

최종보고서

기상여건 변화에 따른 위험관리 전략 개발 연구

2013. 4

서울대학교 산학협력단

최종보고서

기상여건 변화에 따른 위험관리 전략 개발 연구

2013. 4

서울대학교 산학협력단

농림축산식품부장관 귀하

본 보고서를 “기상 여건 변화에 따른 위험관리 전략 개발”
연구 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2013. 4

연구책임자 서울대학교 농경제사회학부 김관수 교수

연 구 원 서울대학교 농경제사회학부 안동환 교수
서울대학교 농경제사회학부 김홍석 교수

연구보조원 서울대학교 농경제사회학부 석사과정 김윤진
서울대학교 농경제사회학부 석사과정 서동주

<제목 차례>

I. 서론	1
1. 연구목적 및 필요성	1
2. 연구내용 및 방법	1
1) 연구내용	2
2) 연구방법	3
3. 국내외 연구동향	3
4. 연구의 기대효과 및 활용방안	7
II. 위험 분석에 대한 이론적 고찰	9
1. 위험의 정의	9
2. 위험 측정 방법 및 국내외 적용 사례	10
1) 위험 측정 방법	10
2) 금융시장에서의 위험측정	14
3) 농업부문 위험측정 방법	16
III. 한반도의 기후변화와 농업 여건 변화	22
1. 한반도의 기후변화와 농업	22
1) 한반도의 기후변화	22
2) 기후변화와 농업	24
2. 기후변화에 따른 농업여건 변화 및 영향	28
1) 기후변화에 따른 주산지 변화	29
2) 품목별 생산량 및 가격 변화	32
IV. 기후변화와 농식품산업 분야의 위험	36
1. 농업부문 이상기후현상에 따른 위험의 역사적 사례와 시사점	36
1) 아일랜드 대기근	37
2) 들소 멸종위기	38
3) 먼지 폭풍	39
4) 2010년 대한민국의 배추 및 김치 파동	40
5) 시사점	42
2. 기후변화 위험분석의 새로운 관점	44

V. 기후변화의 지역성 실증 분석	48
1. 지역별 기후현상	48
1) 강릉의 극한기후 및 특이기후	48
2) 밀양외 극한기후 및 특이기후	49
3) 정읍의 극한기후 및 특이기후	51
4) 서산의 극한기후 및 특이기후	52
5) 양평의 극한기후 및 특이기후	54
2. 기후변화의 왜도 및 분위회귀분석	56
1) 지역별 왜도분석	56
2) 지역별 분위회귀 분석결과	61
3. 지역 간 기후변수 상관관계 분석	68
1) 기온변수의 상관관계	68
2) 적률(moments)과 부분적률(partial moments)	70
VI. 기후변화에 따른 농업생산 및 가격 위험 분석	74
1. 분석모형	74
2. 실증분석 사례	76
VII. 기후변화에 따른 위험관리	82
1. 위험관리 수단의 개념과 유형화	82
2. 인프라 부문 위험관리 수단	86
1) 조기경보체계	86
2) 위험관리 인력 육성 및 교육	94
3. 과학 . 기술 부문 위험관리 수단	98
1) 국내 농업부문 R&D와 기후변화 위험관리	98
2) 해외 농업부문 R&D와 기후변화 위험관리	106
4. 경제적 . 재무적 수단을 통한 위험 관리	110
1) 농작물재해보험	110
2) 농가경영컨설팅	115
VIII. 요약 및 기후변화 관련 위험분석 연구로드맵	120
1. 요약	120
2. 기후변화 관련 위험분석 연구로드맵	126

1) 가격변동성 실증분석 모형의 정교화	129
2) 기후변화 연계된 위험의 후생효과 추정 모형 개발 및 사례 연구	129
3) 기후변화 관련 위험의 지역적 차별성에 관한 연구	131
4) 기후변화 관련 위험의 완화(mitigation) 전략 개발에 대한 연구	132

<표 차례>

<표 2-1> 확실성, 위험, 불확실성 비교	10
<표 2-2> 위험분석 방법 비교	21
<표 3-1> 우리나라 여름과 겨울 기온변화	24
<표 5-1> 기간별 강릉의 기후변수 분위수(1961~2010년)	48
<표 5-2> 강릉의 일최저기온 0°C미만 일수(1961~2010년)	49
<표 5-3> 강릉의 10mm이상 강수일수(1961~2010년)	49
<표 5-4> 기간별 밀양의 기후변수 분위수(1973~2010년)	50
<표 5-5> 밀양의 일최저기온 0°C 미만 일수(1973~2010년)	50
<표 5-6> 밀양의 10mm이상 강수일수(1973~2010년)	51
<표 5-7> 기간별 정읍의 기후변수 분위수(1973~2010년)	51
<표 5-8> 정읍의 일최저기온 0°C 미만 일수(1973~2010년)	52
<표 5-9> 정읍의 10mm이상 강수일수(1973~2010년)	52
<표 5-10> 기간별 서산의 기후변수 분위수(1971~2010년)	53
<표 5-11> 서산의 일최저기온 0°C 미만 일수(1971~2010년)	53
<표 5-12 > 서산의 10mm이상 강수일수(1971~2010년)	54
<표 5-13> 기간별 양평의 기후변수 분위수(1973~2010년)	54
<표 5-14> 양평의 일최저기온 0°C 미만 일수(1973~2010년)	55
<표 5-15> 양평의 10mm이상 강수일수(1973~2010년)	55
<표 5-16> 강릉의 1월 일별최저기온	56
<표 5-17> 강릉의 8월 일별최고기온	57
<표 5-18> 밀양의 1월 일별최저기온	57
<표 5-19> 밀양의 8월 일별최저기온	58
<표 5-20> 정읍의 1월 일별최저기온	58
<표 5-21> 정읍의 8월 일별최고기온	59
<표 5-22> 서산의 1월 일별최저기온	59
<표 5-23> 서산의 8월 일별최고기온	60
<표 5-25> 양평의 8월 일별최고기온	61
<표 5-26> 강릉 기온의 분위회귀분석	62
<표 5-27> 밀양 기온의 분위회귀분석	62
<표 5-28> 정읍 기온의 분위회귀분석	63
<표 5-29> 서산 기온의 분위회귀분석	63
<표 5-30> 양평 기온의 분위회귀분석	64
<표 5-31> 강릉 일일강수량의 분위회귀분석	65

<표 5-32> 밀양 일일강수량의 분위회귀분석	65
<표 5-33> 정읍 일일강수량의 분위회귀분석	66
<표 5-34> 서산 일일강수량의 분위회귀분석	67
<표 5-35> 양평 일일강수량의 분위회귀분석	67
<표 5-36> 지역 간 피어슨 상관계수	68
<표 5-37> 지역 간 피어슨 상관계수-계속	69
<표 5-38> 분석에 사용된 시간적/공간적 범위	76
<표 5-39> 자료의 기초통계량	77
<표 5-40> 배추의 재배면적 분석결과	78
<표 5-41> 배추의 생산량 분석결과	79
<표 7-1> 위험영향 범위에 따른 농업위험 분류	82
<표 7-2> 농업위험 관리에서 정부의 잠재적 역할	85
<표 7-3> 자연재난 조기경보체계 운영 현황	88
<표 7-4> 우리나라 가뭄 사례와 농업부문 대책	91
<표 7-5> 농림축산공무원 교육사업	96
<표 7-6> 농림축산식품부의 교육사업	97
<표 7-7> 한국농어촌공사의 교육사업	98
<표 7-8> 농림수산식품과학기술 육성종합 계획 상위 주요 분야 및 비전	99
<표 7-9> 기후변화 대응 부문의 중점전략기술 및 세부기술	100
<표 7-10> 농작물 재해보험 대상 농작물	112
<표 7-11> 연도별 농작물재해보험 재정투입 계획	114
<표 7-12> 농가경영혁신을 위한 추진 주제 및 추진 사항	117
<표 8-1> 기후변화 관련 위험분석 연구체계	128

<그림 차례>

<그림 2-1> 효용함수의 형태	11
<그림 2-2> 위험기피자의 효용함수	13
<그림 2-3> E-V 접근법의 효율적 투자선	19
<그림 3-1> 겨울철 기온상승에 따른 가을보리의 안전재배지대 변화	29
<그림 3-2> 연대별 사과 재배지역의 변동 현황	30
<그림 3-3> 스토로베리 구아바의 재배가능지역 변동 예측	31
<그림 3-4> 참다래 재배면적 변화	31
<그림 3-5> 기후변화 전망에 따른 벼 생산성 변화 예측(심교문 외, 2008)	33
<그림 3-6> 벼 줄무늬잎마름병 확산 추세, (농촌진흥청, 2008)	34
<그림 3-7> 주홍날개꽃매미에 의한 포도 피해, (농촌진흥청, 2008)	34
<그림 4-1> 배추가격 변동성 추이(2002년~2011년)	41
<그림 7-1> 농작물재해보험 책임분담 구조	113

I. 서론

1. 연구목적 및 필요성

- 지구온난화 등 기후변화로 인하여 전 세계적으로 식량 공급의 불안정성이 증가되고 있음. 이러한 식량공급의 불안정성은 국가 전체로는 식량안보에 대한 위기감을 고조시키고, 농림축산업의 산업적 측면에서도 농업생산패턴의 변화와 함께 생산과 가격의 “수준(평균)” 및 “변동성(위험)”에 지대한 영향을 미침.
- 기후변화로 인한 농림수산물 생산 수준과 변동성의 증가는 농식품 가격의 변동성을 심화시키고, 이는 생산자 후생과 소비자 후생의 감소를 야기함.
- 이러한 문제점 인식 하에 최근까지 기후변화가 농업 생산 및 가격의 수준(평균), 작부체계, 농산물 무역구조에 미친 영향 분석은 어느 정도 이루어짐. 이러한 분석은 기후변화를 “점진적인” 기후변수의 변화로 보는 시각에서 출발함.
- 최근 기후변화를 “극단적인” 기후변수의 변화, 즉 기후변수 분포의 꼬리가 두꺼워지는 현상(a fat-tailed event)으로 이해하는 시각이 주목을 받고 있음(Weitzman, 2009). 특히 기후변화를 이상기후현상(extreme events)의 빈도(frequency)와 크기(magnitude)의 변화와 연결시켜 이해하려고 하는 관점이 학계에서 주목을 받고 있음. 이러한 새로운 시각은 기후변화와 이에 연계된 위험 분석에 의미 있는 시사점을 제공하고 있음. 위험은 “수준(평균)” 보다는 “변동성”과 연결되는 개념이며, 기후변화와 연결된 극단적인 사건의 함의, 즉 꼬리 위험(tail risk)을 도출하는데 유용한 개념임.
- 기후변화를 극단적인 기후변수의 변화로 이해하는 관점 하에서 기후

변화의 양상이 어떠한 형태로 나타나고 있는지, 이러한 기후변화의 양상이 지역성을 띠고 있는지, 그리고 기후변화가 야기한 농식품 생산의 '변동성'(위험)에 대한 체계적인 분석은 이루어지지 않고 있음.

- 이러한 분석을 위해서는 우선 기후변화와 연계된 위험에 대한 이론적인 검토가 요구됨. 이러한 분석의 틀에서는 기본적으로 기후변화와 연계된 이상기후현상의 빈도와 크기를 반영하여 기후변수 분포의 하방 꼬리 부분을 강조하게 될 것임. 기후변화와 연계된 위험에 대한 정의를 기초로 우리나라 농식품 생산에 있어서 기후변화가 야기한 위험에 대한 분석이 가능할 것임.
- 본 연구에서는 이러한 관점을 바탕으로 기상여건의 변화가 농식품 분야에 미치는 영향을 해당 확률변수(예, 농업생산, 기온, 강수량)의 1차 적률(moment, 평균)뿐만 아니라 분산(variance), 왜도(skewness), 첨도(kurtosis) 등 고차원 적률(higher moments), 및 하방 분위수(lower quantile)의 이해를 통하여 분석하고, 이를 바탕으로 위험관리 전략의 기초를 구축하고자 함.
- 본 연구의 구체적인 연구목적은
 - 1) 일반적인 위험분석에 대한 이론적인 고찰을 시도하고,
 - 2) 이를 바탕으로 기후변화와 연계된 위험분석은 어떠한 시각에서 분석해야 할 것인가에 대한 이론적인 틀을 제시하고,
 - 3) 국내 실증연구로서 기후변화와 연계된 위험분석의 사례를 제시하고,
 - 4) 하방위험과 연계된 기후변화의 지역성을 이해하기 위하여 지역별 기후변수 분포가 어떻게 변화하였는가를 실증적으로 규명하고,
 - 5) 기후변화에 대응한 농식품 분야 중장기 위험관리 전략 개발을 위한 연구 로드맵을 제시함에 있음.

