1.6%, 고노출 집단에서 7.9%로 나타나 저노출 대비 고노출일 때 4.9배 증가하는 것을 확인할 수 있음. 또한 대기 오염이 높은 도로변 지역에 거주하는 어린이의 대식 세포(체내 모든 조직에 분포하여 면역을 담당하는 세포)를 관찰한 결과 탄소 농도가 높았으며, 탄소 농도가 증가할수록 폐기능이 감소하는 것을 확인할 수 있었음

<그림 9.3> 미세먼지(PM 2.5) 노출에 따른 1초간 노력성 호기량(FEV1) 예측값
/ 대식 세포 내 관찰된 탄소



- 미세먼지는 뇌질환과 연관성이 있다고 밝혀져 있음. 크기가 매우 작은 미세먼지는 후각 세포 신경 경로를 따라 뇌에 도달한다고 알려져 있고 또 미세먼지에 의해 생성된 염증 매개 물질이 신경계에 도달함. 따라서 뇌세포에 염증 반응을 유발하며 혈액 뇌 장벽(blood brain barrier, BBB)에 손상을 일으키거나, 세포 내 DNA 손상을 일으킬 수 있는 것으로 확인됨

<그림 9.4> 미세먼지로 인한 중추 신경 질환 발생 기전



자료: Block M. L., Air pollution: mechanisms of neuroinflammation and CNS disease, 2009

- 2017년 WHO 보고서에선 미세먼지(PM 10)의 급성 피해로 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이 증가할 때마다 사망률이 0.7% 증가하고 만성적으로는 14% 증가한다고 보고되었음. 또한 어린이, 임산부, 환자, 노약자 등 민감 집단은 동일한 미세먼지 조건 속에서 일반 집단보다 더 민감하게 반응할 수 있어 민감 집단 위주의 미세먼지 관리를 목표로 삼을 필요가 있다고 하였음

<표 9.1> 미세먼지(PM 10) 급성/만성 인체 영향

구분	유형
	PM 10 ($10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 시)
급성 피해	• 기관지 확장제 사용 3.1% 증가 • 기침 3.6% 증가 • 하기도 질병 3.2% 증가 • 호흡기질환 관련 병원 입원률 0.8% 증가 • 사망률 0.7% 증가
만성 피해	• 사망률 14% 증가 • 기관지염 34% 증가 • 어린이 강제호기량(FEV1) 1.9% 감소

자료: WHO, 2017

2. 미세먼지 대책

□ 민감 계층 대책

○ 미세먼지 노출 행동 요령

- 미세먼지 관리의 주 대상은 민감 계층임. 영·유아 및 어린이는 면역 체계가 완전히 발달하지 못하여, 피부, 호흡기와 같은 신체 조직이 미세먼지에 민감하게 반응함. 노인의 경우 약한 면역력, 폐기능, 심혈관 기능과 방어 체계, 혹은 질병으로 진단되지 않는 심혈관이나 폐의 문제로 인해 미세먼지에 취약함
- 영·유아, 어린이 및 노인을 대상으로 한 국내 미세먼지 관련법을 살펴보면 환경부 「실내공기질관리법」에서는 어린이집과 노인 요양 시설을 대상으로 미세먼지 유지 기준과 권고 기준을 제시하고 있음. 2016년 12월 22일에 개정된 노인 요양 시설 미세먼지(PM 10, PM 2.5) 관리 기준은 2019년 6월 30일까지

각 $100\mu\text{g}/\text{m}^3$, $70\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이며, 2019년 7월 1일부로 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$, $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 강화되었음.
또한 권고 기준이었던 미세먼지(PM 2.5)는 유지 기준으로 변경되었음

<표 9.2> 환경부 - 「실내공기질관리법」 민감 시설 미세먼지 관리 기준

오염 물질 항목 다중 이용 시설	<개정 2016.12.22.>		<개정 2018.10.18.> 2019년 7월 1일 시행	
	미세먼지 (PM 10) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	미세먼지 (PM 2.5) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	미세먼지 (PM 10) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	미세먼지 (PM 2.5) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
	유지 기준	권고 기준	유지 기준	
가. 민감 시설(노인 요양 시설)	100 이하	70 이하	75 이하	35 이하
나. 민감 시설: 의료 기관, 산후조리원, 노인 요양 시설, 어린이집				

- 교육부의 「학교보건법 시행규칙」에 따른 공기 질 등의 유지·관리 기준에서는 미세먼지(PM 10)는 $75\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로, 미세먼지(PM 2.5)는 $35\mu\text{g}/\text{m}^3$ 이하로 관리하고 있음

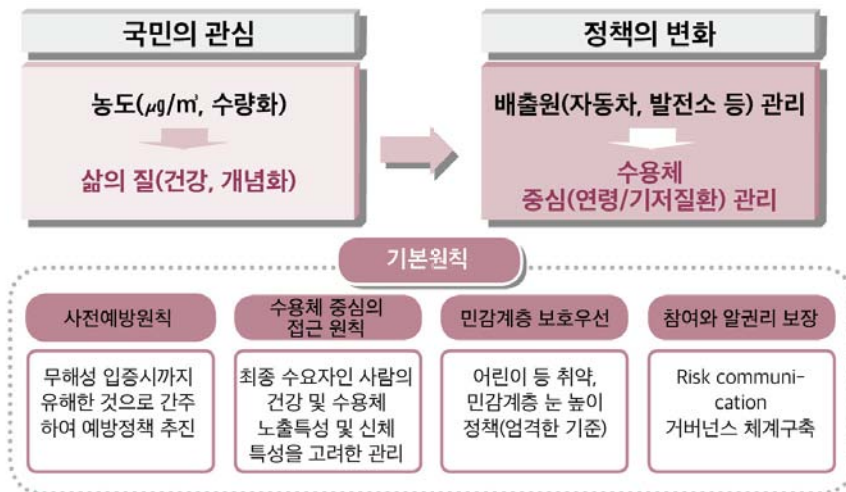
<표 9.3> 교육부 - 「학교보건법 시행규칙」 미세먼지 유지 기준

구분	미세먼지 유지 기준($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	
미세먼지 (PM 10)	75	모든 교실
미세먼지 (PM 2.5)	35	모든 교실

- 2019년 2월 15일에 시행된 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법(약칭: 미세먼지법)」에서도 민감 계층에 대한 미세먼지 관련 법을 명시하고 있음
- 제22조(미세먼지 집중관리구역의 지정 등)에 따르면 시·도지사, 시장·군수·구청장은 미세먼지 오염이 심각하다고 인정되는 지역 중 어린이·노인 등이 이용하는 시설이 집중된 지역을 미세먼지 집중관리구역(이하 ‘집중관리구역’)으로 지정할 수 있음
- 이에 1) 「대기환경보전법」 제3조에 따른 대기 오염도의 상시 측정, 2) 살수차·진공청소차의 집중 운영, 3) 어린이 등 통학 차량의 친환경차 전환, 4) 학교 등에 공기 정화 시설 설치, 5) 수목 식재 및 공원 조성을 지원함. 또한 제23조(취약계층의

- 보호)에서 정부는 어린이·노인 등 미세먼지로부터 취약한 계층(이하 ‘취약 계층’)의 건강을 보호하기 위하여 일정 농도 이상 시 야외 단체 활동 제한, 취약 계층 활동 공간 종사자에 대한 교육 등 취약 계층 보호 대책을 마련해야 함
- 민감 계층 관리 대책은 인체 위해성 관점에서 사전 예방 원칙, 수용체 중심의 접근 원칙, 민감 계층 보호 우선, 참여와 알권리 보장 등 기본 원칙 아래에서 과학적 근거를 바탕으로 확고한 방향을 제시하여 현장에서 미세먼지 관리 대책을 실제로 이행할 수 있도록 지원해주어야 함

<그림 9.5> 민감 계층을 위한 미세먼지 관리 대책의 방향성



□ 국민 불안 해소

○ 공기청정기의 올바른 사용에 대한 정보 제공 및 보급형 공기청정기 공급 확대

- 미세먼지 고농도 시 국민의 입장에서 선택 가능한 미세먼지 대응·회피 수단이 매우 제한적이므로 미세먼지 저감과 건강 보호 효과가 분명한 공기청정기 활용 필요성은 인정
- 공기청정기의 올바른 사용에 대한 정확한 정보 제공과 함께 일반 국민이 적정 부담으로 사용 가능한 보급형 공기청정기 공급 확대 필요

○ 미세먼지에 대한 대국민 인식 및 정부의 노력

- 국내 평균 농도가 개선되고 있는 여러 이유 중에 하나는 정부와 학계의 노력이라고 볼 수 있음. 물론 제시된 정책의 실효성 부분에선 국민의 불만을 일으킴. 이에 국회에서는 국내 미세먼지의 총체적 해결을 위해 2019년 3월 13일 미세먼지 관련 법안 8개를 통과시킴

<표 9.4> 미세먼지 관련 법안 8개

-
1. 재난 및 안전관리기본법 개정안
 2. 액화석유가스(LPG) 안전관리사업법 개정
 3. 학교보건법 개정
 4. 미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법 개정
 5. 대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법 제정
 6. 대기환경보전법 개정
 7. 실내공기질관리법 개정
 8. 항만대기질특별법 제정
-

- 「재난 및 안전관리기본법」 개정안에서는 미세먼지를 사회 재난 범주에 포함함. 따라서 앞으로 미세먼지 해결에 추가경정 예산이 투입될 수 있으며, 재난 시 사용할 수 있는 특별교부금도 미세먼지 저감에 쓸 수 있게 되었음. 행정안전부는 이 법에 근거해 향후 고농도 미세먼지 발생 시 민간 차량 2부제 도입도 추진하기로 하였음
- 「액화석유가스(LPG) 안전관리사업법」 개정안을 통해 택시, 렌터카, 장애인 차량에만 허용되었던 LPG 차량을 일반인도 구매할 수 있게 되었음
- 「학교보건법」이 개정되면서 학교 교실에 미세먼지 측정기와 공기정화기 설치가 의무화되었으며, 필요한 비용은 국가와 지방자치단체가 분담하기로 함
- 「미세먼지 저감 및 관리에 관한 특별법」 개정안은 지난해(2018년) 8월 제정돼 지난달 15일 시행됐으며, 시행되자마자 개정되어 국가 미세먼지 정보센터의 설치·운영 규정이 현행 임의 규정에서 강행 규정으로 변경됨. 정보센터는 미세먼지 배출원 파악과 배출량 산정 방법 개발, 배출원별 비중(기여도) 분석, 비상 저감 조치 등 미세먼지 관련 정책 효과 분석, 배출량 산정 등을 맡게 되었으며, 조사·연구·교육과 기술 개발 등의 업무를 수행하는 기관·단체를 ‘미세먼지 연구·관리센터’로 지정하고, 이 비용의 일부 또는 전부를 지원할 수 있게 되었음

- 「대기관리권역의 대기환경개선에 관한 특별법」 제정안을 통해 대기오염이 심각하다고 인정되는 지역이나 인접 지역 등을 대기관리권역으로 지정 및 환경 개선을 추진할 수 있게 되었음. 대기 관리 권역 내에서는 대기 오염 물질 배출 사업장을 대상으로 오염 물질 총량 관리를 시행할 예정이며, 배출 사업장에 자동측정기를 부착하고, 이에 대한 비용을 지원할 수 있게 되었음. 또한 노후 경유차에 대해서는 배출 가스 저감 장치 부착 등을 하도록 하고, 저감 장치를 부착하지 않은 차량에 대해서는 지방자치단체 조례로 운행을 제한하게 되었음
- 「대기환경보전법」 개정안에서는 노후 건설 기계에 대해 저공해 조치를 명령할 수 있게 되고, 저공해 조치 때 예산을 지원할 수 있음. 발전소·사업장 등 미세먼지 대량 배출 사업장에 설치된 굴뚝자동측정기기(TMS) 측정 결과는 실시간으로 공개되며, 자동차 배출가스 관련 부품을 떼내거나 훼손하는 행위, 설정을 임의 변경하거나 촉매제(요소수 등)를 사용하지 않는 행위를 금지하고, 위반 시 1년 이하의 징역이나 1,000만 원 이하의 벌금 부과할 수 있게 되었음
- 「실내공기질관리법」 개정안에서는 2021년 3월 31일까지 지하역사에 실내 공기질 측정 기기 설치를 완료하고, 다중 이용 시설에서 측정한 실내 공기질 측정 기록의 보존 기간이 3년에서 10년으로 연장되었음. 어린이집과 노인 요양 시설 등 민감 계층이 이용하는 다중 이용 시설에는 실내 공기질 유지 기준이 강화되었고, 가정 어린이집과 협동어린이집, 실내 어린이 놀이시설에도 이 법이 적용됨
- 「항만대기질특별법」 개정안에서는 선박 배출 규제 해역에서의 황 함유량 기준을 초과한 선박 연료유를 사용할 수 없게 제한하였고, 항만 하역 장비의 배출 가스 허용 기준을 신설하였으며, 화물 운송 항만 사업자는 비산먼지 방제 시설을 설치해야 함. 또한 해양수산부 장관과 환경부 장관이 공동으로 항만 지역의 대기질 현황 및 변화에 대한 실태 조사를 실시하고, 항만 지역 등의 대기질 개선을 위해 5년마다 ‘대기질 개선 종합 계획’을 수립해야 함

3. 미세먼지 종합 정책

- 2019년 7월, 환경부에서 발표한 ‘미세먼지 저감정책 추진현황’에서 2013년도부터 시행한 미세먼지 관리 정책 추진 경과를 보고하였음. 주요 성과로는 석탄 발전 관리를 통한 노후 발전소 조기 폐지 공정률이 낮은 발전소의 LNG 발전으로의 전환, 봄철 노후 석탄 발전소의 가동 중지 등을 통하여 석탄 발전 미세먼지 배출이 줄고 있음을 발표하였음. 또한, 사업장 관리를 통한 수도권 소재 사업장 먼지 총량제 시행(‘18.1월), 다량 배출 사업장 배출 허용 기준 강화(‘19.1월), 질소산화물 배출 부과금 제도 신설(‘18.12월)하였음
- 신기술을 접목한 감시·감독 방안으로 드론, 이동식 측정 차량 등을 활용한 사업장 감시를 강화하였으며, 생활 부문 관리를 위하여 도로 청소 차량 보급 확대, 저녹스 보일러 설치 지원, 건설 공사장 등 비산먼지 발생 사업장 관리 강화를 추진하였음
- 운행 경유차 감축을 위하여 노후 경유차 21만 대 조기 폐차, 클린디젤 정책 공식 폐기, 운행 경유차 매연 배출 허용 기준 약 2배 강화, 배출 가스 집중 단속 및 자동차 민간 검사소 부정 검사 특별 점검을 실시하였고, 친환경차 보급을 통하여 미세먼지 배출 저감의 성과를 보고하였음
- 미세먼지 개선 대책으로 핵심 배출원(경유차, 사업장)과 사각지대(국방, 농업, 항만선박) 배출원 관리와 수송 부분과 사업장의 고강도 배출 저감 대책을 제시함. 또한 민감 계층 보호를 위한 미세먼지 집중 관리 구역 지정, 민감 계층 이용 시설 특별 관리 등이 필요하며, 주변 국가와의 협력을 통하여 원인 규명, 협약 등 국제 협력의 강화를 제시함

4. 향후 방향 및 결론

- 배출 물질의 대기 중 확산과 변환을 규명하기 위한 연구가 필요하며, 그 중에서도 PM 2.5 및 PM 10 그리고 black carbon에 대한 측정 기술 확립과 유기 탄소(organic carbon)에 대한 성분 분석, 독성 평가 및 환경과 인체 노출 평가가 필요함
- PM 2.5 및 PM 10 그리고 유기탄소 인체 노출로 인한 질병의 사전 예방을 위한 위해성 평가와 노출과 건강 영향 역학 연구가 필요함
- 미세먼지 저감을 위한 모든 투자와 저감의 효과로 얻어지는 건강상의 이득을 포함하는 모든 이득의 비교를 통한 비용-효과 분석의 실시가 필요하며, 논리적 이고 체계적인 미세먼지 위험 분석 기술의 확보가 필요함
- 인체에 유해한 연소 부산물 저감과 관련된 효과적인 정책 및 기술 방안을 공유하는 것이 필요함
- 국내/외 여러 국가 및 도시에서 수행한 성공적인 대기질 정책 사례를 수집하고 장점을 활용할 수 있어야 함
- PM 2.5 기반의 충분한 데이터 수집을 바탕으로 미세먼지 저감 정책을 수립해야 함
- 미세먼지 저감의 부차적 이익(co-benefit)을 자세히 확인하고, 이와 관련된 다양한 분야(CO₂ 저감, 재생 에너지 등)에서 최고의 시너지 효과를 얻을 수 있는 정책적 방향을 설정할 필요가 있음
- 미세먼지 저감을 위해선 충분한 인력, 자원 및 투자가 동반되어야 함
- 마지막으로, 배출(자연적, 인위적)에서부터 대기에서 일어나는 많은 물리/화학적 현상을 포괄적으로 연구할 수 있는 컨트롤타워가 반드시 필요하며, 미세먼지 문제 해결을 위하여 기 연구 성과의 통합과 미세먼지 저감 관련 R&D의 재정비 및 과학기술 개발의 노력이 더욱 필요함