2. 연구내용 및 방법

1) 연구내용

- 위험분석에 대한 이론적 고찰
 - 위험의 정의
 - 위험의 측정 방법 및 국내외 적용 사례

- 한반도의 기후변화와 농업생산 및 시장 여건 변화에 대한 선행연구 검토
 - 기후변화에 따른 주산지 변화
 - 품목별 생산량 및 가격 변화

- 기후변화에 따른 농식품산업 분야 위험 분석
 - 기후변화와 관련된 위험분석에 대한 이론적 고찰
 - 국내 자료를 이용한 기후변화 관련 위험 분석 사례(예: 한국 쌀농가의 하방 위험분석)

- 기후변화에 따른 위험관리 수단에 대한 이론적 검토 및 국내외 사례
 - 조기경보체계 확충
 - 위험 관리(management) 수단: 연구개발(예, 신품종 개발), 규제 정비(방제 시설 의무화 등), 인적자원 개발(교육), 보험, 생산 다각화 등

- 국내 기상여건 변화에 대한 실증 연구
 - 과거 30년간(1980~2010) 국내 연평균 기온·강수량·일조량 등 기상여건 변화에 대한 위험분석(risk analysis)
 - 예비 분석을 통해 필요시 권역별 분석 및 시사점 도출(예, 기후변화에 따른 지역별 위험 노출 분석, 기후변화가 지역 농업생산성 및 위험에 미치는 영향, 기후변화 위험의 지역성에 따른 위험관리 방안의 차별성 검토 등)

- 정책개발을 위한 기후변화 연계 위험관리 관련 연구 로드맵 작성
 - 기상변화에 대한 위험분석 시스템 및 대응 방안의 토대 구축 등

2) 연구방법

- 이론적 검토는 문헌연구를 통하여 시도하고, 국내 실증연구에는 계량경제학적인 추정기법을 활용하고 기상변수 확률분포의 지역적 차별성 검토에는 통계학적 기법(예, 분위회귀분석, 부분상관계수 등)을 활용함
- 기상청 등을 통하여 기후변화 분석자료 및 특성분석을 위한 기상변수 자료 수집
- 또한, 관련된 문헌들과 시군구 통계연보나 중앙정부의 공식 통계자료 등을 이용하여 기상변수 영향이 큰 인자들을 도출.
- 지역별 기상변수 확률분포 및 빈도분석 관련이론들을 검토하여 방법론(통계학적 기법 - 예, 분위회귀분석, 상관계수 추정 등)을 선정하여 지난 30년간 기상변수 지역적 차별성 및 발생빈도, 크기 분석

3. 국내외 연구동향

- 현재 192개국이 가입하고 있는 기후변화협약(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)에 따라 온실가스를 어떻게 감축해야할 것인지에 대한 실증분석이나 기후변화가 각 산업에 미치는 영향을 경제적으로 분석하거나 또는 시나리오를 통해서 앞으로의 기후변화를 예측하는 연구들은 많이 이루어져 왔음.

- 기후변화에 관련된 취약성과 위험도에 관한 연구는 산림, 농업, 용수 등의 지역의 자연적인 조건과 밀접한 관련이 있는 부문을 중심으로 ‘지역기반’으로 접근한 연구와 사회, 경제적인 요소를 중심으로 하여 ‘국가기반’으로 접근한 연구들이 있음.
- 지역기반 중심의 연구를 살펴보면 Parkins 외(2007)는 산림과 관련한 산촌 지역의 취약성을 살피기 위해 물리적 부문으로서의 산림의 민감도와 미래 산림의 전망을 분석하였고 설문조사를 활용하여 사람들의 임업에 대한 의존도와 인식에 대해 연구하였음.
- O'brien 외(2004)는 건조지역과 몬순의존도를 측정하는 민감도 분석을 통해 인도 농업부문의 기후변화 취약성을 평가하고자 하였음. 지하수 이용가능성과 토양 조건을 관개면적의 비율 적응 능력지수로 환산하고 기술적 인프라의 확장이 필요함을 지적
- Sullivan 외(2005)는 홍수나 기타 재해 시 대피할 수 있는 장소로의 접근성, 물 소비 생물 및 인구수, 서식처, 홍수 빈도, 해수면 상승도 위험 지역의 범위 등을 분석하고, 물과 관련한 지역의 취약성을 연구하였음.
- 국가기반 중심의 연구를 살펴보면 Moss 외(2001)는 기후변화와 취약성에 관련하여 접근을 시도하였음. 미국의 에너지 산업을 준비하는 가운데 위험 상황에 직면하게 되는 인구수와 일인당 동물성 식품 섭취량, 단위당 곡물 생산량 등의 식량문제, 평균 수명과 출산율 등을 통해 미국의 취약성과 민감도를 분석하고자 하였음. 또한 일인당 GDP, 인구 밀도 등을 통해 경제적 능력과 환경에 관련한 적응능력을 파악하고자 하였음.
- Brooks 외(2005)는 국가의 보조와 평균수명, 의료 유효성, 일인당 섭취열량 등을 통해 건강 및 영양에 대한 국가의 취약성을 파악하

고 보호지역, 산림변화율, 수자원의 지속성 등을 통해 환경 스트레스를 분석하였음. 또한 교육과 기반시설과 관련한 지출 수준을 통해 이들에 대한 효율성에 대해 분석하였음. 취약성과 위협에 대한 인식을 통해 적응능력을 함양하는 것이 관건이라 표명하였음.

- Yusuf 외(2009)는 북동아시아의 가뭄, 홍수, 싸이클론, 산사태, 해수면상승도를 분석하여 기후위해 지도를 구축하였고, 인구밀도와 보호지역의 연구를 통해 사회 생태적 민감도 지도를 구축하였음. 인간개발, 빈곤, 소득불평등의 사회경제적인 요인과 기술, 인프라를 적응 능력으로 보고 지역적 기후변화 분석을 통한 적응 전략을 구축하고자 하였음.
- 각 산업에 미치는 영향에 대한 연구로는 조경화(2000)는 한국을 포함한 13개 지역과 지역별 8개 산업으로 구성된 Global CGE모형을 이용하여 ‘부속서 I 국가들’이 교토 의정서에서 합의한 온실가스 감축의무를 이행하는 수단(개별 탄소세와 국제 배출권거래제)에 따른 파급효과를 분석하였음.
- 심교문 외(2003)는 지난 97년간(1904~2000) 우리나라에 영향을 준 기상재해의 유형과 이들의 발생 현황을 살펴보고 최근 10년간(1991~2000) 농작물에 피해를 준 기상재해의 유형별 발생횟수를 시·군별로 정리 분석하여 기상재해의 지역성과 발생빈도를 파악하였음.
- 유가영 외(2008)는 상수도의 인구, 급수량, 하수도 보급률, 저수율 중심의 인간정주 기반시설과 출산율, 기대여명, 건강보험적용, 독거노인비율을 토대로 민감도를 분석하고, GDP, 인적자원과 교육 분야, 환경역량과 산업구조를 토대로 적응능력을 분석하면서 기후변화 취약성 평가에 대해 연구하였음.

- 박종민 외(2010)는 산사태발생과 관련하여 경사도, 지형고도, 침엽수 식생 면적율, 무림목지 면적을 토대로 전라북도의 민감도를 분석하고 인구당 공무원, 관리 토지율 등의 적응능력을 분석하고 전라북도 산사태와 관련한 취약성을 연구하였음.
- 이러한 선행연구들 중 기후변화와 관련한 자연요소들의 특징과 관계한 취약성 연구들은 대부분 특정 지역기반 중심으로 진행된 반면, 기후변화와 관련한 국가기반 중심의 연구들은 사회, 정치, 경제적인 요소 등을 중심으로 취약성과 적응능력을 파악하고 있음.
- 한편 기후변화가 농업에 미치는 영향에 대한 해외의 연구는 2000년 이후 매우 활발하게 이루어져 왔음.
- Chmielewski and Kohn(2000)은 기상요인이 겨울 호밀의 생산성에 어떠한 영향을 미치는지 분석하기 위해 1996년부터 1998년까지 3년간 겨울 호밀 생산량 패널데이터를 이용하여, 겨울 호밀의 단수는 성숙기의 고온이나 가뭄이 호밀의 낱알 수, 즉 생산에 부(-)의 영향을 미칠 수 있음을 보임.
- Ozkan and Akcaoz(2002)는 기온과 강수량이 밀의 생산량에 어떠한 영향을 미치는지를 분석하였음. 여기서는 1975년부터 1999년까지 터키 남부지역의 밀 생산량의 패널데이터를 이용하여 밀의 생산량이 파종시기 최고기온과 정(+)의 상관관계를 가지고 있으며 개화시기 최대 강수량과는 부(-)의 상관관계를 가짐을 보여주었음.
- Finger and Schmid(2007)는 기후변화가 스위스의 옥수수과 겨울 밀 생산량에 미치는 영향을 연구하였음. 이 연구에서는 생물학적 시뮬레이션과 경제학적 모형의 틀을 가지고 분석하였으며, 만약 기후변화에 대한 대응과 적응을 위한 대책이 마련되면 이는 오히려 경제학적으로

로 긍정적인 효과를 얻을 수 있음을 밝힘.

- 기후변화에 따른 농업부문과 관련한 해외 선행연구의 대부분은 주산지의 변화와 그에 대한 대응책 마련 및 경제성 측정에 대한 지리학측면이나, 온실 가스와의 관련한 환경학적 측면, 기후변화가 생태계 전반에 미치는 영향과 그에 따른 농업 부분의 변화를 주로 다루는 농업 생태학적 측면이 주를 이루는 한계가 있음(조은영, 2009).
- 국내에서도 기후변화에 대한 연구는 최근 활발하게 이루어지고 있으나 기후변화가 농업에 미치는 영향에 대한 실증분석 연구는 상대적으로 많이 이루어지지 않고 있음. 특히 우리나라의 기후변화에 따른 농업부문의 위험에 대한 정량적인 분석이 아직 부족한 것으로 나타남.
- 강신우 외(2001)는 우리나라는 기후변화로 인한 농산물의 생산량과 가격의 변동에 안정적으로 농가소득을 지원해 줄 수 있는 제도적 장치에 대한 연구도 부족하며 그나마도 기후변화와 관련하여 사후적 지원책인 농업재해에 대한 보조 및 지원이 거의 대부분임을 지적하였음.
- 향후 지속 될 기후변화에 대응하기 위해서는 사후적뿐만 아니라 사전적으로 위험을 관리하고 이에 대응할 수 있는 중장기적인 연구로 드맵이 필요함.

4. 연구의 기대효과 및 활용방안

- 농식품분야 기후변화 위험 분석 연구의 토대 마련

- 향후 농식품분야 기후변화 위험 대비 정책 수립의 기초자료로 활용

- 기후변화 농식품분야 위험관리 전략개발 관련 연구 방향 설정 등에 활용

II. 위험 분석에 대한 이론적 고찰

1. 위험의 정의

- 경제학적 분석들은 경제주체 또는 의사결정자들이 앞으로 발생할 사건에 대하여 확실하게 인지하고 있다는 것을 암묵적으로 가정하면서 이루어져 왔음. 그러나 실제 현실에서는 경제주체들은 종종 미래에 대한 전망이 불확실한 상황에 직면하게 되며 이러한 상황들에 따라 의사결정을 다르게 해야 하는 경우가 많음.
- 일반적 의미의 위험은 우연한 사고 발생의 가능성 또는 불확실성을 의미함.
 - 이러한 위험에는 경제적 손실과 같은 바람직하지 않은 결과와 이러한 결과에 따른 불확실성(uncertainty)이 내포되어 있음.
- 그러나 Frank H. Knight(1921)가 경제학에서의 불확실성(Uncertainty)이란 개념과 위험성(Risk)의 개념을 처음으로 엄밀하게 구분.
- 미래에 발생할지도 모를 불투명한 재해 가운데서, 확률분포에 의하여 발생빈도나 그 크기를 수학적으로 측정가능한 것이 위험(Risk)이며 어떤 사건이 발생할 가능성은 있을지라도 이를 통계로 측정하기 어려운 경우가 불확실성(Uncertainty)으로 정의될 수 있음.
- 불확실성은 어떠한 변수들 간에 인과관계 또는 상관관계가 없기 때문에 논리적으로 그 결과를 설명하지 못하며 그렇기 때문에 미래의 일어날지 모를 불투명한 사건이 위험(Risk)인지 불확실성

(Uncertainty)인지에 따라 각 의사결정자의 선택은 달라진다고 할 수 있음.

- 만약 통계자료를 토대로 하여 어떠한 사건이 발생할 가능성을 측정할 수 있다면 그 위험에 대한 비용도 이를 토대로 산출할 수 있음. 그러나 어떤 사건이 발생할지 아니면 발생하지 않을지도 예측할 수 없는 불확실성의 경우에는 그에 대한 비용을 헤아리기 어려움.

<표 2-1> 확실성, 위험, 불확실성 비교

확실성	위험(Risk)	불확실성(Uncertainty)
미래를 완전히 예측 필연의 영역	미래를 확률적으로 예측 확률의 영역	미래를 완전히 모르는 상태 우연의 영역
기대수익이 일정함	기대수익을 표준편차(분산)을 통해	기대수익을 완전히 모름
기대수익의 표준편차가 0	기대수익의 표준편차가 0보다 큼	기대수익의 표준편차를 알 수 없음

- 수학적으로는 어떤 사건에 대한 관찰결과가 확률적 기대치(expected value)와 달라질 수 있는 변동성(variability)으로 해석되기도 함.
 - 위험을 측정하는데 있어 주로 분산 또는 표준편차가 이용 됨.

2. 위험 측정 방법 및 국내외 적용 사례

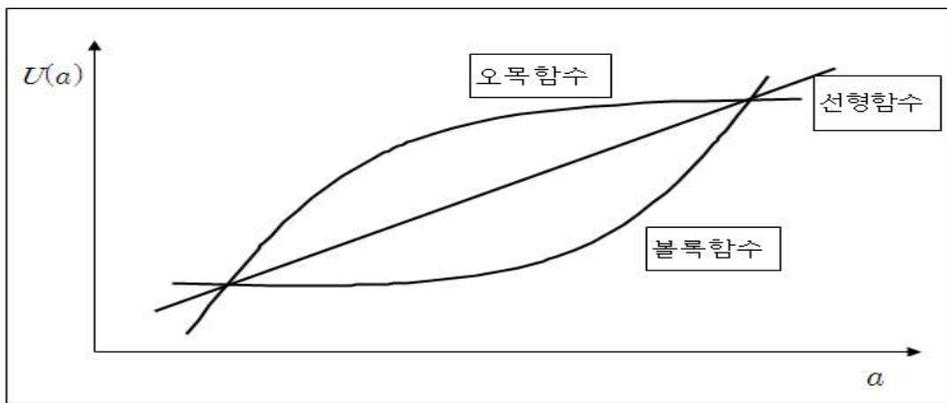
1) 위험 측정 방법

- 위험에 대한 모호한 표현을 명확한 수량적 개념으로 전환시킴으로써 적절한 위험 관리기법의 선택과 같은 리스크에 대한 구체적인 의사결정을 가능하게 하기 위해 위험의 측정이 필요.
- 위험을 측정하기 위해서는 효용함수의 성질을 파악하여야 하며, 오목

한 효용함수가 위험 기피성과 연결되고, 볼록한 효용함수는 위험 애호성, 선형인 효용함수는 위험 중립성과 연결됨.

- 효용함수 $U(a)$ 라 하고 이때 a 는 부 또는 자산을 표시함. 일반적으로 이러한 효용함수 $U(a)$ 는 부에 대하여 단조증가 함수임.
 - 효용함수 $U(a)$ 가 오목함수이면, $U(aa_1+(1-a)a_2) \geq aU(a_1)+(1-a)U(a_2)$
 - 효용함수 $U(a)$ 가 볼록함수이면, $U(aa_1+(1-a)a_2) \leq aU(a_1)+(1-a)U(a_2)$, 단 $0 < a < 1$.

<그림 2-1> 효용함수의 형태



- 위험 선호도를 정의하기 위해서는 위험 프리미엄, 즉 위험에 대한 비용의 논의가 수반되어야 함.
- 위험의 비용, 즉 위험 기피정도를 측정하는 개념으로는 위험 프리미엄(risk premium)과 확실성 등가(certainty equivalent)가 있으며 두 개념은 서로 연관되어 있음.
 - 기대효용가설 하에서 효용의 기대값인 $EU(a)$ 와 부의 기대값인 $E(a)$ 에서 일정한 금액(R)을 차감한 후의 효용, 즉 $U(E(a)-R)$ 이 같은 수준이 될 때의 R 을 위험 프리미엄으로 정의함.

$$\square EU(a) = U(E(a)-R)$$

○ $R > 0$ 이면, 상황에 따라 부가 불안정하게 나타나는 경우보다는 늘 일정하게 $E(a)$ 만큼의 부를 얻을 수 있는 경우를 더 선호함을 의미함. 추가적으로 R 만큼을 지불하고서도 확실하게 $E(a)$ 만큼의 부를 확보하는 것이 불안정한 부를 기반으로 한 효용과 동일하다는 것임. 따라서 확실하기만 하면 $E(a)$ 에서 일정액(R)을 공제하더라도 이를 감수할 용의가 있다는 것을 의미함.

- 이 때 공제하는 금액 R 을 위험 프리미엄(Risk Premium)이라고 정의하고 위험의 비용을 측정할 때 사용함.

- 이 때 $E(a) - R$ 을 확실성 증가(Certainty Equivalent)로 정의함.

□ 위험 선호도의 정의는 이러한 위험 프리미엄을 이용하여 이루어짐. 위험 프리미엄이 0보다 크면($R > 0$) 위험 회피적 선호(risk-averse), 0보다 작으면($R < 0$) 위험 애호적 선호(risk-loving), 0이면($R = 0$) 위험 중립적 선호(risk-neutral)라고 정의함.

○ 위험 기피적 선호를 가지고 있는 의사결정 주체는 위험에 노출되었을 때 효용이 감소되기 때문에 양의 위험 프리미엄을 지불할 의사가 있음.

○ 반대로 위험 애호자인 경우 위험이 제거되었을 경우 효용이 감소하므로 위험이 제거되었을 때 위험 프리미엄만큼 보상받기를 원함.

○ 위험 중립자인 경우 위험에 노출되거나 위험이 제거되었을 때 효용의 변화가 없으므로 위험 프리미엄의 값은 0으로 나타남.

□ 일반적인 의사결정자가 위험 회피적 선호를 가지고 있다고 가정할 때, 위험 프리미엄을 어떻게 측정할 것인가가 관건임. 즉 위험의 비용(cost of risk)을 어떻게 측정할 것인가 하는 문제가 대두됨.

- 위험 프리미엄 R 은 위험회피정도를 나타내는 Arrow-Pratt 위험회피계수와 분산의 함수로 다음 식과 같이 표시될 수 있음(이의 도출은 Taylor 2차 전개를 이용함).

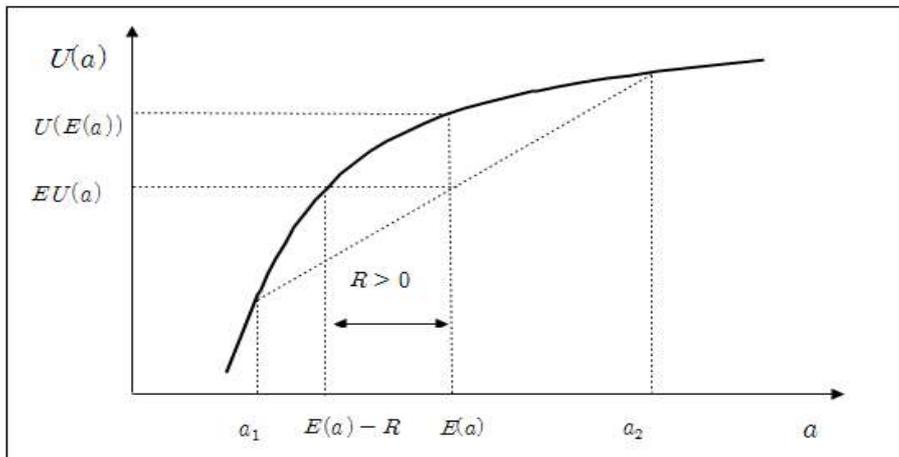
$$\square R \approx -0.5(U''/U)Var(a)$$

- 위험프리미엄 R 은 위험의 분산 $Var(a)$ 에 비례적이며 Arrow-Pratt 위험회피계수(r)와도 비례적인 관계에 있음. 한편 위 식으로 계측될 수 있는 위험의 비용은 국지적 계측치(local measure)임.

- 여기서 ‘국지적’이라 함은 사용된 테일러 전개 근사가 오직 근사치의 근방에서만 오차가 적음을 의미하며, Arrow-Pratt 위험회피계수는 효용함수의 특징을 반영함.

- 이상의 논의를 종합하면, 위험기피적 선호($R > 0$)는 $U'' < 0$ (오목한 효용함수), 위험애호적 선호($R < 0$)는 $U'' > 0$ (볼록한 효용함수), 그리고 위험중립적 선호($R = 0$)는 $U'' = 0$ (선형 효용함수)를 의미함. 따라서 위험의 비용 측정에는 효용함수의 모양이 중요함.

<그림 2-2> 위험기피자의 효용함수



2) 금융시장에서의 위험측정

- 아래에는 기후변화 위험과 관련하여 하방위험에 분석의 초점을 두고 있는 VaR(Value at Risk)의 방법론을 금융시장 실증분석의 예로 제시하고자 함.
- 금융시장의 경우 재무변수의 변동이 심해짐에 따라 이에 대한 시장 위험의 측정 및 관리가 요구됨.
- 특히 금융기관들은 주식, 채권 이외에 옵션, 선물, 스왑과 같이 다양해진 파생상품에 포지션을 취해야 함으로 더욱 정교한 위험 관리를 측정할 필요성이 있음.
- 금융시장이 개방되면서 해외자본 유입이 증가하고 있어, 이에 따른 금리, 환율, 주가 및 상품가격의 변동성이 증대는 곧 시장위험에의 노출도 증대를 가져올 것으로 판단됨.
- 위험에 대한 체계적인 관리에 대한 중요성이 부각되고 있음.
- 금융시장은 재무변수의 변동성이 높아 증권회사들을 중심으로 효율적인 위험 관리 시스템 구축에 대한 관심 증대로 이에 대한 다양한 연구들이 수행되어 왔으며, 그 중 위험관리에 널리 이용되고 있는 VaR(Value at Risk: 위험가치)에 대한 연구가 상대적으로 많이 있음.
- 재무변수의 변동성의 증가에 따른 자산가치의 변동에 의한 위험 노출이 있는 기업은 VaR 모데을 이용하여 금융자산과 부채의 가치변동에 따라 발생하는 시장위험을 분석

○ VaR의 통계학적인 의미는 ‘목표기간 내에 회사가 직면한 손실분포 (Loss distribution)의 주어진 신뢰수준 하에서의 분위수(quantile)’이며 결국 VaR 측정의 핵심은 손실분포를 도출하는 것

□ VaR의 측정법은 비모수적으로 미래 자산 수익률의 분포를 도출하는 역사적 시뮬레이션 방법(Historical VaR)과 자산의 수익률 분포나 중요변수의 확률적 프로세스에 대한 가정아래 VaR를 추정하는 모수적 접근방식(model-building approach)의 두 가지 유형으로 나누어지며, 이용택 외(2005)는 다음과 같이 4가지로 구체화하였음.

① 분산-공분산법(Variance-Covariance Approach: VCA)

- 중심극한이론에 의해 관찰치가 정규분포가 된다는 가정에서 출발하며 분석이 용이함.
- 하지만 위험변수의 비정규 및 비선형 특성을 반영하지 못하며 낮은 정확도가 단점으로 지적됨.

② 이력시뮬레이션 기법(Historical Simulation Approach: HSA)

- 위험변수의 확률분포를 과거의 이력자료를 토대로 추정하는 모수적 방법.
- 확률분포 과정이 존재하지 않고 개념적으로 간단할 뿐만 아니라 오차 발생이 없으며 과거의 이력을 따른 추세를 반영하여 위험도를 계량화할 수 있는 장점.
- 하지만 이력자료를 수집할 때 통계적으로 유의함에 대한 신뢰성 문제가 있고 분석기간내에 이력자료의 추세와 동일한 위험도가 발생하지 않을 경우에는 분석이 불가함.

③ 시나리오 시뮬레이션 기법(Scenario Simulation Approach: SSA)

- 이력시뮬레이션과 반대의 개념을 이용하는데 미래에 실현 가능한 사건별로 시나리오를 가정하고 분석함
- 주관적 개입 우려의 여지가 있으며 만약 잘못된 시나리오를 설정하였을 때

추정이 잘못되는 경우가 종종 발생함

- 또한 변수간 상관관계가 있을 때는 신뢰성문제가 발생.

④ 몬테카를로 시뮬레이션 기법(MonteCarlo Simulation Approach: MCSA)

- 시뮬레이션 기법을 기반으로 위험변수들을 위험도 평가지표로 반영하여 반복하여 계산을 도출하는 기법.
- 비모수적으로 분포형태와 상관관계를 추정하는 방법으로 비교적 쉽게 적용가능.
- 하지만 위험도를 분석하는 것이 어렵고 추정량이 많아 계산시간이 오래 걸리는 단점이 있음.

○ 정규분포와 비교하여 금융자산 수익률의 분포는 일반적으로 꼬이 뾰족하고 꼬리가 두터운 분포 모양을 가짐.

- VaR는 꼬리부분에 대한 추정치이므로 "fat-tails" 문제가 VaR 추정에 있어 중요한 변수로 작용.

3) 농업부문 위험측정 방법

○ 농업부문에서도 모델링 접근 방법을 통해 위험의 상황에 직면한 경제주체들이 어떻게 의사결정을 하는지에 대한 많은 연구가 이루어져 왔음(한국농촌경제 연구원, 2012).

- 각각의 방법론들은 위험에 대해 농가의 전략에 따라 서로 다른 소득확률분포를 갖는다고 가정함으로써 위험에 대한 태도, 즉 위험회피 정도는 다르게 하고 있지만 모든 방법론이 위험(risk)과 수익(return) 사이의 상충관계를 설정하고 있음.
- 한국농촌경제 연구원(2012)는 농업부분 역시 위험을 측정하는 다양한 접근방법들에 대한 연구 필요성에 따라, 가장 많이 이용되고 있는 안전최우선 접근 방법(safety-first criterion), E-V접근법 그리고 확률적 우위법을 다

음에서 간략하게 소개하였음.