X



결론 및 정책 제안



X

결론 및 정책 제언

1. 요약 및 결론

□ 상호 계몽 모형을 통해 본 리스크 인식과 거버넌스

- 위험 인식과 커뮤니케이션에 관한 이론적 논의: ‘위험 사회’란 현대 사회가 이전의 전통 사회와는 다르게 인간이 만들어낸 환경에서 유래한 각종 위험들을 성찰의 ‘대상’으로 인식하고 있다는 것을 나타내기 위해서 고안된 개념
 - 여기서 제시 할 ‘상호 계몽 모형(mutual enlightenment model)’이란 이론적 모형은 과학 사회와 일반 시민 사회가 서로의 의사 소통, 논쟁을 통해서 서로가 가진 위험 인식의 차이를 좁혀가는 ‘상호 계몽’의 과정에 초점을 맞춤
- 사례 연구: 상호 계몽 모형의 예시로 첫째는 영국에서 80년대 국회와 시민 사회, 과학자들 간의 대 논쟁을 이끌어냈던 소위 ‘시험관 아기’ 논쟁이고, 둘째는 현재 우리나라에서 논란이 되고 있는 원전 폐기 논쟁임
 - 상호 계몽 모형에 대한 두 개의 경험적 사례는 리스크 인식에 대한 과학자와 시민 사회 간의 격차가 좁혀져 과정을 보여줌
- 결론: 과학자들도 자신의 실험에 스스로 ‘한계’를 설정하고, 시민 사회의 제약을 받아들이며, 시민들은 과학자들의 연구를 이해하려고 노력하는 상호 ‘계몽’의 결과가 합리적 합의로 인도되는 것임
 - 그러나 이렇게 얻어진 합의도 우리가 현재 가진 ‘제한된’ 이성의 힘과 토론의 능력에 달려있으며, 이것이 어떤 궁극적인 합의라고 할 수는 없음

□ 국가 리스크 관리 현황과 정책 과제: 산불 사례

- 산불이 발생하면 우리나라의 경우 연기와 열에 직접 노출에 의한 사망과 응급 손상 및 재난적 특성에만 관심을 가져 왔으며, 그 결과 초기 대응에만 집중하여 왔음
 - 산불은 다양한 유해 물질에 노출되며, 초기 단계의 위중성과 시급성도 중요하지만 중장기적으로 건강 영향에 미치는 사람의 규모가 큰 공중보건학적 문제와 사회적 복구는 국가적 리스크 관리에서 더 중요함
 - 산불은 예방에서부터 대비, 대응 및 복구에 이르기까지 과학적 접근이 중요하며, 이를 기반으로 리스크 관리가 절실함
- 산불의 유해 요인을 파악하면, 산불에 의해 발생한 유해 물질은 연기, 토양, 실내먼지 및 빗물 등 매체별로 구분할 수 있음
 - 연기의 경우 단기적으로 대기 중 PM 농도를 급격히 증가시키며, 이로 인한 단기 사망률 및 응급실 내원 수를 증가시킬 뿐만 아니라 장기화하면서 다양한 만성 질환을 증가시킴
 - 건강에 영향을 미치는 유해 물질로 가스상 물질, 탄화수소, 할로젠화 탄화수소, 다이옥신 등 다양한 입자상 물질에 노출되고, 토양의 경우 바이오매스 연소 과정에서 다양한 유해 화학 물질이 생성됨
 - 특히 대표적인 발암 물질인 다환방향족 탄화수소 등에 노출되며, 산불이 도시로 번진 경우에 유해 화학 물질이 비산하여 실내에 유입될 수 있고 중금속에 노출될 수도 있음
- 유해 물질의 노출로 인하여 발생할 수 있는 건강 영향은 초미세먼지(PM 2.5)의 $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ 증가 당 0.5~2%의 사망률이 증가하며, 호흡기계 질환, 심혈관계 질환 및 병원 내원률을 증가시킴
 - 산불 발생 시 어린이, 임산부, 고령층, 호흡기 질환 기저 질환자 및 고위험 작업자의 경우 공중보건학적 민감 계층으로 특별히 관심을 가져야 함

- 해외에서는 산불 리스크 관리에 시스템 개념을 도입하고 있음
 - 선진국들은 위해성 평가 시스템을 상시 체계화하고 있으며 연속형 대기질 자료를 수집하고 국민들에게 실시간 제공함
 - 주민 건강을 위하여 재난 보건 시스템을 운영하고 있으며, 산불 발생 시 대기질 및 유해 물질 노출 심각도에 따라 권고 조치 사항 및 보호적 행동 지침을 마련하고 있음
- 우리나라도 과학적 근거와 경험을 바탕으로 리스크 대비와 대응 체계를 마련해야 할 것임
 - 산불 등 각종 위험과 유해 물질로부터 국민의 안전을 지키고 예방과 대비 및 신속한 대응과 지속적인 치유 관리를 위해서는 산불 리스크 거버넌스 강화가 필요함

□ 경기도 리스크 거버넌스

- 경기도는 지방자치단체 중에서 가장 우수한 리스크 거버넌스 시스템을 갖추고 있는 것으로 평가됨
 - 특히 각종 재난에 대비하기 위하여 민관협력위원회를 운영하는 등 타 시도가 벤치마킹 할 정도로 민관협력이 탁월한 것으로 평가됨
 - 그러나 지역적으로 북부와 남부 간 분리된 특수 환경을 갖는 경기도는 북부 지역의 재난 안전 관리가 취약함
- 경기도의 재난 안전 행정 능력을 강화하기 위해서는 재난 안전 관련 조직의 위상 강화가 필요함
 - 특히 북부 소방재난본부의 독립성의 강화와 위상의 제고가 필요함
- 전기, 상하수도, 가스, 교통 시스템 등 사회 인프라 전반의 위험도를 정량적으로 평가하여 이를 선진국 수준과 비교하고 위험도가 특히 높은 분야에 대한 특단의 안전도 제고 조치를 취하는 것이 필요함

- 신기술 활용을 통한 재난 안전 기술 혁신 요망
 - 연구 개발 투자가 필요한 분야가 많지만 특별히 재난 안전 연관 정보 교류를 증대할 수 있도록 재난 안전 플랫폼을 구축하는 것이 필요함
- 경기도는 안전문화협의회, 안전보안관 임명, 자율방재단 운영 등 타 지자체의 모범이 될 정도로 민간 부문과의 협력이 우수하므로 이를 질적으로 더욱 발전시켜 나가야 함
- 지역 소재 우수 대학과 연계하여 전문 인력의 재교육을 강화하고, 미래 우수 신규 인력이 재난 안전 분야로 진입할 수 있도록 전문 인력 양성 시스템을 구축해야 함

□ 국가 리스크 거버넌스 동향 분석

- 과학기술 혁신과 더불어 이에 대한 부수적 문제가 항상 상존하고 있음. 최근 미세먼지 문제, 생활 화학 제품에서의 불안 증가, 원자력 발전소의 잠재적 위험, 생명 공학 기술로 인한 위해성 등 신기술 등장으로 인한 리스크 관리의 필요성이 증가되고 있음
- 과학기술 발달로 개인이 통제할 수 없는 위험이 미래에 지속적으로 발생할 것이며, 이러한 미래 리스크에 대한 국가적 관리 시스템의 취약성이 문제점으로 부각되고 있음
 - 신기술에 대한 국민 이해와 사회적 수용성이 중요한 정책 결정 과정에서 매우 중요한 과제로 대두되었고, 이들 문제에 대한 조속한 준비가 필요하다는 공감대가 국제적으로 형성되기 시작
- 구체적으로 과학기술이 사회의 안전과 위험에 미치는 영향에 대해 체계적으로 분석할 수 있는 위험 분석 및 평가 방법을 연구하여 발전시키고, 일반 대중의 이해를 돕기 위해 이를 정책 결정과 연계시킬 수 있는 적합한 방법을 모색하며, 중요 신기술 또는 연구 개발 사업에 대해 위험 평가를 실시하여 과학기술자 및 정책 결정자, 여론 주도층에게 수용 기준과 권고 안을 제시하는 것이 시급하다는 인식이 생기기 시작

- 리스크 거버넌스는 국가뿐만 아니라 시민들의 참여와 비정부 조직들의 협조, 그리고 정부의 역할 등 다양한 이해 관계자들의 종합적 대응을 위해 만들어진 개념으로 보아야 함
 - 우리나라는 위협에 대한 시민의 인식과 의식이 낮고, 사회적 신뢰 수준도 서구 사회에 비해 낮은 특성을 보이니, 정부나 기업 모두 연구 개발을 왕성하게 추진하고 있음
- 통합적 리스크 관리 정책을 추진하기 위해서는 정부 부처 내에 전 분야를 총괄할 수 있는 부서의 설치가 필요
 - 다분야를 통합하여 위험 통제를 추구할 수 있는 통합 리스크 거버넌스 기구의 설립 필요성 존재
 - 현대 사회의 위협과 관련된 여러 문제는 어느 한 분야의 노력으로 해결되는 것이 아니라 다양한 분야의 연계와 협력 그리고 학제적인 연구에 따라 검토되어야 해결이 가능하기 때문임
- 아울러 다양한 시민 포럼을 구성하여 시민 스스로가 참여하는 행사를 기획하여 리스크 관리 정책을 시민 참여형으로 추진하고, 국제화를 위해 국제회의체에 적극적으로 참여하여 국제 동향을 신속하게 파악하고 이를 정책에 반영할 필요가 있음