(1) 안전최우선 접근 방법

- 위에 언급하였던 것처럼 전통적인 재무이론에서는 위험자산을 최적으로 배분할 때 평균-분산(mean-variance) 모형을 이용하여 전략을 결정하고 기대수익률과 위험 사이의 상호배타적(trade-off) 관계를 효용함수의 오목한 성질을 통해서 유도하였음(형남원 외, 2007).
 - 기존의 이론에서는 평균-분산 평면상의 분석을 전제로 하여 효율적인 투자 곡선 및 효용함수를 도출할 때 위험을 분산 혹은 표준편차로 측정하였음.

- 효용함수의 제 1차 접근(first order approximation)에서 평균-분산 간의 최적행위가 유도되지만 투자자들이 잠재적으로 얻게 되는 수익의 가능성 보다 손실 가능성에 관심을 가지는 손실기피(limited downside risk) 선호에서는 이러한 통상적인 평균-분산 모형으로 설명하는데 한계가 있음.
 - 따라서 최근 위험의 척도로서 평균-분산 모형보다 VaR를 이용한 평균-VaR 모형을 통해 최적화 문제에 접근하는 연구가 활발하게 이루어지고 있음.

- 전통적인 평균-분산 모형과 비교하여 VaR가 가지는 이점은 다음과 같음.
 - VaR은 분포의 끝자락이 두꺼운 꼬리분포(fat-tailed distribution)를 가지는가를 분석하는 데 있어 표준편차보다 유리함.
 - VaR은 표준편차와는 달리 분포의 양쪽을 동등한 개념으로 두지 않고 왼쪽 부분, 즉 하방위험(downside risk)에 초점을 맞추어 분포의 비대칭성이 고려될 수 있음.

- 분포의 왼쪽부분인 하방위험에 중점을 두는 VaR를 사용한 분석은 위

험에 대한 실질적인 원인이 손실(downside)에 있다는 논거로부터 이루어짐.

- 이렇듯 손실 가능성에 초점을 두어 발전시킨 이론이 안전우선 (safety-first criterion)로서 Roy(1952)에 의해 처음 연구되었음.
 - 하지만 이 이론을 응용한 실증적인 분석은 비교적 최근에서 이루어짐 (Cambell, Huisman and Koedijk, 2001).
- 이 이론은 의사결정자가 수익의 보장과 같은 안전을 최우선시 하는 반면 손실이 발생할 경우를 최소화하려는 경우에 적용됨.
- Roy(1952)가 제시한 기준은 의사결정자가 자산 i 를 통해 실제로 얻을 수익 R_i 이 감내할 수 있는 최소의 수익으로 표현되는 \underline{R} 보다 적어지는 가능성을 극소화 하는 것으로 다음 식¹⁾으로 표현됨.

$$(2-1) \quad \text{Min Pr}(R_i < \underline{R})$$

- 위 식 (2-1)은 Roy의 안전최우선 기준이 최대 안전우선비율 (safety-first ratio) $SFratio_i$ 가 되는 경우를 보여주며 이때 정규 분포를 가정함.

$$(2-2) \quad SFratio_i = \frac{E(R_i) - \underline{R}}{\sqrt{Var(R_i)}}$$

- 안전최우선 방법의 이점으로는 농가의 위험에 대한 태도의 가정 없이도 도출이 가능하다는 점이며 또한 분포형태에 특별한 제약을 가하지 않는 것임.

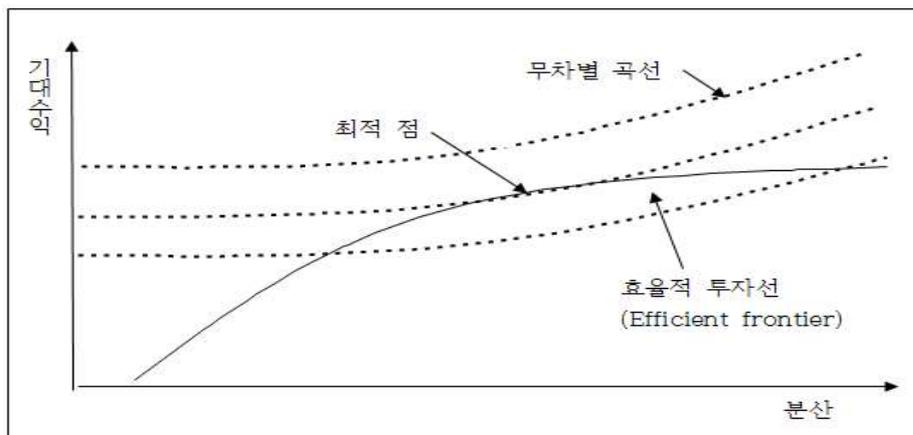
1) 출처: <http://en.wikipedia.org> 참고

- 하지만 몇 가지 단점도 존재함.
 - 현실에서는 각각의 생산자나 의사결정자들이 다양한 상황에서 다양한 위험에 대한 태도를 가지게 되는데 안전최우선 방법을 이용하면 이러한 점들을 나타내는 데에 한계가 있음.
 - 이에 따라 감내할만한 최소 수익 R 을 선택할 때 모두에 일률적으로 적용할 만한 값을 도출하는데 문제가 있음. 또한 기준이 되는 값의 이하의 값들은 동등하다고 보는 가정 때문에 이들 기준 이하 결과들의 차이가 어떠한지에 대한 고려가 불가능함.

(2) E-V 접근방법

- Markowitz는 위험분석에서 기대수익(E)과 분산(V) 사이에서 효율적 기회집합을 나타내는 경계선을 도출함.
- 효율적인 경계선은 분산이 커질수록 동시에 기대 수익 역시 높아지는 양상을 보이는데 의사결정자들의 기대수익과 분산 사이의 상충관계의 정도를 보여주는 무차별곡선이 효율적인 경계선과 만나는 점에서 각각의 최적 포트폴리오가 도출됨(아래 <그림 2-3> 참조)

<그림 2-3> E-V 접근법의 효율적 투자선



자료: 농촌경제연구원, '농업부문 위험과 포트폴리오에 관한 연구', 2012

(3) 확률적 우위 방법

- 확률적 우위(Stochastic dominance) 방법은 효용함수의 구체적 성질에 대한 정보가 없을 때 불확실한 상황에서 최적의 선택을 도출하는 방법임.
- 합리적인 의사 결정자가 최적의 행동을 하기 위한 필요조건이 무엇인지를 연구하는 것으로부터 출발하였음.
 - 확률적 우위 방법은 우위를 설정하는 방법에 따라 1차 확률적 우위와 2차 확률적 우위로 나뉘는데 공통된 개념은 불확실성 하에서의 두 확률 변수로부터 도출된 분포와 의사 결정자의 위험에 대한 선호체계가 반영된 기대효용함수의 가정을 이용하여 두 확률 변수간의 우위를 설정하는 것임.
- 수학적으로 확률적 우위에 대해 살펴보면 어떤 부의 값인 z 보다 항상 같거나 적은 부의 값을 지닌 x 가 있다고 할 때, 즉, $x \leq z$ 를 만족하는 모든 x 가 $F_A(x) \leq F_B(x)$ 또한 만족시킨다면 B의 분포보다 A의 분포가 1차 확률적 우위에 있다고 정의함.
 - 누적 분포 함수 값 자체를 적용하여 위계를 설정하는 것이 1차 확률적 우위의 개념이며 직관적 해석은 A의 분포의 위험률이 B의 분포의 위험률보다 크지 않다는 것임.
- 2차 확률적 우위는 적분의 개념을 이용하여 두 변수간의 우위를 설정하는 것으로 위와 같이 $x \leq z$ 를 만족하는 모든 x 에 대하여 $\int_0^\infty F_A(x) \leq \int_0^\infty F_B(x)$ 이 만족될 경우에는 B의 분포보다 A의 분포가 2차 확률적 우위에 있다고 정의함.
 - 분포 함수 값 자체를 적용한 1차 확률적 우위와는 달리 2차 확률적 우위는 두 집단의 누적분포함수 아래 면적의 대소로 비교함.

- 2차 확률적 우위의 직관적 해석 역시 A의 분포의 위험률이 B의 분포의 위험률보다 크지 않다는 것임.

○ 다음 <표 2-2>는 주요 위험분석 방법을 효용에 대한 가정과 분석을 위해 필요한 파라메타를 중심으로 비교한 것임.

<표 2-2> 위험분석 방법 비교

구분	효용과 관련되어 요구되는 가정	분석방법을 위한 파라미터
Roy의 안전우선	$\text{prob}(Y > L)$ 에 따른 증가	$\text{prob}(Y < L)$
Telser의 안전우선	Y에 따른 선형적 증가	$E(Y)$ 와 $\text{prob}(Y < L)$
E-V 효율성	Y에 따른 선형적 증가	$E(Y)$ 와 $\text{Var}(Y)$
1차 확률적 지배	Y에 따른 증가	완전한 Y 분포
2차 확률적 지배	Y에 따른 증가 (증가속도 감소)	완전한 Y 분포
기대효용과 확실성 등가	알려진 Y 함수	완전한 Y 분포와 효용함수

주: Y=income; E(Y)=expected income; L=critical level of income; P=critical probability

자료: 농촌경제연구원, '농업부문 위험과 포트폴리오에 관한 연구', 2012

Ⅲ. 한반도의 기후변화와 농업 여건 변화

1. 한반도의 기후변화와 농업

1) 한반도의 기후변화

- 우리나라는 중위도 편서풍대에 위치한 전형적인 온대기후의 특성을 지니며 동아시아 몬순의 영향을 크게 받는 지리적 여건을 가지고 있음.
- 육지의 70% 정도가 산악지역인 복잡한 지형으로 구성되어있으며, 조밀한 자연적 지리적 조건을 가지고 있음.
- 이런 조밀한 지리적 특성은 농업 생산, 관리에 효율적으로 기후변화에 대응할 수 있는 이점도 가지 반면, 기후변화가 발생할 경우 그 피해는 전국적으로 나타날 가능성 역시 높아, 이에 대응한 위험관리 수단 마련은 필수적임.
- 우리나라의 지구온난화의 진행속도는 지구평균의 두 배 빠르며 20세기에 평균기온이 1.5℃ 상승(김윤성 2012).
- 특히 기상청 자료를 보면 계절적으로 살펴보면 여름철 보다 겨울철의 온난화가 더 뚜렷한 양상을 보이고 있음.
- 겨울철 평균기온의 상승폭이 여름철 평균기온의 상승폭 보다 큼.
 - 겨울: 1970년대 대비 2000년도 평균기온 1.3℃ 상승
 - 여름: 1970년대 대비 2000년도 평균기온 0.2℃상승

- 또다른 온난화의 영향은 짧아지고 있는 겨울임(이양수, 2007).
 - 기상청의 한국기후표(1997 ~2000)를 통해 20년 동안의 새 평년값(1981~2000)과 그 이전의 과거 30년의 평년값(1951~1980)을 보면 겨울 시작일²⁾이 대구 0일, 수원 4일, 강릉 6일, 광주 7일씩 늦어짐.
 - 반대로 겨울이 끝나는 시기가 수원과 광주 8일, 대구 11일, 강릉 12일씩 앞당겨진 것으로 나타남.

□ 이양수(2007)의 연구에 의하면 2006~2005년 평균 강수량은 평년(최근 30년의 평균)보다 10% 증가 하였는데 반해 강수일수는 오히려 줄어들어 강우의 강도가 높아짐을 알 수 있음.

- 호우일수(일강수량 80mm이상)가 평년의 20일 보다 8일정도 증가
- 지역에 따라 460.3mm가량 연강수량이 늘기도 하였음.
- 강수일수는 줄어들어 농업생산을 하는데 가뭃피해는 잦아지고 있으며, 강우의 강도도 높아짐에 따라 농업생산 위험성이 가중되고 있다는 것으로

□ A1B 시나리오에 따르면 2100년에 한반도의 평균기온은 약 4℃ 상승하고 강수량은 13% 증가³⁾

- 환경부(2011)의 기후 시나리오에 따르면 우리나라의 평균기온이 2℃ 상승하면 경기북부의 해안지대까지 난대(아열대)기후가 되며, 4℃ 상승하면 황해도 해안지대까지 난대 기후대 북상 할 것으로 예측됨.
- 강수의 계절변동은 심해지고 호우의 발생빈도와 강도 역시 점점 강

2) 일 최저기온 0℃이하를 겨울 시작일이라고 가정

3) IPCC의 기후변화평가 보고서는 크게 네 가지 시나리오 A1, A2, B1, B2로 나누어 접근하고 있다. 그 중 A1B 시나리오는 A1에서 중시되는 사항에 따라 변형된 시나리오임. A1는 고도경제성장 시나리오, A2는 다원화사회 시나리오, B1은 지속가능발전 추구 시나리오, B2는 지역공존형 시나리오이고, A1B는 에너지의 균형 사용 시나리오임.

해짐에 따라 기후와 밀접한 농업의 기상재해 피해는 불가피 할 것임.

<표 3-1> 우리나라 여름과 겨울 기온변화

구분	평년값 (1971~2000)	1970년대 (1973~1990)(a)	2000년대 (2001~2008)(b)	(b)-(a)
여름철 평균 기온(°C)	23.4	23.4	23.6	0.2
여름철 최고기온(°C)	28.2	29.0	29.3	0.3
여름철 최저기온(°C)	19.6	19.5	20.0	0.5
겨울철 평균 기온(°C)	0.4	-0.1	1.2	1.3
겨울철 최고기온(°C)	5.9	5.2	6.6	1.4
겨울철 최저기온(°C)	-4.3	4.8	-3.4	1.4

자료: 환경부, 한국 기후변화 평가보고서, 2011

2) 기후변화와 농업

- 각 산업마다 기후변화에 영향을 받지만 농업은 특히 생산에서 수확까지 전단계에 걸쳐 기후에 직간접적으로 영향을 받기 때문에 가장 연관성이 큰 산업중 하나임.
- 농업의 생산에 있어서 가장 중요한 기상 요소들은 기온과 습도, 일조임.
- 일정하게 적정 기온이 지속적으로 유지 되어야 과실이 맺을 수 있음. 이렇기 때문에 필요한 적산 기온이 농작물의 성장에 중요한 조건이 됨.
- 이밖에 수온과 토양의 온도도 작물 성장에 영향을 주는 요인임.

- 습도 역시 중요한 작물의 생육 요소로 가뭄 발생시, 수분 공급이 제한되고, 집중호우 발생시, 수분을 과다 공급하여 작물 침수 유발.
- 각 작물별 요구되는 일조량이 다양하고, 소량의 일조량이라도 필수적이기 때문에 일정량의 일조를 확보를 위한 기술적 노력이 요구됨.
 - 일조량의 부족은 생산은 가능할 지라도 생육이 부진한 작물을 얻게 됨.
- 이 밖에도 바람은 강도가 세지는 경우에는 과실의 낙과 등 피해를 끼치지만, 공기를 통하게 하면서 해당 지역의 온도 및 습도를 조절하는 역할도 함.

□ 비교적 국토면적이 좁은 우리나라의 경우에도 최근 이러한 기상 요소들의 변화가 지역별로 차이가 나는 것으로 관측됨.

- 이양수(2007)는 식물기간⁴⁾이 시작되는 기간을 기상청의 과거평년값(1951~1980)과 새 평년값(1997~2000)을 토대로 비교해 보면 대구와 광주가 3일씩, 수원이 4일, 강릉이 13일 길어져서 식물기간이 늘어났으며, 적산온도는 지역에 따라 9.6~17.4℃ 정도로 차이가 크다고 언급하였음.
- 일평균기온이 1℃보다 높게⁵⁾ 나타나는 첫 날을 기록한 통계기록을 보면 강릉이 1일, 수원이 5일, 청주가 6일, 대구가 7일 정도로 과거보다 빨라졌음. 또한 지속기간도 강릉이 4일, 대구와 광주가 10일, 수원이 12일로 길어진 것으로 나타남.
 - 이와 함께 이 기간의 적산온도는 지역에 따라 1.10~2.24℃ 높아진 것으로

4) 봄철 일 평균기온이 5℃ 이상 되면 월동 작물은 생육을 다시 시작하고 가을철에는 5℃ 이하에서 낙엽이 져서 겨울잠에 들어가게 됨

5) 일평균기온이 10℃ 이상이 되면 월동 작물인 과수는 발아, 개화 등 발육이 한층 빠르게 진행되는 환경조건이 되므로 과수재배에서는 이 기간이 매우 중요.

나타남.

- 일 최고기온 25도 이상인 여름일⁶⁾이 출현하는 첫 날을 기록한 통계 기록을 보면 대구와 광주지역의 출현이 빨라졌으며, 수원은 늦어진 것으로 나타남. 반대로 여름일 출현이 끝나는 날은 지역별로 1일~7일 정도 늦어진 것으로 나타남.

- 온난화의 영향으로 우리나라의 겨울은 줄어들고 여름이 길어짐을 알 수 있음.

□ 최근 겨울일 수의 감소와 평균온도의 상승과 같은 점진적인 기후변화뿐만 아니라 가뭄, 폭설, 한파와 같은 이상기후의 증가와 함께 농가의 생산에 어려움이 늘고 있음.

- 이러한 이상기후는 생산단계에만 영향을 미칠 뿐만 아니라 수확 후에 보관·관리 그리고 유통에까지 피해를 주기 때문에 불확실성에 따른 어려움이 농업 전반에 확산되고 있음

□ 작물 생산은 재배작물 품종별로 갖고 있는 유전적 특성과 재배기술, 재배되는 환경에 의한 영향을 많이 받음. 이 중 재배기술 및 품종개발 관련 기술은 필요성의 인지하고, 비교적 꾸준한 연구를 통해 발전을 거듭하여, 생산 불안정을 완화시키는데 일조하고 있음. 그러나 자연적 요건인 기상환경의 영향 하에 있는 재배환경은 인위적으로 관리하는데 한계가 있음.

- 작물과 품종은 특정 지역의 기후와 토양에 오랜 시간 적응하는 과정을 거치기 때문에 그 지역 풍토에 적절하게 진화된 결과임. 따라서 재

6) 일 최고기온이 25℃이상인 기온을 “여름기온”이라고 하고 여름 기온이 시작되는 날부터 끝나는 날까지를 “여름일”이라고 하는데 여름일은 대체로 5월 하순 또는 6월 상순에 시작되어 9월 중하순에 끝남.

배환경의 변화에 민감하며, 최근과 같이 기상의 변화폭이 매우 커지고 그 빈도가 늘어나는 경우에는 생산에 큰 영향을 미칠 것으로 판단됨.

○ 실제로 1970년 이후 우리나라의 이상기후의 발생이 빈번해지기 시작하였는데 이에 의해 농산물의 피해역시 빈번하게 발생하기 시작하였음.

- 해마다 크고 작은 기상재해에 피해를 겪고 있으며 특히 지난 1980년과 1993년 여름철 저온현상의 발생으로 비롯한 주곡작물의 흉작은 국가전체에 엄청난 경제적 손실을 입혔음(심교문 외, 2003).

□ 농업은 다른 산업에 비해 기후와 관련하여 위험요소 및 불안요소를 많이 가지고 있는 산업으로 인식되고 있음.

○ 심교문(2003)의 연구에 의하면, 일반적으로 다량의 비 또는 소량의 비가 내리거나, 평년보다 기온이 더 높거나 낮아지면 농산물 생산에 미치는 영향은 경험적으로 알고 있는 사실이나, 이에 대한 대응은 미흡하여 해마다 빈번히 발생하는 태풍이나 집중호우와 같은 기상이변으로 인한 농경지와 농산물 피해는 계속해 급증하고 있음.

- 1991~2000년의 10년간 농산물에 영향을 준 농업기상재해의 월별 발생 현황을 살펴보면 여름철 3개월간(6~8월) 폭풍우는 50회에 이룸.

- 이밖에도 7~9월에 빈번하게 태풍이 발생하고, 6월에 우박이 집중적으로 발생하면서 농작물 생산에 적잖은 피해를 주고, 겨울철에는 대설등에 의한 농산물 피해가 있음.

- 문제는 작물에 피해를 준 기상재해가 주요 농산물의 재배 기간인 6~9월에 집중하고 있으며 이 기간의 피해는 전체 기상재해피해의 약 78%에 이르는 것

- 이와 같이 현재의 대비책만으로는 농가는 일정수준의 생산량을 얻기 힘들 것이며 수익의 변동성이 증가하고 결국 생산성의 위험 역시 높아질 것
- 이 같은 문제는 비단 개인 농부의 수익 문제에 국한되는 것이 아니며 국가적으로도 많은 손실을 안게 될 것임.
 - 일정수준 이상의 수익 보장이 있어야 농업 종사자의 유지 및 증가가 가능함.
- 기후변화에 따른 생산성 변동에 대한 현재의 인위적 대응은 기상정보가 정확하다는 전제 하에 유효하며 이마저도 이상기후가 빈번하게 발생하면서 예측이 어려운 양상으로 변화
- 농업전반에 불확실성과 위험이 증가하고 있지만 이에 대비한 연구 및 장기적인 정책수립 노력이 아직 미흡한 단계
 - 그나마 시행되고 있는 기후관련 농산업 정책 대부분은 장기적인 추세를 보일 것으로 예상되는 기후변화에 중점을 두기보다는 자연재해 등에 따르는 사후적·단기적 보상을 통해 농가의 피해를 보상해주는 것이 대부분임.
 - 또한 기후라는 요소가 가지는 불확실하고 예측의 어려움이라는 특성을 반영하여 설계되지 못하고 있으며 그 수도 많지 않음.
- 기후관련 농산업 정책의 기초가 될 연구의 대부분은 부문별 온실가스 배출량에 대한 연구 또는 지구 온난화에 따른 생태계 변화 그리고 미래의 기후변화 전망 등에 집중되어 주로 환경 및 에너지 분야나 생물학 관련 분야들에 치중되어 있는 현실

2. 기후변화에 따른 농업여건 변화 및 영향

1) 기후변화에 따른 주산지 변화

(1) 기후요건에 따른 주산지 변화

○ 기후변화에 따른 벼의 주산지 변화

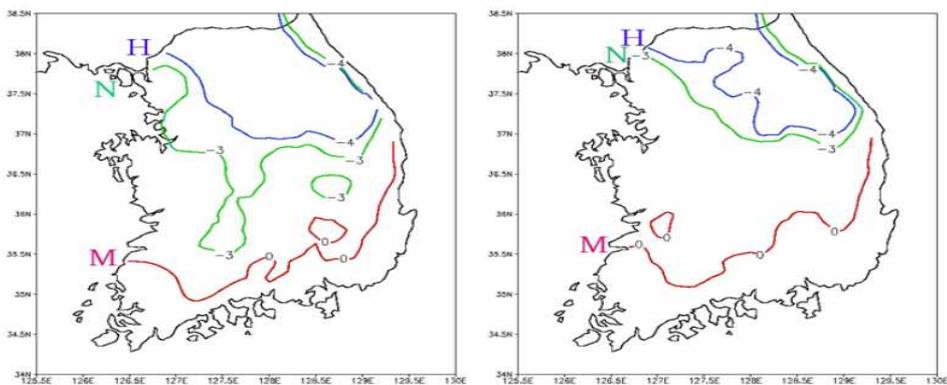
- 벼는 여름작물로 기온이 상승하면 재배 가능지역이 확대됨
- 품종과 재배양식도 기후적응을 위해 변화
- 조생종 재배지대가 중생종으로, 중생종 재배지대가 만생종으로 변화 가능
- 벼농사를 짓지 못하는 일부 산간지대에서 일부 조생종 품종의 벼 재배 가능

○ 기후변화에 따른 맥류의 주산지 변화

- 내륙에서 해안 중심으로 맥류의 재배적지가 이동
- 겨울철 기온 적응과 관련하여 등숙기의 온도가 해안지방이 보다 유리하기 때문임
- 겨울 기온 상승에 따라 가을보리 재배한계선 재조정 가능
-

<그림 3-1> 겨울철 기온상승에 따른 가을보리의 안전재배지대 변화

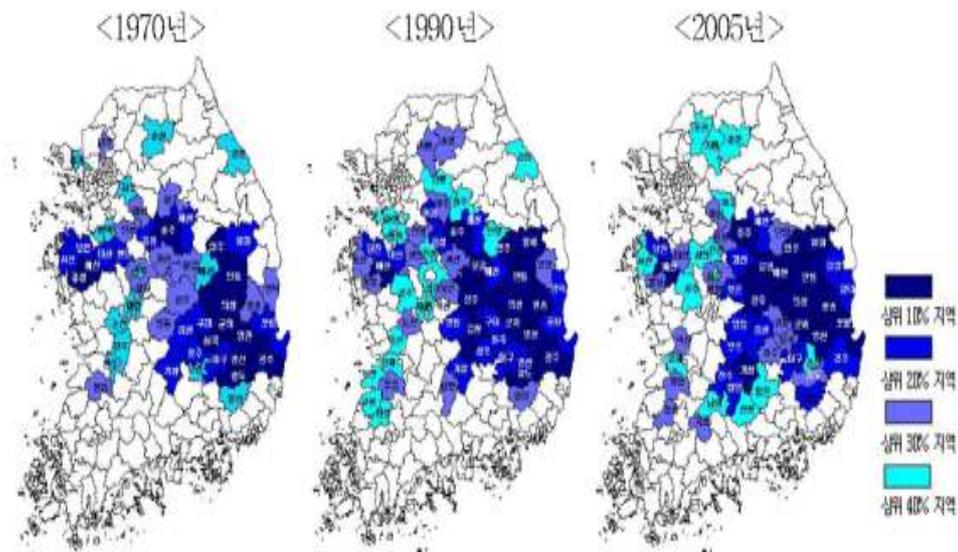
(H 겉보리, N 쌀보리, M 맥주보리),



○ 기후변화에 따른 채소 및 과수의 주산지 변화

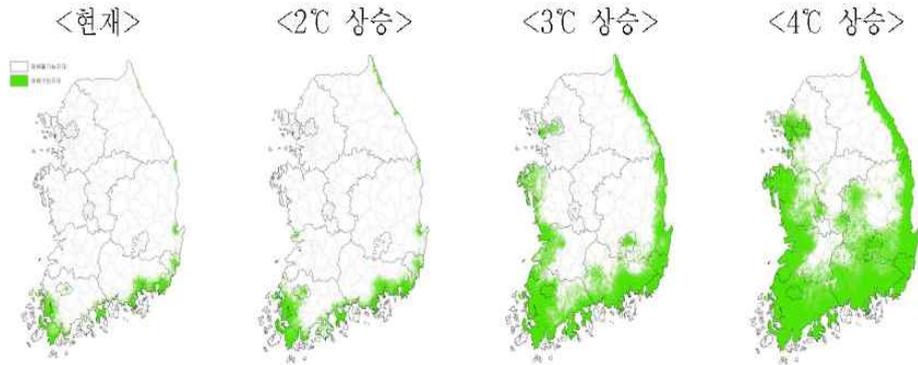
- 기후대의 변화로 인해 일부 채소 및 과수의 경우 재배가능면적이 증가하였으나, 일부 채소 및 과수의 경우는 재배가능면적이 축소됨
- 온도가 상승함에 따라 노지채소의 품질 저하, 일부 채소는 분화장애 및 화아분화 발생
- 겨울철의 온도 상승 시 일조량 부족이 동반되면서 시설채소의 재배지가 축소
- 사과와의 경우 온난화로 인해 재배적지가 북쪽 또는 고랭지로 이동⁷⁾(김창길, 2011).
- 열대작물의 경우 제주를 제외한 육지부의 열대과수 재배가능성 증가(김창길, 2011).
- 참다래의 주산지는 목포, 해남, 고흥, 제주 북부에서 경남 사천, 제주 전역 등으로 확대(김창길, 2011).