□ Natech 복합 재난에 대한 리스크 관리 대책

- 지속적이고 장기적인 포괄적 접근을 해야
 - 재난의 각 분야 간 장기적인 관점에서 다학제적 접근 방안 필요
 - 불확실성의 문제가 더욱 복잡하게 얽혀있는 복합 재난 관리를 위해서는 사회, 복지, 문화, 정치 등 다양한 사회 전반의 관점에서 바라볼 수 있는 포괄적인 접근이 필요
- 리스크 관리 전문가 양성
 - 복합 재난 관리 성공의 관건은 재난 관리 참여하는 인력에 달려있음
 - 복합 재난 관리의 원활한 총괄 및 조정 기능을 위해서는 역량과 전문성을 갖춘

전담 인력을 배치하여, 재난 안전 관리의 전주기 단계에 걸쳐 계획, 집행 및 평가기능을 수행

○ 복합 재난 관리를 위한 기술 개발을 지원하고 그 결과를 활용

- 과학기술을 활용한 재난 관리는 정보의 원활한 흐름을 위해서 기술 개발을 지원하고 그 결과를 적극 활용해야 함
- 특히 복합 재난은 2개 이상의 분야가 공동으로 기술을 연구·개발해야 하는 경우가 많기 때문에, 현재 개별 부처별로 수립하고 있는 재난 관리 기술 개발 정책을 연계하고 공동 기술 개발을 효율적으로 수행하기 위한 체계 구축이 절실함

□ 화학 기업의 리스크 관리 강화 방안

○ 화학 물질은 종류가 다양하고, 폭발성, 유해성, 환경 오염 등의 잠재 위험이 높는데, 우리나라에서는 사고가 빈번히 발생하고 있음

- 화학 물질에 의한 폭발 사고는 짧은 시간에 큰 피해가 발생하기 때문에 사고예방 활동은 물론 신속하고도 효율적인 대응 조치가 필요

○ 위험도는 발생 빈도(frequency) 및 사고 영향(consequency) 요인으로 정의됨

- 화학 산업의 사고 발생 빈도는 공장 설비의 고장 및 화학 물질의 누출 주기 또는 빈도 등으로 표현되며, 사고 영향은 재산 손실의 규모 및 재해자 수 등으로 나타냄
- 어떠한 화학 공정도 위험도를 내재하기 때문에 사회적으로 합의된 위험도 범위 내에서 리스크 관리가 필요

○ 화학 산업 리스크 관리는 대상 공정에 대해 세 가지 단계로 이루어짐

- 1단계: 위험 요인 파악 단계로서 위험성 평가 대상인 신규/기존 공정 및 설비는 물론, 공정/원료 등의 중요 설비를 선정
- 2단계: 사고 발생 빈도 분석 및 사고 영향 분석을 정성적 및 정량적인 측면에서 진행. 화학 공장에서 보편적으로 쓰는 방법으로, 정성적 방법에는 ‘HAZOP (Hazard and Operability)’, 정량적 방법에는 ‘CA(Consequence Analysis)’가 사용됨

- 3단계: 측정된 위험도를 개인적·사회적 위험 기준에 부합시키기 위해 개선 조치를 이행
- 기업 내부의 리스크 관리 강화 방안: 대상 공정의 사고 발생 시 포소화 설비 등 각종 소화 설비 설치를 통한 위험 물질 누출 방지가 하나의 방안이 될 수 있음
 - 완벽하게 안전한 공정은 없기에, 주민 대피 인프라 구축 및 지속적인 대피 훈련을 통해 만약의 사고에 대응함으로써 리스크 정도를 감소할 수 있을 것임
- 제도적인 리스크 관리 강화 방안: 기술적인 현황에 맞는 위험도 기준을 설정하고, 물질, 공정 및 설비별로 리스크 관리 시스템을 개선해 나감
 - 미국의 CSB 와 같이 국가 사고조사위원회를 설치하여 사고 원인과 대응 방안을 만들어 적용해 나가야 할 것임

□ 미세먼지에 대한 리스크 거버넌스

- 우리나라는 초미세먼지(PM 2.5)에 대한 대기 환경 기준이 2015년에 법제화되어 비로소 국민 건강에 기반한 정책 수립을 위한 측정과 연구가 가능해짐. 우리가 미세먼지라고 명명한 PM 10(크기가 10마이크론 이하의 먼지)에는 PM 2.5도 포함되어 있지만 흙이나 식물에서 유래하는 크기의 먼지를 많이 포함하고 있어 건강 영향을 대변할 수 있는 지표로는 적절하지 않음
- 건강한 일반 성인부터 민감 계층(어린이, 노인 등)까지 다양한 성격의 불특정 다수가 동시에 노출되고 있어 일괄적인 대책 적용보다는 대상별 맞춤 방안 제시가 필요함. 또한, 미세먼지로부터 국민의 건강을 보호하기 위해서는 노출 수준을 최소화해야 함
- 미세먼지의 노출은 다양한 질병으로 이어질 수 있음. 미세먼지는 주로 호흡기 및 심·뇌혈관 질환과 밀접한 관련이 있으며, 입자의 크기가 작을수록 독성의 영향이 큼
- 미세먼지 관리의 주 대상은 민감 계층임. 영·유아 및 어린이는 면역 체계가 완전히 발달하지 못하여, 피부, 호흡기와 같은 신체 조직이 미세먼지에 민감하게

- 반응함. 노인의 경우 약한 면역력, 폐 기능, 심혈관 기능과 방어 체계, 혹은 질병으로 진단되지는 않은 심혈관이나 폐의 문제로 인해 미세먼지에 취약함
- 민감 계층 관리 대책은 인체 위해성 관점에서 사전 예방 원칙, 수용체 중심의 접근 원칙, 민감 계층 보호 우선, 참여와 알권리 보장 등 기본 원칙 아래에서 과학적 근거를 바탕으로 확고한 방향을 제시하여 현장에서 미세먼지 관리 대책을 실제로 이행할 수 있도록 지원해주어야 함
 - 배출 물질의 대기 중 확산과 변환을 규명하기 위한 연구가 필요하며, 그 중에서도 PM 2.5 및 PM 10 그리고 black carbon에 대한 측정 기술 확립과 유기탄소(organic carbon)에 대한 성분 분석, 독성 평가 및 환경과 인체 노출 평가가 필요함
 - 미세먼지 저감의 부차적 이익(co-benefit)을 자세히 확인하고, 이와 관련된 다양한 분야(CO₂ 저감, 재생에너지 등)에서 최고의 시너지 효과를 얻을 수 있는 정책적 방향을 설정할 필요가 있음
 - 배출(자연적, 인위적)에서부터 대기에서 일어나는 많은 물리/화학적 현상을 포괄적으로 연구할 수 있는 컨트롤타워가 반드시 필요하며, 미세먼지 문제 해결을 위하여 기 연구 성과의 통합과 미세먼지 저감 관련 R&D의 재정비 및 과학기술 개발의 노력이 더욱 필요함

2. 정책 제안

□ 리스크 관리 행정 및 국회 활동 강화

- 국회 국민안전처(PSO) 설치 운영
 - 각종 유해 물질로부터 국민의 안전을 지키고 유해 물질 위험에 대한 정보 공유와 소통 강화를 위해 국회가 가칭 국민안전처(People Safety Office, PSO)를 설치 운영

- 국민의 재난 안전 의식을 제고하고 각종 재난 안전 사고에 대한 예방과 대응을 위하여 비당파적이고 중립적인 전문 연구·분석을 수행
 - 재난 안전 사고가 끊임없이 발생하고 있는데 반해 정부 부처마다 산발적으로 대응하고 있는 상황을 파악하고 국회 차원에서 체계적으로 대처해야 할 당위성 존재
 - 다양한 정부 부처의 재난 안전 입법 및 정책에 대한 조사·분석, 국회의원 및 위원회의 조사·분석 요구에 대한 회답, 행정부의 위법 또는 제도 개선 사항 발굴, 국회의원 연구 단체에 대한 정보 제공, 외국의 입법 동향 분석 및 정보 제공 등의 업무를 수행
- 대만의 CSB(Chemical Safety Board) 운영 모델을 참고
 - 대만은 대형 재난 사고가 나면 CSB가 나서서 완벽하게 사고 원인과 대응 방안을 마련하고 국회에서 토론을 거쳐 국민적 합의를 이뤄나감
 - 행정부는 이를 바탕으로 정책을 구체적으로 기획하고 집행하여 국가 재난 안전의 대처 능력을 획기적으로 개선
 - 국립대만대학교 화학공학과 Wu교수를 비례대표 국회의원으로 선출하여 CSB 의장을 맡게 하는 등 전문가 등용 사례도 참고