<그림 3-2> 연대별 사과 재배지역의 변동 현황

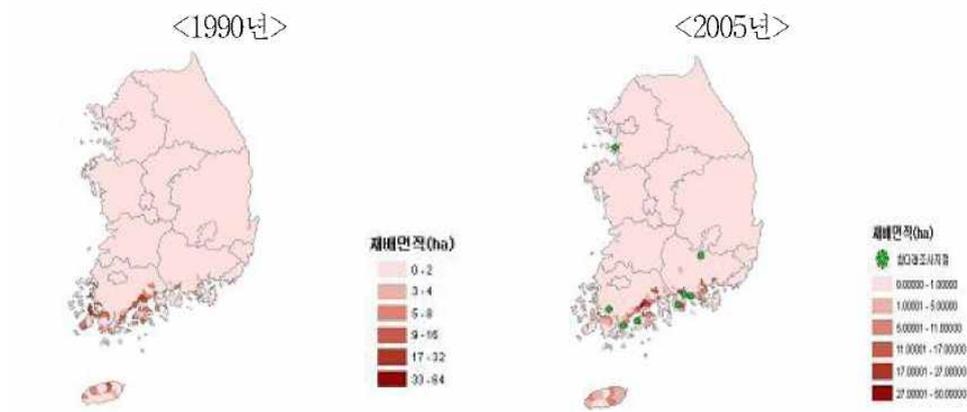


7) 사과의 주산지는 경북에서 충북으로 이동

<그림 3-3> 스토로베리 구아바의 재배가능지역 변동 예측



<그림 3-4> 참다래 재배면적 변화



(2) 제도적 요건에 따른 주산지 변화

○ 기후변화에 따른 제도의 변화

- 유엔기후변화협약, 교토의정서 : 온실가스저감을 목표로 기후협약 이행 의무 부과
- 우리나라 또한 가입국으로 저감의무 분담 (교토의정서 의무이행 기간 : 2013년)
- 정부는 산업, 발전, 수송, 건물, 농림어업으로 부문별 감축계획 확정

- 농업부문의 온실가스 배출 현황(김윤성, 2012).
 - 농업부문의 온실가스는 주로 메탄과 아산화질소에 의해 발생
 - 메탄은 농경지 유기물분해와 가축 장내발효, 아산화질소는 질소비료 분해와 분뇨처리 과정에서 발생
 - 논에서 발생하는 메탄의 90%는 벼의 통기조직을 통해 발생
 - 농기계 이용과 냉난방 등의 에너지 소비에 따라 온실가스가 배출되고 있음
- 농축산부문 또한 온실가스감축의무를 부여받음으로 인해 주산지변화 예측가능
 - 농림수산식품부는 2020년 감축목표량이 180만 CO₂e톤
 - 에너지 소비가 많은 높은 기계화율 지역과 시설재배 중심지의 주산지 변화가 가능

2) 품목별 생산량 및 가격 변화

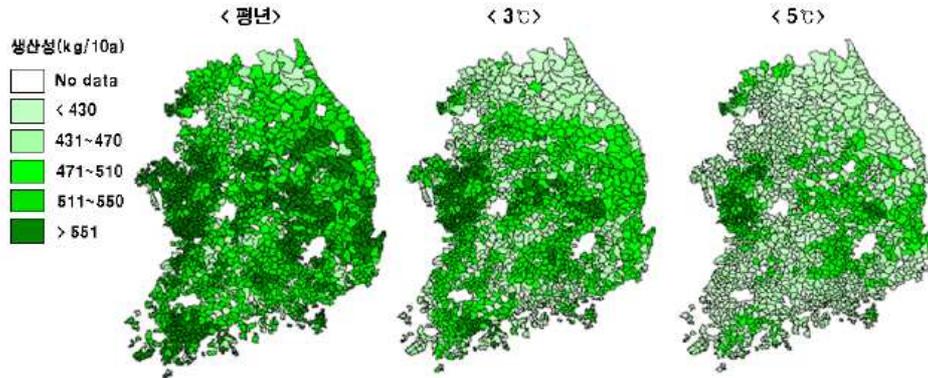
(1) 생산량 변화

- 온난화에 의한 식물기간·작물기간 확장(김창길, 2008).
 - 식물기간은 연평균 기온 5℃ 이상일수, 작물기간은 유효온도 15℃ 이상을 의미
 - 식물기간은 90년대 이후 70년대, 80년대와 비교하여 9일 정도 길어짐
 - 작물기간은 90년대 이후 70년대, 80년대와 비교하여 15일 정도 길어짐
- 벼의 생산량 변화
 - 현재 기술로 벼를 재배할 때 2010년대~40년대까지 지역에 따라 최대 5%까지 감소
 - 수량감소는 내륙 평야지에서 빨리 나타날 전망
 - 강원도 내륙 등 일부지역은 생산증가가 가능하나 대부분 지역에서 수량감

소 예상

- 시간이 갈수록 피해정도가 커질 수 있음

<그림 3-5> 기후변화 전망에 따른 벼 생산성 변화 예측(심교문 외, 2008)



- 기타 작물의 생산량 감소 예측(심교문 외, 2008).
 - 조기결실로 인한 생산성과 품질 저하
 - 온난화에 따라 온대과수 만개시기가 앞당겨져 과실의 경우 수량감소와 함께 착색불량, 과형불량, 과피두께 감소, 당도저하 예측
 - 채소의 경우에도 생육 지연과 수량이 예측

(2) 기후변화에 따른 생산량의 불안정성

- 기후변화에 의한 병해충 재해 증가(심교문 외, 2008).
 - 온난화의 지속으로 월동해충 증가
 - 토착화 가능성 확대에 따른 돌발 병해충 발생의 규모화
 - 식물체 피복기간 연장, 장마 변동으로 인한 병해충 증가
 - 아열대성 병원체 출현 등 병원체 다양화
 - 매개충의 월동조건 양호에 따른 세균 및 바이러스 증가
- 기후변화에 의한 병해충 발생의 사례(김창길, 2008).

- 갈색여치에 의한 피해발생 : 사과, 복숭아, 포도, 콩 등의 피해
- 줄무늬잎마름병의 피해지역 북상 : 쌀의 전국적인 피해
- 주홍날개꽃매미에 의한 피해발생 : 포도, 복숭아, 사과 등의 피해

<그림 3-6>
벼 줄무늬잎마름병 확산 추세, (농촌진흥청, 2008)



<그림 3-7>
주홍날개꽃매미에 의한 포도 피해, (농촌진흥청, 2008)



- 신규재배지에서의 재배실패
 - 기후변화의 지속에 따라 복숭아 재배적지가 북상하고 있으나, 약한 내한성 때문에 동상해를 입음(김수옥 외, 2012)
 - 기후변화에 따라 주산지가 이동하고 있으나 신규재배지에서 적응에 실패할 경우, 기존 재배적지보다 상대적으로 피해가 큼

(3) 가격변화

- 기상이변 따른 가격변화
 - 지난 10년간 농경지 피해가 강원도와 경북지역에 집중(전체의 79.6%)
 - 10년간 피해액은 강원 5,941억 원, 경북 1,749억 원
 - 피해액은 일종의 농산물 생산비용으로 판매액에 영향을 미침

○ 생산량 변동에 따른 가격변화

- 생산조건의 불안정성으로 인해 생산량 또한 영향을 받음
- 기후변화에 따라 생산량이 감소할 경우 농작물의 가격이 상승하게 됨
- 노지 작물과 같은 경우 계절과 날씨에 따른 가격변화가 상대적으로 크기 때문에 가격불안정성이 수반됨
- 기후변화로 인해 난방비와 같은 적응비용이 추가적으로 발생하여 생산비의 상승요인이 됨

○ 비용절감 요구에 따른 가격변화

- 화석에너지의 제약으로 인해 에너지사용 측면의 위축이 발생
- 적절한 경제적 유인 부재 시 생산자의 선택 품목이 변화할 수 있음
- 품목 변화에 따라 특정 품목의 경작이 늘어나는 반면, 경작이 줄어드는 품목이 생길 수 있음
- 이는 생산량 변동에 따라 이차적인 가격변화의 요인이 될 수 있음
- 저장기술 등의 발전으로 인해 유통비용의 가격이 하락

○ 가격의 불안정성

- 생산량의 불안정성으로 인해 가격의 불안정성 또한 수반됨.
- 기후변화 적응에 따른 비용의 상승폭과 기술발전에 따른 비용의 하락의 폭이 향후 전체적인 가격형성의 관건이 됨
- 기후변화에 효과적인 대응과 기술발전 등이 따를 경우 생산가격을 낮추는 기회가 될 수 있음

IV. 기후변화와 농식품산업 분야의 위험

1. 농업부문 이상기후현상에 따른 위험의 역사적 사례와 시사점

- 기후변화에 따른 농업부문의 위험은 크게 이상기후현상(extreme events)에 따른 자연재해적 위험과 점진적 기후변화에 따른 일상적 위험으로 구분할 수 있음.
 - 자연재해적 위험은 드물게 발생하는 기상의 큰 변화에 맞닥뜨려 농업 부문에 닥치는 자연재해에 준하는 수준의 위험을 뜻하며, 많은 경우 국가적/사회적인 큰 위기로까지 번지기도 함.
 - 일상적 위험은 기후와 기상의 변화와 직접적인 관련이 있는 농업의 특성상 비교적 일상적으로 직면하는 종류의 크고 작은 위험을 뜻하며, 주로 일시적인 생산 변동이나 이에 따른 가격 변동의 양상으로 나타나곤 함.
- 점진적 기후변화는 기후지표(예, 기온, 강수량)의 지속적인 변화 경향을 나타내며, 이상기후현상은 드물게 발생하는 기후지표의 급격한 변화 또는 이에 수반되는 기후현상(예, 가뭄, 홍수 등)을 의미함. 최근 기후변화 연구에 있어서 기후변화의 양상은 이러한 이상기후현상에 주목하고 있음. 즉, 기후변화를 이상기후현상의 빈도(frequency)와 크기(magnitude)로 이해하고자 하는 연구가 주목을 받고 있음.
 - 본 절에서는 이러한 기후변화에 대한 새로운 시각 하에 이상기후현상에 따른 자연재해적 위험의 사례로 ‘아일랜드 대기근(The Irish

Potato Famine)', ' 들소 멸종위기(The near extinction of the North American buffalo)'와 '먼지 폭풍(The Dust Bowl)'을 살펴보면, 일상적 위험의 사례로는 비교적 최근에 우리나라가 겪은 '배추 및 김치 파동'을 중심으로 검토한 후 시사점을 도출하고자 함.

1) 아일랜드 대기근

- 페루 남부에서 7,000년~10,000년 전부터 재배된 감자가 16세기 후반 경 아일랜드에 들어왔고 그 지역의 기후가 감자 재배에 아주 적합하여 2세기만에 광범위하게 재배됨.
- 18세기 소빙하기가 닥침에 따라 유럽 전체의 작물 수확이 급감하게 되었고, 다른 작물들에 비해 냉해에 비교적 강한 감자가 구황 작물로서 급부상. 특히 아일랜드는 감자가 소작농의 주요 구황작물로서 그들의 생계를 책임지게 되며 아일랜드 인구의 절대다수가 감자에 크게 의존하게 됨.
- 그러나 1840년대 초반 미국에 감자마름병이 돌았고, 이 질병이 상선을 통해 아일랜드로 전파되어 감자에 대한 의존도가 높던 1845년 아일랜드에 대기근을 초래.
- 그 결과 대다수 농민들이 당장 먹을 감자는커녕 내년 농사에 쓸 씨감자마저 수확하지 못하여 약 100만 명이 아사하였고, 또한 굶어죽지 않기 위해 많은 아일랜드인들이 신대륙으로 이민.
- 이러한 아일랜드 대기근 사례는 다음과 같은 시사점을 주고 있음.
 - 첫째, 극단적 특화의 위험성으로 예기치 못한 상황에 취약한 식량의 생산

부족현상.