○ 국무총리실의 조정 기능 강화

- 국무총리실은 국무총리가 위원장이 되는 가칭 ‘국민안전안심위원회’를 설치하여 부처별로 다원화된 재난 안전 사고의 예방과 대처에 관한 조정 기능을 수행하고 있음
 - 행정안전부 장관관급 공무원이 간사 위원을 맡도록 하여 재난 안전 전문성을 뒷받침하면서 조정 기능을 강화해야 할 것임
 - 조정 기능이 실효적으로 발휘되기 위해서는 조정 예산이 있어야 하므로 조정 예산을 확보해야 함

○ 지역 재난 관리 조직을 지방 소방방재청으로 격상

- 주요 지방자치단체의 재난 안전 관리 조직을 지역 소방안전청으로 격상시켜 지방의 재난 안전 대처 능력을 강화
 - 인구 규모가 200만이 넘는 지역부터 지방자치단체 재난 안전 관리 조직을 지방 소방안전청으로 격상하고 연차적으로 인구 규모가 작은 지역으로 확산

□ 재난 안전 관련 연구 개발 투자 확대

○ 재난 안전 연구 개발 사업의 부처 간 연계 강화

- 재난 안전 관련 연구 사업이 다양한 정부 연구 개발 사업 속에 흩어져 수행되고 있으나 행정안전부가 재난안전연구개발과를 설치하여 ‘재난 안전 연구 개발 사업’을 주관하여 수행하고 있음
- 2019년 재난 현장 대응 부처 연구 개발 예산은 총 1,032억 원으로 전년보다 23.8%(199억 원) 증액되었음
 - 기관별로 보면, 행정안전부는 가뭄 대비 기술, 재난 상황 인지·위험 모니터링 기술 등 19개 신규 과제를 포함하여 525억 원(50.9%)을 투자
 - 경찰청은 자율주행 차 관련 운영 체계 및 인공지능(AI) 운전 능력 검증 체계 등 4개 신규 과제를 포함하여 186억 원(18.0%)을 투자
 - 소방청은 실감 기반 첨단 소방 훈련 체계 구축, 종합상황실 의사 결정 시스템 등 7개 신규 과제를 포함하여 149억 원(14.4%)을 투자
 - 해양경찰청은 골든타임 사수를 위한 수색 구조 기술, 불법 선박 대응 장비 선진화 등 11개 신규 과제를 포함하여 172억 원(16.7%)을 투자
- 행정안전부는 국민이 직접 체감할 수 있는 재난 안전 기술 개발을 위해서는 현장 대응 기관 간의 협력과 소통이 중요하다고 인식하고 관계 부처 간 상호 협력하고 국민과의 소통 강화에 힘쓰고 있음
 - 행정안전부가 재난 안전 연구 개발(R&D) 사업을 수행하는 경찰청, 소방청, 해양경찰청과 합동으로 재난 안전 연구 개발(R&D) 관리
 - 재난 안전 분야별 연구 개발 추진 전략 수립과 현장 중심의 재난 안전 기술 개발에 대한 국민적 공감대와 관심도를 제고하는 중

- 행정안전부가 몇 개 기관과 협력하고는 있지만 아직도 지방정부나 보건복지부, 농림부 등 부처 소관 다양한 리스크 예방을 위한 연구 개발까지를 연계하고 조정하는 수준에 이르지 못하는 상황임
 - 과학기술부 연구 개발 담당 부서와 긴밀하게 협력하고 다양한 유관 부처 연구 개발 사업을 파악, 연계하여 중복 연구를 할뿐만 아니라 이미 수행한 연구 사업 결과를 공동으로 활용하도록 해야 할 것임

○ 유해 물질에 대한 연구 지원 확대

- 산업의 고도화에 따라 매년 신규 유해 물질이 지속적으로 보고되고 있어 이에 대한 위해 정도와 대처 방안이 연구되고 공유되어야 함
 - 화학 물질의 경우 세계 160여 국가들이 참여하여 2005년 세계위험물질기구(World Organization of Hazardous Materials)를 설치하고 연관 연구 결과를 회원국 간에 공유하고 있음
 - 일반 생활 용품은 환경부가 식품과 의약품은 보건복지부와 농림부가 담당하고 있으나 유해 물질에 대한 체계적인 연구가 부족

□ 주요 정부 사업의 위험성 평가 제도 도입

○ 대규모 투자 사업의 위험성 평가 의무화

- 대형 정부 사업에 대한 투자를 결정할 때 위험성 평가를 의무적으로 수행하게 함
 - 대규모 예산을 투입하는 국가 사업을 시작할 때 기획재정부가 예산 배정 전에 위험성 평가 기관을 지정하여 사업 추진 기관으로 하여금 위험성 평가를 받게 하여 미래의 잠재 위험에 미리 대처하도록 유도

○ 위험성 평가 기관 관련 온라인 플랫폼 운영

- 행정안전부 산하 국립재난안전연구원(ndmi.go.kr), 환경부 산하 화학물질안전원(nics.me.go.kr), 고용노동부 산하 한국산업안전보건연구원(oshri.or.kr) 등 다양한 민간 및 국공립 재난 안전 위험성 평가 기관들을 모두 포괄하는 국가 재난 안전 온라인 플랫폼을 만들어 운영해야 함

- 온라인 플랫폼을 통해서 위험성을 평가하고자 하는 수요 기업이나 공공 기관들이 쉽게 평가 기관에 접근할 수 있고 연관되는 지식 정보를 확보하게 함

□ 안전 의식 교육 강화 및 전문가 양성

○ 초·중고 안전 의식 교육 담당 교사 양성

- 초·중고 교사 중 희망자들에게 1년간의 특별 교육을 통해 ‘안전교육사’ 자격증을 교부하고 안전 담당 교사로 임명
 - 현재는 안전 예방 교육을 의례히 소방 방재 전문가들에게 요청하고 있으나 이들이 재난 사고 대응에도 역력이 부족한 형편이므로 전담 교사를 양성하여 초·중·고에 배치
- 정부(교육부)가 재난 안전 담당 교사 양성 대학을 선정하여 재정적 지원을 함과 동시에 이수 교사들에 대한 임명권 행사

○ 안전 관리 분야 전문가 양성

- 재난 안전 관리 분야에 종사하는 공무원, 연구자, 교수 등 전문 인력을 양성하기 위하여 우수 대학에 전문 대학원 설치 지원

○ 안전 관리 요원에 대한 재교육 강화

- 재난 안전 관리 분야에 종사하는 전문 인력을 정기적으로 재교육하는 교육 시스템을 구축(경기도 사례 참조)

□ 민간 재난 안전 활동 지원 확대

○ 재난 안전 관련 NGO와의 협력 확대

- 경제정의실천시민연합, 한국위험통제학회 등 민간 단체들과 소통을 강화하고 민관협력을 강화하여 다양한 현대사회의 잠재 리스크에 대한 인식을 강화

○ 연관 학술 기관의 활동 지원 강화

- ‘World Congress on Risk(WCR) 2022’의 한국 개최 지원

- 3년마다 한 번씩 열리는 WCR 국제 대회를 유치하여 재난 안전 분야의 글로벌화를 촉진
- 아시아위험분석학회(Asia Association for Risk Analysis, AARA) 설립 지원
 - 한국, 대만, 일본, 중국 등 주요 아시아 국가들의 재난 안전 관련 학회 연합체를 구성하려는 움직임이 일어나고 있는데, 한국이 지도적 역할을 하도록 지원
- 한국과학기술한림원(KAST)을 국가 재난 안전 전문 정책 씽크탱크로 육성
 - 다양한 학문 분야의 최고 전문가들이 모인 KAST를 재난 안전 전문 정책 연구 기관으로 육성
- 과학기술단체총연합회 등 과학기술계 단체에 Science Media Center를 설치하여 과학자-언론계를 연계함으로써 국민과 과학자들 간의 리스크 소통을 지원함