- 둘째, 대응책으로써의 이주(migration)에 대한 의문점으로 역경 속에서 어느 정도까지 이민이라는 선택이 오늘날에도 여전히 도움이 되는가?
- 셋째, 아일랜드 대기근은 조난 중에 유발되는 경제주체들의 행동 타입에 대한 정보제공.

2) 들소 멸종위기

- 16세기 약 2500-3000만 마리의 들소(buffalo)가 북아메리카 전역에 걸쳐 서식하였음.
- 1870-1880년 짧은 기간 동안 약 1000-1500만 마리가 도살되어 1890년대에는 결국 100여 마리 만 생존.
- 이를 계기로 19세기 초에 미국은 보호 정책 추진됨에 따라 National Park System이 생김.
- 최근 연구(Taylor, 2007)는 경제적 요인들이 이러한 환경적 재앙에 기여하였고 이에 따라 만들어진 보호주의가 그다지 성공하지 못하였다고 평가하고 그 실패 원인들을 분석하였음.
 - 첫째, 규제 없이 대평원(Great Plains)에 개방적 접근 허용: 자원관리의 정책과 정부 기관의 중요성을 강조함
 - 둘째, 들소 가죽에 대한 수요의 엄청난 증가와 이에 따른 제혁법의 기술적 진보: 기술적 진보가 보편적으로는 유익할 지라도 자원의 사용에는 부정적 효과를 줄 수 있음을 보여줌.
 - 셋째, 1870~1880년대에 자유무역 분위기와 들소 가죽의 탄력적인 수요: 어떤 환경에서는 자유무역 역시 자원 고갈에 기여할 수 있음을 보여줌.

3) 먼지 폭풍

- 먼지 폭풍은 20세기 미국에서 발생한 가장 심각한 자연 재해 중 하나로 꼽히는데 1930년대 미국의 대평원에 심각한 가뭄과 이에 뒤따른 풍식의 피해가 발생하였음.
- 강풍이 거대 먼지 폭풍을 일으키며 상층의 토양을 휩쓸고 작물을 생산하기 위한 토지의 잠재성을 없애 식량안보에 위협을 가함.
- 이런 생태계 재앙은 악천후의 반복과 농가의 경작 양식에 따른 상호 관계에 의해서 촉발됨.
- 지난 몇 십 년 동안 미국 대평원의 초원은 밀을 심기위해 경작되어 왔고 강수량이 충분하여 생산량이 높아짐에 따라 더 많은 이주민들이 들어와 재배를 하였음.
- 1930년대 초반에 가뭄이 시작되어 수확에 실패하게 되었고, 가뭄이 심해짐에 따라 토양을 안고 있던 지표식물들이 사라짐.
- 막대한 피해를 야기 시키며 이 재앙은 1940년대 250만 명의 사람들을 미국 대평원 밖으로 이주하게 만들었으며, 이 사례는 다음과 같은 시사점을 주고 있음.
 - 첫째, 지속가능하지 않은 경작 관행 시스템으로서, 농경지를 목초지로 전환 시키거나 땅을 놀리면서 풍식을 막을 수 있고 이웃농가는 많은 이윤을 얻을 수 있는데 그 당시에는 정책과 적절한 조정에 대한 필요성을 강조하면서 이러한 외부효과를 잘 다루지 못하였음(Hansen and Libecap, 2004).

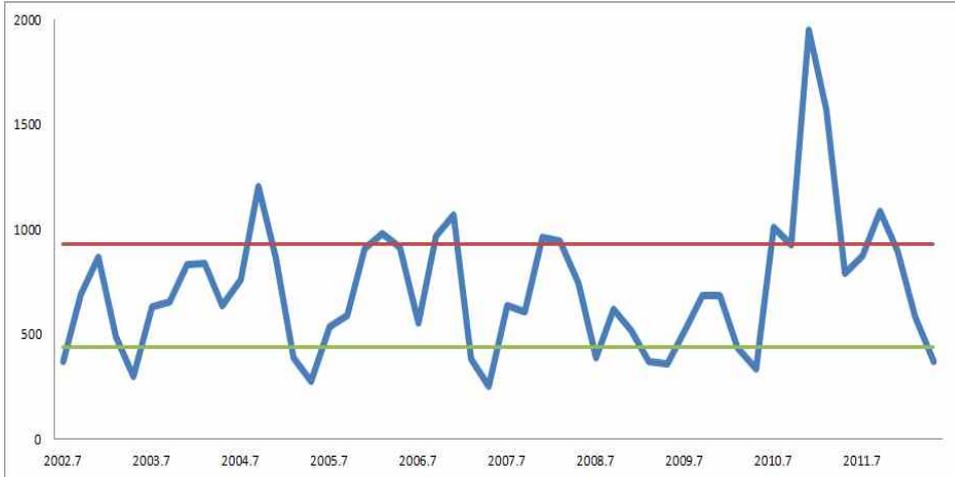
- 둘째, 허술한 토지 보호 관행과 악천후라는 충격간의 큰 상호관계로서, 지속된 가뭄은 잘못된 관리의 부정적 영향들을 악화시키고 이러한 문제들이 결국에는 대재앙으로 귀결됨. 오늘날에도 예측하기 어려운 사건들과 허술한 환경 자원 관리의 상호영향은 마찬가지로 유효함.
- 셋째. The Dust Bowl은 미국 보호 정책을 진전시켰지만 그 장기효과는 여전히 주요 관심사로 남음.

4) 2010년 대한민국의 배추 및 김치 파동

- 배추는 파종부터 재배까지 기후와 밀접한 관계를 가지는 작물 중 하나로 생산에 영향을 미치는 다른 요소들과 함께 기후 영향으로 국내 배추 생산량은 해마다 2~3년을 주기로 증가와 감소를 반복하고 있음. 이에 따라 도매 시장에서의 배추가격의 등락이 반복되었고, 2010년에는 전년 동월 가격 수준의 3배를 초과하는 수준의 배추 값 파동이 발생함(한기인 외, 2010).
- 기후와 관련한 직접적 요인을 살펴보면 대관령 황계 지역에서 1기작 늦갈이 배추의 결구에 실패가 대량으로 발생 했는데 이는 산지기온의 급감이 그 원인
- 이에 더하여 집중호우의 발생으로 생산량이 급감하면서, 8월 중순 경부터 출하되어야 할 저온 저장의 배추 역시 부패하면서 가격이 하락하는 연쇄 피해 발생
- 9월 중순 경부터 출하되는 준 고랭지 배추는 강우가 빈번하게 발생함에 따라 정식이 지체되고, 생육완료도 지연되면서 수확이 보름가량 늦어지면서, 공급량이 평년에 비해 크게 감소함.

- 또한 강우이외에도 강릉지역 8월 일조량이 전년수준의 50%에도 못 미치며 생산량이 급감하였고, 그 결과 평균적으로 9월 하순까지 되던 준 고랭지 배추의 출하는 2010년에는 9월 중순 전에 끝남.

<그림 4-1> 배추가격 변동성 추이(2002년~2011년)



- 2012년에도 7월~8월의 폭염과 8월의 일조량 감소로 고랭지배추의 물량 감소가 발생하는 등 이상기후에 따른 작물의 생산량 변동성이 심심치 않게 관측되며 이와 관련한 피해강도 역시 지속적으로 심화
- 배추생산은 2009년 말부터 저온·다우·일조량의 부족으로 수확량이 감소하는 등 특히 기후변화에 취약
 - 배추의 결구 및 생산에 영향을 가장 많은 영향을 미치는 이상기후에는 저온·다우·일조량 감소 등
 - 산지물량감소로 인해 추석 전의 배추 값을 상승시키고 배추의 품질 역시 결구시기의 이상기후로 인해 저하
- 결국 배추 및 김치 부문의 생산 변동에 따른 가격 파동을 방지하기 위해서는 일차적으로 정식부터 수확까지 전과정에서 기후변화가 배

추의 생육에 미치는 영향을 파악하고 이에 대한 관리 시스템을 구축하여야 함.

- 강우, 기온, 일조량 같은 배추의 생육에 주요한 기후 변수들의 영향을 분석하고, 시스템화할 필요성이 있음.
 - 기후의 지수화도 이것의 한 예가 될 수 있음.
 - 기후 변수 뿐 만 아니라 병충해역시 기후변화에 따라 발생하여 배추의 생육에 악영향을 미치므로 병충해에 대한 관리 시스템도 요구됨.
- 생산자 및 관련업에 종사하는 이들이 생육상황을 판단하는기에 간단하고 쉽게 이용할 수 있는 자료 구축 및 개발, 이를 보급화하기 위한 노력이 필요

5) 시사점

- 지난 몇 십 년 동안 농업은 지속력 있고 높은 생산성의 증가를 보여 왔으며 전반적으로 이는 식량에 대한 증가하는 수요를 충족시킨 중대한 성과임.
- 향후에는 생명 공학의 발전으로 지속적인 기술 진보에 긍정적인 전망을 제시하고 있으며 이에 더불어 농업 혁명 역시 현재와 미래의 자원 부족을 대처하기 위해 충분히 빠르게 진행되고 있음
- 그러나 기후변화에 대한 우려가 증가하면서 앞으로의 몇 십 년 동안 전 세계 농업에 중요한 변화가 있을 것으로 보임.
 - 강수량과 온도가 예전의 패턴과 달라지고 있는데 이는 특정 지역 농업에는 도움이 될 수 있지만 다른 지역에는 피해를 줄 수 있어 날씨에 따른 불확실성은 증가 할 것.

□ 이러한 변화의 적응에 관한 문제는 향상된 농업 기술과 관리체계가 도움이 될 것임

- 이에 따라 재정비된 위험 관리 전략에 대한 필요성이 강조되고 있으며, 이는 농가, 국가 그리고 국가 간 수준 등 모든 영역에서 필요함.
- 그러나 우리는 예측하기 어려운 불리한 사건들에 적응하기 위한 능력을 과대평가하지 않도록 주의해야 함.
 - 이주 선택은 과거처럼 효과적이지 않을 수도 있으며, 이주 없이 충격을 견디기 위해 적응 하는 것은 어려울 것으로 예상됨.

□ 기후변화의 효과를 경감시키는 것은 21세기 농업의 가장 중요한 과제 중 하나임

- 환경 이슈에 대해 일고 있는 우려에 대해 농업과 농업 정책을 재설계해야 하며 앞으로도 지속 되어야함.
- 지역적 수준에서도 국가적 수준에서도 세계적 수준에서도 모든 수준에서 이러한 이슈들에 대응이 요구됨.
 - 지역적 수준에서는 농지 관리자들은 그들의 지역 농업생태계를 관리하는 일이 중요함.
 - 이는 환경적 이슈들에 대한 해결책은 반드시 농민들이 포함되어야함을 의미. 대안적으로 범국가적인 환경적 이슈들은 농업 정책이 반드시 광범위하게 국가를 아우르는 환경적 정책의 구성요소가 되어야함을 의미.
- 지속성에 대한 이슈들도 제기되고 있으며, 이는 동태적 분석의 타당성을 의미함.

- 시장과 정부 정책의 결합은 중요한데 이를 위해 농업생태계의 동태성과 현재의 농가 관리 관행의 장기적 영향이 어떠한 것인가를 분석하는 것이 필요.
- 마지막으로 일어나고 있는 이슈들을 논하기 위해서는 경험적 연구가 필요한데 우리는 지속적으로 농업 기술을 진화시키고 자원 부족과 환경 관리에 있어 그 효과를 지속시키려는 노력이 필요함.
 - 어떻게 환경에 대한 관리가 인류를 부양하는지에 대한 우리의 이해를 돕기 위하여 향후 조사가 이루어 져야 함.
 - 이는 농업의 복합적 기능들이 경제적 가치를 갖는지를 측정하는 것도 포함하며 위험노출을 가늠하고 위험의 비용측면을 강조할 필요성이 있음.
 - 왜냐하면 이는 모든 수준에서 농업분야에서의 위험관리를 향상시키기 위한 중대한 문제이기 때문.
 - 끝으로 변화하는 세계에 적응함에 따라 농업생태계의 탄력성의 선행적 조사도 요구됨.