참 고 문 헌

- 한국재난안전기술원(2019). 경기도 재난안전 마스터플랜 수립 연구 용역, 경기도.
- 김기윤(2000). “정보시스템의 위기관리; 재난복구를 중심으로”, 한국리스크관리학회 제15회 정기학술세미나 논문집, 한국리스크관리학회, pp. 5~20.
- _____(1977). “위험관리와 위기관리: 정보시스템의 재난복구”, 리스크관리연구, 제8권, 한국리스크관리학회, pp. 291~315.
- 김병호·김홍식(2000). “S사의 전사적 위험관리 구축 사례”, 한국소프트웨어공학 학술대회 발표논문.
- 김은성·정지범·안혁근(2009). 국가재난안전관리 정책패러다임에 대한 연구, KIPA 연구보고서 2009-18, 한국행정연구원.
- 박진희(2016). “이머징 기술 위험과 참여적 리스크 거버넌스”, 과학기술정책, 통권 제216호, 과학기술정책연구원, pp. 36~47.
- 산림청(2019). 산림 헬기 보유 및 제원 현황.
- 안형환(2015). “화학 관련 산업의 중대 재해 원인분석을 통한 안전관리 중요성에 관한 연구”, 한국가스학회지 제19권 제1호, 한국가스학회, pp. 45~50.
- 오윤경(2013). Natech 재난관리방안연구, KIPA 연구보고서 2013-23, 한국행정연구원.
- 울산광역시 소방본부(2019). 위험물 옥외저장탱크 화재대응 T/F 보고서, 울산광역시.
- 이경석(1998). “공공기관 정보시스템을 위한 비상계획 및 재해복구”, 연구보고서(NCA IV-RER-98022), 한국전산원, pp. 1~150.
- 이공래·송위진(1998). 한국의 국가혁신체제, 과학기술정책연구원.
- 이덕권 외(2015). “국내 수소타운 내 0.1MPa 이하 저압 수소 사용시설의 안전관리 항목 분석”, 한국가스학회지, 제19권 제6호, 한국가스학회, pp. 85~91.
- 이영희(1996). 과학기술과 사회의 상호관계, 연구보고 1995-25, 과학기술정책연구원.
- 이주엽 외(2015). “공정안전관리를 통한 도급업체 안전관리 강화에 관한 연구”, 한국가스학회지, 제19권 제4호, 한국가스학회, pp. 15~21.
- 장유리 외(2015). “실험실 가스 누출 시 피해 영향 분석”, 한국가스학회지, 제19권 제4호, 한국가스학회, pp. 29~34.

- 정근모·이공래(2001). 과학기술 위험과 통제시스템, 정책연구 제11호. 과학기술정책 연구원.
- 정지범·김근세(2009). 위기관리의 협력적 거버넌스 구축, 법문사, p. 42.
- 최광식(2001). 원자력 안전과 규제, 원자력안전기술원.
- 프랜시스 후쿠야마(1996). 트러스트 - 사회도덕과 번영의 창조, 구승회 역(1996), 한국 경제신문사.
- 한국과학기술한림원(2018). 우리나라 리스크 거버넌스와 분야별 위험관리 개선방안, *Opinion Report* 2018-01, 한국과학기술한림원.
- Allen, F. R., Garlick, A. R., Hayns, M. R., and Taig, A. R. (eds.)(1992). *The Management of Risk to Society from Potential Accidents*, London: Elsevier Applied Science.
- Ansell, J. and Wharton, F. (eds.)(1992). *Risk: Analysis, Assessment and Management*, Chichester: John Wiley and Sons.
- Arriscar(2018). J-000276-LUSS-REP 1, *Land Use Safety Study*, Carter Street Precint, p. 22.
- Ashby, E. and Anderson, M.(1981). *The Politics of Clean Air*, Oxford: Clarendon Press.
- Ballard, G. M.(1992). "Industrial risk: safety by design", in Ansell and Wharton (eds.). *Risk: Analysis, Assessment and Management*, Chichester : John Wiley and Sons, pp. 95~104.
- Beck, U.(1992). *Risk Society: Towards a New Modernity*, London: Sage.
- Block M. L.(2009). "Air pollution: mechanisms of neuroinflammation and CNS disease." *Trends in Neroscience* vol. 32, pp. 506~516.
- Bogard, W. C.(1988). "Bringing social theory to hazards research: conditions and consequences of the mitigation of environmental hazards", *Sociological Perspectives*, Vol. 31, No. 2, pp. 147~168.
- Bottelberghs, P. H.(2003). "Risk analysis and safety policy developments in the Netherlands", *Journal of Hazardous Materials*, vol. 71, pp. 59~84.
- Breyer, S.(1993). *Breaking the Vicious Circle: Toward Effective Risk Regulation*, Cambridge, MA: Harvard University Press.

- Brown, J.(ed.)(1989). *Environmental Threats: Perception, Analysis and Management*, London: Belhaven Press.
- Burke, T. A., Tran, N. L., Roemer, J. S., and Henry, C. J. (eds.)(1993). *Regulating Risk*, Washington DC: International Life Science Institute.
- Cascio, W. E.(2018). "Wildland fire smoke and human health." *Sci Total Environ*, vol. 15, no. 624, pp. 586~595.
- Center for Chemical Process Safety(2000). (2nd ed.), *Chemical Process Quantitative Risk Analysis*, p. 40.
- Cohen, A. V.(1981). "The nature of decisions in risk management", in Griffiths (ed.), *Dealing with Risk*, Manchester : Manchester University Press, pp. 21~35.
- _____ (1996). "Quantitative risk assessment and decisions about risk", in Hood and Jones (eds.), *Accident and Design: Contemporary Debates in Risk Management*, London: UCL Press, pp. 87~98.
- Elisabeth, K.(2012). *Natech Accidents, When Natural Disasters Trigger Technological Accidents*, EC JRC.
- FEMA(2011). National Disaster Recovery Frame Work - Strengthening Disaster Recovery for Nation.
- Gauderman, W. J.(2004). "The Effect of Air Pollution on Lung Development from 10 to 18 Years of Age." *N Engl J*, vol 251, pp. 1057~1067.
- Habermas, J.(1969). *Toward a Rational Society*, Boston: Beacon Press.
- _____ (1984). *The Theory of Communicative Action*, Boston: Beacon Press.
- Haffajee, R. et al.(2014). "What is a public health "emergency?", *N Engl J Med*, vol. 371, pp. 986~988.
- HM Treasury(2004). *The Orange Book, Management of Risk - Principles and Concepts*, p. 9.
- Hostius, D. M., et al(2012). "Birth weight following pregnancy during the 2003 Southern California wildfires.", *Environ Health Perspect*, vol. 120, No. 9, pp. 1340~1349.
- James, K.(1999). "Societal risk report", ERM Mitchell McCotter (ERMMM), pp. 23~35.

- Kunzli *et al.*(2005). “Ambient Air Pollution and Atherosclerosis in Los Angeles”, *Environ Health Perspect*, vol. 113, pp. 201~206.
- Liu, J. C. *et al.*(2015). “A systematic review of the physical health impacts from non-occupational exposure to wildfire smoke.”, *Environ Res*. vol. 136 pp. 120~132.
- Moore, T., & Lakha, R.(2006) (3rd ed.). Tolley’s Handbook of Disaster and Emergency Management, Oxford: Elsevier.
- Moynihan, D. P.(2007). *From Forest Fires to Hurricane Katrina*, IBM Center for the Business of Government.
- Mulkay, M.(1993). “Rhetoric of hope and fear in the great embryo debate”, *Social Studies of Science*, 23: pp. 721~743.
- _____(1994). “The triumph of the pre-embryo: interpretation of human embryo in parliamentary debate over human embryo.” *Social Studies of Science*, 24:611-639.
- _____(1995). “Parliamentary ambivalence in relation to embryo research.” *Social Studies of Science*, 25: pp. 149~163.
- OECD(2015) *Addendum Number 2 to the OECD GP for Chemical Accident PPRR(2nd ED) to Address Natural Hazards Triggering Technological Accidents (Natechs)*, OECD Environment Directorate.
- Reid, C. E. *et al.*(2016). “Spatiotemporal prediction of fine particulate matter during the 2008 northern California wildfires using machine learning.” *Environ Sci Technol*, vol. 49, no. 6, pp. 3887~3896.
- Renn, O.(2008). *Risk Governance Coping with Uncertainty in a Complex World*. London/Sterling: Earthscan.
- See I. L. & Carter, D. A.(2002). “A worst case methodology for obtaining a rough but rapid indication of the societal risk from a major accident hazard installation”, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 92, no. 3, pp. 223~237.
- U. S. Environmental Protection Agency *et al.*(2016). Wildfire Smoke: A Guide for Public Health Officials, https://www3.epa.gov/airnow/wildfire_may2016.pdf.
- Vincent T. Covello *et al.*(1988). Risk Communication, Risk Statistics, and Risk Comparison, Appendix B.



부록



[부록 ①] 2019년 재난 안전 R&D 신규 과제 및 연구 개발비 현황

(단위 : 백만 원)

행정안전부 본부 소관 과제	연구 기간	2019 예산	비고
극한 재난 대응 기반 기술 개발(2개 과제)		1,700	(10.2)
지역 기반 메가 가뭄 대비 기술 개발	'19~'21	1,000	공모
빅데이터 기반 지능형 재난 대응 의사 결정 지원 기반 기술 개발	'19~'21	700	(출연)
재난 안전 산업 육성 지원 사업(9개 과제)		3,700	(22.2)
재난 안전 기술 사업화 지원(안전용 기기 및 장비 제조 5개 품목)	'19~'20	1,100	공모 (출연)
위성 무인기 등 다채널 영상 정보를 활용한 연속적 재난 상황 인지 및 위험 모니터링 기술 개발	'19~'22	1,300	
재난 안전 로봇 현장 활용성 증진을 위한 지원 기술 개발	'19~'22	600	
지역 특화형 재난 안전 연구 지원 2개 과제 자유 공모	'19~'22	700	
재난 안전 취약 핵심 역량 도약 기술 개발(2개 과제)		1,400	(8.4)
스마트 기술을 활용한 승강기 위험 상황 자동 예측 판단 기법 개발	'19~'21	700	공모
지능형 기술 기반 급경사지 재해 평가 및 재난 관리 기술 개발	'19~'22	700	(출연)
생활 안전 예방 서비스 기술 개발 사업(3개 과제)		3,170	(19.0)
생활 안전 예방 서비스를 위한 지능형 플랫폼 기술 개발	'19~'23	1,470	공모 (출연)
생활 안전 체험 교육을 위한 실감형 콘텐츠 기술 개발	'19~'22	500	
생활 안전 예방 서비스 표준 및 인증 체계 개발	'19~'23	1,200	
국민 수요 맞춤형 생활 안전 연구 개발 사업(4개 과제)		4,000	(24.0)
화재 발생 시 효과적인 골든타임 경보 알림 시스템	'19~'21	1,000	공모 (출연)
폭발 위험 지역 근로자 위험 인지형 스마트 밴드 개발	'19~'21	1,000	
IoT 기반 도심지 건설 현장 상시 안전 관리 시스템 개발	'19~'21	1,000	
몰래카메라 범죄 방지를 위한 정밀 복합 탐지기 개발	'19~'21	1,000	
방역 연계 범부처 감염병 R&D 사업(1개 과제)		350	(2.1)
ICT 기술을 활용한 자가 격리자 및 접촉자 관리 기술 개발	'19	350	공모 (출연)
스마트 도로 조명 활용 도시 재난 안전 관리 시스템 개발(1개 과제)		960	(5.8)
스마트 도로 조명을 활용한 도시 재난 안전 관리 시스템 개발	'19~'23	960	공모 (출연)
재난 안전 관리 업무 지원 기술 개발(2개 과제)		1,400	(8.4)
지역 특성을 고려한 액상화 위험 지도 표준 모델 및 대응 매뉴얼 개발	'19~'23	800	직접 수행
지진 해일 피해 산정을 위한 한반도 전 해역 침수 범람 예측용 시뮬레이션 기술 개발	'19~'21	600	
본부 R&D 예산 합계		16,680	(48.8)
소방청 등 3개청 R&D 예산 합계		17,520	(51.2)
재난 안전 R&D 예산 합계		34,200	(100.0)

자료: 행정안전부 재난안전연구개발과, 2019

[부록 ②] 과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스 구축 집필위원회 회의록

□ 제1차 집필위원회

○ 일 시: 2019. 4. 8 (월) 18:00 ~

○ 장 소: 한미리 광화문점

○ 회의 안건

- 위원 소개 및 인사
- 위원회 설치 배경 및 필요성 설명
- 리스크 거버넌스 한국어 번역 논의
- 국가 리스크 거버넌스 분석 모형 논의
- 보고서 목차 논의
- 집필 분담 및 위원의 역할 논의
- 한림원 보고서 집필 기준 설명
- 향후 집필 일정 논의
- 차기 모임 일정 결정

○ 논의 결과 요약

- 정책 현황 및 문제점: 우리나라는 경제 11대 대국이 되었지만, ‘위험’ 관리 측면에 대한 우리의 과학 및 사회의 노력은 매우 미미함. 우리나라 과학기술계가 바라보는 문제의 우선순위도 미세먼지 문제와 재난 예방 등으로 나타났으며 이런 문제의 근본적인 원인은 사회 발전을 도모할 때 발생할 부작용에 대한 예측 부족, 관리 방안 부재 및 ‘위험’에 대한 사회적·국민적 인식이 부족하기 때문임
- 본 연구와 연구 보고서 집필 목적: 과학기술 활용을 통한 국가 리스크 거버넌스 체계 구축 방안 제안
- 집필의 필요성: 우리나라는 세계의 모범 사례라 불릴 정도로 단시간 동안 괄목할 만한 경제 성장과 발전을 이루었으나 대형 재난과 사고의 증가와 미세먼지를 비롯한 환경 오염, 에너지 수급의 한계, 화학사고 문제 등 우리 사회가 해결해야

할 숙제 또한 다양하고 많아졌으며 이런 문제들은 ‘사회 발전’에 따른 ‘위험 관리’를 총체적, 다학제적으로 예방 및 해결 대안을 제시할 수 있는 ‘리스크 거버넌스’를 통해 시급히 접근할 필요가 있음

- 본 연구의 기대 효과: 국내 여러 정책들은 단기간 성과 및 발전에 초점이 맞춰져 있어, 파생될 부작용 즉 ‘위험’에 대한 인식과 위해 관리 시스템이 부재함. ‘국가 리스크 거버넌스 구축’보고서를 통해 국내 정책의 한계점과 방향성을 동시에 제시하여 미국, 일본과 같이 위험을 효과적으로 관리하는 선진 국가로 한 단계 도약할 수 있음
- 향후 집필 일정 잠정 합의

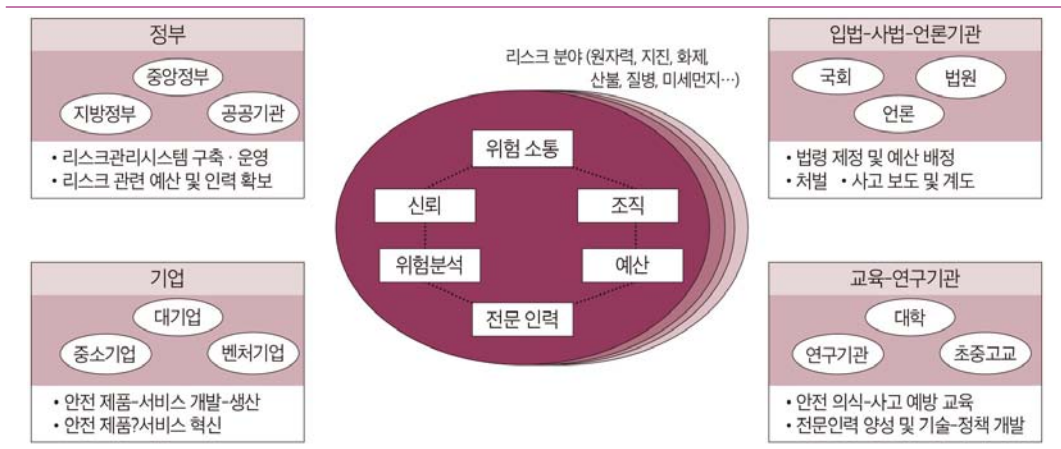
일정	추진 계획 및 일정
4월	• 1차 집필위원회 개최 및 국내 리스크 거버넌스 시스템 현황 파악
5월	• 2차 집필위원회 개최 및 선진국 리스크 거버넌스 운영 시스템 사례 조사
6월	• 3차 집필위원회 개최 및 과학기술 기반 한국형 리스크 거버넌스 시스템 개발
7월	• 4차 집필위원회 개최 및 보고서 내용 최종 정리
8월	• 보고서 초안 제출
9월	• 보고서 수정·보완 및 토론회 개최
10월	• 최종 보고서 발간 및 정책 관계자 대상 보고서 배포

□ 제2차 집필위원회

- 일 시: 2019. 5. 2(목) 18:00 ~ 21:30
- 장 소: 한미리 광화문점
- 참석자: 이공래(DGIST, 위원장), 신동천(연세대, 부위원장), 고상백(연세대), 권혁면(연세대), 김경만(서강대), 김원국(안전기술연구원), 문일(연세대), 이용진(연세대, 간사)_이상 총 8명
- 토의 내용 및 결과
 - 리스크 거버넌스에 대한 국문화 논의: 리스크에 대한 국문화는 기존의 사례를 검토하여, ‘리스크’ 그대로 적용할 필요

- 거버넌스의 경우, 일본의 사례와 같이 ‘합치’ 등의 단어가 있으나, 위해도 관리의 측면으로 봤을 때, 거시 차원에서는 그대로 적용이 적절할 수 있음
- 리스크 거버넌스를 그대로 사용하는 것으로 제안
- 리스크거버넌스 분석 모형 논의: 분야별(sector별: ex, 원자력, 화학 사고, 자연 재해, 미세먼지 등) / 지역별(서울, 지방도시, 산업도시 등) 고려 사항이 필요할 것으로 판단됨. 집필 시 이러한 분야/지역별 사항 등도 감안하여 작성

<그림> 제안된 국가 리스크 거버넌스 시스템의 분석 모형



- 보고서 목차 및 집필 분담: 보고서 목차 검토 및 논의(*큰 이견 없음)

목차 및 내용	담당
국가 리스크 거버넌스 시스템 개념과 분석 모형	이공래
리스크에 대한 국민의 인식(risk perception)과 소통(communication)	김경만
국가 리스크 관리 현황과 정책 과제: 정밀 의학(precision medicine) 사례 또는 강원도 산불 사례 검토	고상백
선진국의 국가 리스크 관리 시스템 특징과 동향	이용진
중앙정부의 리스크 관리 현황과 정책 과제: 기재부를 중심으로	김원국
지방정부의 리스크 관리 현황과 정책 과제: 경기도 사례	이공래
기업의 리스크관리 현황과 강화 방안: 기업 사례	문 일
NATECH(자연+기술 재난)에 대한 국가 리스크 관리 시스템	권혁면
과학기술을 통한 리스크 관리 시스템 강화 방안: 미세먼지를 중심으로	신동천
결론 및 정책 대안 제시	이공래

- 기타 사항

- 리스크거버넌스 집필에 대한 대상은 일반인보다는 정부/전문가 대상으로
- 강원도 산불 사례를 검토하여 중앙정부와 지방정부 간 관리 체계 RG 파악
- 미국 FEMA에서 관리하고 있는 사항을 검토하여 국내 방향 제시 필요
- 중앙정부 및 경기도 등 지방정부 차원에서 관리 방안에 대한 RG 방향 제시
- 정책 입안을 위해 ‘National Risk Agenda’ 제안 필요

□ 제3차 집필위원회

○ 일 시: 2019. 6. 7(목) 18:00 ~ 21:30

○ 장 소: 한미리 광화문점

○ 참석자: (위원) 이공래(DGIST, 위원장), 고상백(연세대), 김원국(안전기술연구원), 문일(연세대) 등 4인 (배석) 조은영 행정원 등 1인_이상 총 5명

○ 토의 내용 및 결과

① 연구 내용 발표 고상백 연세대 교수

- 국가 리스크 관리 현황과 정책 과제: 정밀 의학(precision medicine) 사례 또는 강원도 산불 사례 검토
- 산불 연기는 입자상 물질과 연소된 가스 물질로 구성되어 있음
- 산불 연기 노출과 관련된 일별 사망률의 증가가 확인됨
- 2000년 해안 산불 당시, 고성/속초/동해지역에서 거주하였던 산모의 출생 신고 자료를 분석한 결과, 태아에게도 영향을 끼치는 것으로 밝혀짐
- 미국의 경우 미 전역 1,700개의 측정소에서 연속형 대기질 자료를 수집하여 제공하며, 측정값을 국민 건강 영향 파악에 적합한 지표로 환산하여 활용하고 있음
- 보고서 내용은 산모, 고령자 등에 미치는 영향을 강조하여 작성하는 것이 좋을 듯. 구체적인 사례와 정책 방향이 제시되어야 함
- 산불 사태 대응 시 지자체와 중앙정부 간에 상호 소통하는 부분이 중요함 (관리 체계 필요)

- 상황 발생 후 적절한 대응을 위하여 피해 예측 시스템이 마련되어야 함
- 산불 발생 시 즉시 화학 물질 측정 후 수치를 토대로 어떻게 대응할 것인지 결정하는 시스템이 필요함

② 정책자문보고서 집필 기준 합의

- 분량: 15페이지 이내(A4 기준)
- 휴먼명조, 12pt, 개조식으로 작성
- 작성 양식 공유 예정(한림원)
- 차기 회의(7월 15일)에서 각 연구 내용을 공유 후 토론을 통해 전체적인 연구 내용의 방향을 통일할 계획

③ 기타 사항

- 관련 법안 개정을 위하여 일반인보다는 정부/전문가 대상으로 보고서 집필
- 미국 연방비상관리국(FEMA)의 자연재해 및 비상사태 대응법을 검토하여 국내 방향 제시 필요
- 중앙정부 및 경기도 등 지방정부 차원에서 관리방안에 대한 RG 방향 제시
- 향후 진행 사항: 정책자문보고서 집필 양식을 공유하고, 기존 한림연구보고서 (정책자문보고서) PDF 파일 공유
- 차기 집필위원회 일정
 - 일시: 2019. 7. 15.(월)
 - 장소: 한미리 광화문점
 - 안건: 보고서 초안 공유 및 논의

□ 제4차 집필위원회

○ 일 시: 2019. 7. 15.(월) 18:00 ~ 21:00

○ 장 소: 한미리 광화문점

○ 참석자: (위원) 이공래(DGIST), 신동천(연세대), 권혁면(연세대), 김경만(서강대), 문일(연세대) 등 5인 (배석) 조은영 행정원 등 1인_이상 총 6명

○ 토의 내용 및 결과

- 결론 및 정책 제안 발표(이공래)
 - 국회국민안전처(PSO) 설치 운영
 - 초·중고 안전 의식 교육 담당 교수 양성 및 지방직 소방 행정 공무원의 국가직 전환 등의 정책 제안은 이해 관계에서 나타날 오해의 소지가 있으므로 국가 전체에 도움이 되는지 검토해야할 듯
- 연구 내용 발표(문일)
 - 화학 산업의 리스크 관리 현황과 강화 방안: 00기업 사례
 - 목차 제목은 관련 내용에 맞게 기업 대신 화학 산업으로 목차 수정
 - 위험 기준은 개인적 위험과 사회적 위험으로 나뉘며 사회적 위험은 국가별로 다름
 - 인력, 예산 등 관련 제도와 법규에 대해 어떻게 구축해야 하는지 추가로 설명 해주면 좋을 듯
- 연구 내용 발표(신동천)
 - 과학기술을 통한 국가 리스크 관리 시스템 강화 방안: 미세먼지 대책을 중심으로
 - 초미세먼지로 인한 건강 영향의 중요성과 향후 정책 방향
 - 미세먼지의 기준에 대한 제도 개선이 필요함
 - 현재 미세먼지라고 명명한 PM 10는 흙이나 식물에서 유래하는 크기의 먼지를 포함하고 있어 건강 영향을 대변할 수 있는 지표로 적절하지 않음. 미세먼지 관련 대책으로 연소 과정에서 생성되고 인체 유해성이 큰 PM 2.5 초미세먼지를 기본으로 수립하여야 함
- 연구 내용 발표(권혁면)
 - NATECH(자연+기술 재난)에 대한 국가 리스크 관리 시스템
 - 최근 국내외 NATECH 재난 사례를 기술하고 NATECH 재난의 효율적 관리를 위한 정책적 제언을 제시할 예정
- 연구 내용 발표(김경만)
 - 리스크에 대한 국민의 인식(risk perception)과 소통(communication)
 - 시험관 아기 사례: 1960년대 영국 로버트 에드워즈 박사가 체외에서 난자를

성숙시키는 연구(시험관 아기)를 시작할 당시 과학자와 국민을 포함한 종교 지도자 사이에서 많은 논란이 되었으며, 당시 이런 인식을 어떠한 소통으로 해결해 나아갔는지 작성할 예정

- 정책자문보고서 집필 기준 리마인드

- 양식에 맞는 샘플(이공래 위원장님 초초안)에 맞춰 작성: 한림원 작성 지침과 함께 참고
- 분량: 15페이지 이내(A4 기준), 휴면명조, 12pt, 개조식으로 작성

목차 및 내용	담당
I 국가 리스크 거버넌스 시스템 개념과 분석 모형	이공래
II 리스크에 대한 국민의 인식(risk perception)과 소통	김경만
III 국가 리스크 관리 현황과 정책 과제: 강원도 산불 사례 검토	고상백
IV 선진국의 국가 리스크 관리 시스템 특징과 동향	이용진
V 중앙정부의 리스크 관리 현황과 정책 과제: 기재부를 중심으로	김원국
VI 지방정부의 리스크 관리 현황과 정책 과제: 경기도 사례	이공래
VII 화학 산업의 리스크 관리 현황과 강화 방안: 00기업 사례	문 일
VIII NATECH(자연+기술 재난)에 대한 국가 리스크 관리 시스템	권혁면
IX 과학기술을 통한 국가 리스크 관리 시스템 강화 방안: 미세먼지 대책을 중심으로	신동천
X 결론 및 정책 제언	이공래

- 기타 사항

- 리스크 거버넌스는 과학기술이 해결할 수 있는 분야 중 한림원 정책학부에서 앞장서서 목소리를 낼 수 있는 분야이므로 좋은 자료가 될 수 있도록 작성해 주기 바람

한림연구보고서 129

과학기술 기반 국가 리스크 거버넌스 구축

Building Science & Technology Based National Risk Governance

발 행 일 2019년 12월
발 행 처 한국과학기술한림원
발 행 인 한민구
전화 031) 726-7900
팩스 031) 726-7909
홈페이지 <http://www.kast.or.kr>
E-mail kast@kast.or.kr

편집/인쇄 (주)디자인여백플러스 02)2672-1535

I S B N 979-11-86795-47-7 94060

I S B N 979-11-86795-45-3 (세트)

- 이 책의 저작권은 한국과학기술한림원에 있습니다.
- 한국과학기술한림원의 동의 없이 내용의 일부를 인용하거나 발췌하는 것을 금합니다.



이 사업은 복권기금 및 과학기술진흥기금 지원을 통한 사업으로
우리나라의 사회적 가치 증진에 기여하고 있습니다