2. 기후변화 위험분석의 새로운 관점

- 위험은 보는 관점에 따라 그 정도를 측정하는 방법은 다양하게 제시되고 있는데 가장 표준적으로는 분산(variance)이나 표준 편차(standard deviation), 변이계수(coefficient of variation)등이 있으며 지금 널리 확산되고 있는 VaR(Value at Risk), 일정한 임계치를 넘어서는 변동으로 인한 기대손실(Expected Shortfall), 준분산(Semi-variance)등이 척도로 사용될 수 있고 각 방법에 따라 위험의 크기는 다르게 나타남.
- 앞서 언급했던 것처럼 금융산업이나 재무학에서 위험에 대한 연구를 할 때 그 척도로써 주로 분산이나 표준편차를 이용하여왔음. 그러나

분산이나 표준편차를 이용하여 위험을 표현할 경우 그 정의로 살펴봤을 때 변동성의 양측면인 하향 변동성과 상향 변동성 모두를 바람직하지 않은 위험으로 보는데 이에 대해 현실적으로 문제가 있다고 지적되어옴. 왜냐하면 위험기피적인 의사결정자가 위험에 대해 인식할 때 분포의 중심인 평균보다 커지거나 작아지는 양쪽 값 모두를 위험으로 간주하기보다는 하향 변동성의 경우에만 한정하여 인식하기 때문임(이상학 외, 2001).

- 하방위험은 손실위험이라고도 하는데 투자했을 때 예상되는 잠재적 손실로 정의됨
- 앞서 살펴본 재무부문에서 가장 많이 이용되는 위험분석 기법인 VaR이 해당 확률분포의 두꺼운 꼬리(fat tail)에 분석의 초점을 맞추고 있는 것처럼, 기후변화 관련 위험 분석도 해당 확률분포의 평균, 분산뿐만 아니라 분포의 비대칭성 정도를 나타내는 왜도(skewness)와 분포의 꼬리가 얼마나 두꺼운가를 보여주는 첨도(kurtosis)에 초점을 맞추어야 함
- 특히 기후변화에 따른 위험이 자연재해적 성격을 가지고 있다는 점(앞 절의 역사적 사례 참조)을 인식하여 왜도와 첨도의 역할에 주목할 필요가 있음.
- 또한 기후변화에 따른 농업부문의 위험이 하방위험의 성격을 가지고 있다는 점을 반영하여 분위수적 접근법(a quantile-based approach)을 활용하여 해당 확률분포의 맨 왼쪽에서의 변화를 주목할 필요가 있다는 점임. 분위수적 접근법을 활용한 최근 Kim et al.(2012)의 연구에 의하면, 한국 쌀 농가의 위험비용의 대부분은 첫 번째 분위에서 발생하는 것으로 분석됨.
- 다음 장에 시도되는 국내 기상여건 변화의 실증적 분석은 1) 기후변수 확률분포의 평균, 분산, 왜도, 첨도가 최근에 어떻게 변화하였는가,

2) 동 변수의 분위회귀분석(quantile regression)을 시도하여 시기별로 분위수가 변화하였는지, 그리고 분위수의 변화에 미친 중요한 요인들은 무엇인가에 하는 문제에 분석의 초점을 맞추어짐.

<선행연구사례>

□ 최근 기후변화나 금융쇼크와 관련하여 하방위험의 노출에 대한 관심이 집중되고 있음

- Roy의 안전우선이론(safety first model)을 시작으로 그동안 하방위험을 다루고 위험 노출의 비대칭성에 대한 다양한 연구들이 금융시장과 보험시장에서 많이 이루어지고 있음.
- 그러나 농산업에 적용한 연구사례는 아직은 미흡한 실정임.

□ Kim et al.(2012)는 농업부문에 위험노출의 비대칭성을 감안, 하방위험 분포의 분위수별 위험 비용을 추정하였음

- 2003년부터 2007년까지 우리나라 전국 3,140개 농가의 쌀 농가의 생산성 위험을 연구
 - 평균의 왼편인 Lower Quantile에 위치하고 하방위험의 상대적 중요성을 평가하여 제시
 - 분위수와 partial moments(부분적률)을 이용하여 농가의 위험 그리고 하방 위험에 노출을 측정함.
- 연구에서는 관개를 통해 쌀을 생산할 때 위험의 총 비용은 생산비의 총 25%를 차지하며 이들의 대다수는 하방위험으로부터 발생된다고 추정.
 - 하위 분위수(lower quantile)에서 발생하는 하방위험의 비용이 가장 크며 이는 총 위험프리미엄의 90%이상으로 추정됨.

□ 시사점

- 패널을 이용한 계량학적 방법으로 하방위험과 관련된 비용과 노출에 대한 경험적으로 추정하였음.
 - 농산업에 적용하여 이론의 타당성과 그 유용함에 대해 보여줌

- 농업에서 기후변화와 같은 왼쪽의 꼬리를 두껍게 만드는 사건들이 주는 피해가 높으며 하방위험의 수준과 위험 노출 정도를 분석하는 것은 기후변화의 후생 효과를 평가하는데 주요한 요인이며 이에 따른 대응 수단에 대한 필요성을 제시
 - 관개시설(irrigation)은 강우와 관련한 위험을 줄이지만 전반적인 생산 위험을 제어하기에는 어려움(예, 한국의 쌀농업).

V. 기후변화의 지역성 실증 분석

1. 지역별 기후현상

- 본 연구에서는 기후변화의 지역성에 주목하여 전국 5개도의 대표지역을 선정하여 지역별 극한기후 및 특이기후, 지역별 왜도 및 분위회귀분석, 지역 간 기후변수 상관관계를 분석하였음.
- 실증분석을 위한 대표지역으로 강원도-강릉, 경상남도-밀양, 전라북도-정읍, 충청남도-서산, 경기도-양평을 선정

1) 강릉의 극한기후 및 특이기후

□ 강릉의 극한기후

- 강릉의 최고기온, 최저기온, 강수량
 - 최고기온 .95분위수와 .99분위수는 1990년대에 31.8℃, 35.3℃로 가장 높음.
 - 최저기온 0.01분위수와 0.05분위수는 1970년대에 -11.1℃, -7.2℃로 가장 낮음.
 - 강수량 .95분위수와 .99분위수는 2000년대에 48.5mm, 110mm로 가장 높음.

<표 5-1> 기간별 강릉의 기후변수 분위수(1961~2010년)

항목 \ 기간	1961~70	1971~80	1981~90	1991~2000	2001~10
최고기온 .95분위수(℃)	31.4	31.8	31.3	31.8	31.7
최고기온 .99분위수(℃)	34.3	34.7	34.7	35.3	34.5
최저기온(℃) 0.01분위수	-11.1	-10.9	-10.0	-8.3	-9.0
최저기온 0.05분위수(℃)	-7.2	-5.9	-6.3	-4.8	-5.0
강수량 .95분위수(mm)	43.1	44.7	41.2	41.9	48.5
강수량 .99분위수(mm)	92.9	93.6	107.5	83.4	110.0

주: .95분위수 = 95% 확률값에 연결되는 확률변수의 값을 의미함

□ 강릉의 특이기후

- 강릉의 일최저기온 0℃ 미만 일수
 - 1960년대에 883일로 추운 날이 가장 많았음을 알 수 있음.
 - 후반부로 갈수록 일최저기온 0℃ 미만 일수가 감소하고 있음.

<표 5-2> 강릉의 일최저기온 0℃미만 일수(1961~2010년)

기간 \ 항목	1961~70	1971~80	1981~90	1991~2000	2001~10
일최저기온 0℃ 미만 일수	883	783	756	667	623

- 강릉의 10mm이상 강수일수
 - 1980년대에 10mm이상 강수일수가 373일로 가장 많음.

<표 5-3> 강릉의 10mm이상 강수일수(1961~2010년)

기간 \ 항목	1961~70	1971~80	1981~90	1991~2000	2001~10
10mm 이상 강수일수	366	353	373	370	369

2) 밀양의 극한기후 및 특이기후

□ 밀양의 극한기후

- 밀양의 최고기온, 최저기온, 강수량
 - 최고기온 .95분위수와 .99분위수는 2000년대에 33.5℃, 35.6℃로 가장 높음.
 - 최저기온 0.01분위수와 0.05분위수는 1980년대에 -12.2℃, -8.8℃로 가장 낮음.
 - 강수량 .95분위수는 1990년대에 53.5mm, .99분위수는 2000년대에 101.0mm로 각각 가장 높음.

<표 5-4> 기간별 밀양의 기후변수 분위수(1973~2010년)

기간 항목	1973-80	1981-90	1991-2000	2001~10
최고기온 .95분위수	32.2	32.6	32.7	33.5
최고기온 .99분위수	34.5	35.1	35.4	35.6
최저기온 0.01분위수	-11.9	-12.2	-9.9	-10.3
최저기온 0.05분위수	-8.4	-8.8	-7.6	-7.5
강수량 .95분위수	51.2	52.0	53.5	49.5
강수량 .99분위수	89.3	94.0	96.5	101.0

□ 밀양의 특이기후

○ 밀양의 일최저기온 0℃ 미만 일수

- 1990년대에 1093일로 추운 날이 가장 많았음을 알 수 있음.
- 2000년대에 들어와 80년대와 90년대에 비교하여 일최저기온 0℃ 미만 일수가 적음.

<표 5-5> 밀양의 일최저기온 0℃ 미만 일수(1973~2010년)

기간 항목	1973-80	1981-90	1991-2000	2001~10
일최저기온 0℃ 미만 일수	868	1091	1093	1030

○ 밀양의 10mm이상 강수일수

- 2000년대에 10mm이상 강수일수가 334일로 가장 많음.

<표 5-6> 밀양의 10mm이상 강수일수(1973~2010년)

기간 \ 항목	1973-80	1981-90	1991-2000	2001~10
10mm 이상 강수일수	255	324	328	334

3) 정읍의 극한기후 및 특이기후

□ 정읍의 극한기후

○ 정읍의 최고기온, 최저기온, 강수량

- 최고기온 .95분위수와 .99분위수는 1980년대에 32.9℃, 35.1℃로 가장 높음.
- 최저기온 0.01분위수와 0.05분위수는 1970년대에 -12.3℃, 1980년대에 -8.1℃로 각각 가장 낮음.
- 강수량 .95분위수는 1970년대에 49.0mm, .99분위수는 2000년대에 96.5.0mm로 각각 가장 높음.

<표 5-7> 기간별 정읍의 기후변수 분위수(1973~2010년)

기간 \ 항목	1973-80	1981-90	1991-2000	2001~10
최고기온 .95분위수	32.4	32.9	32.6	32.70
최고기온 .99분위수	34.5	35.1	34.9	34.60
최저기온 0.01분위수	-12.3	-12.2	-8.9	-9.6
최저기온 0.05분위수	-7.8	-8.1	-6.1	-5.9
강수량 .95분위수	49.0	42.5	47.0	47.5
강수량 .99분위수	94.5	79.1	93.2	96.5

□ 정읍의 특이기후

○ 정읍의 일최저기온 0℃ 미만 일수

- 1980년대에 1031일로 추운 날이 가장 많았음을 알 수 있음(70년대 제외).
- 80년대, 90년대로 갈수록 일최저기온 0℃ 미만 일수가 감소하고 있음(70년대 제외).

<표 5-8> 정읍의 일최저기온 0℃ 미만 일수(1973~2010년)

기간 항목	1973-80	1981-90	1991-2000	2001~10
일최저기온 0℃ 미만 일수	847	1031	976	916

○ 정읍의 10mm이상 강수일수

- 2000년대에 372일로 10mm이상 강수일수가 가장 많음.
- 10mm이상 강수일수는 80년대, 90년대로 갈수록 증가하고 있음.

<표 5-9> 정읍의 10mm이상 강수일수(1973~2010년)

기간 항목	1973-80	1981-90	1991-2000	2001~10
10mm 이상 강수일수	298	346	355	372

4) 서산의 극한기후 및 특이기후

□ 서산의 극한기후

○ 서산의 최고기온, 최저기온, 강수량

- 최고기온 .95분위수와 .99분위수는 1990년대에 31.4℃, 33.9℃로 가장 높음.

- 최저기온 0.01분위수와 0.05분위수는 1980년대에 -12.8℃, -8.8℃로 가장 낮음.
- 강수량 .95분위수와 .99분위수는 1990년대에 48.3mm, 118.8mm로 가장 높음.

<표 5-10> 기간별 서산의 기후변수 분위수(1971~2010년)

기간 항목	1971-80	1981-90	1991-2000	2001-10
최고기온 .95분위수	30.7	30.9	31.4	30.5
최고기온 .99분위수	33.6	33.6	33.9	32.8
최저기온 0.01분위수	-12.6	-12.8	-10.7	-12.0
최저기온 0.05분위수	-8.1	-8.8	-7.8	-8.5
강수량 .95분위수	40.1	42.3	48.3	44.2
강수량 .99분위수	85.6	96.6	118.8	108.5

□ 서산의 특이기후

- 서산의 일최저기온 0℃ 미만 일수
 - 2000년대에 1155일로 추운 날이 가장 많았음.
 - 후반부로 갈수록 일최저기온 0℃ 미만 일수가 증가하고 있음.

<표 5-11> 서산의 일최저기온 0℃ 미만 일수(1971~2010년)

기간 항목	1971-80	1981-90	1991-2000	2001-10
일최저기온 0℃ 미만 일수	1077	1089	1130	1155

- 서산의 10mm이상 강수일수
 - 1980년대에 325일로 10mm이상 강수일수가 가장 많았음.

<표 5-12 > 서산의 10mm이상 강수일수(1971~2010년)

기간 항목	1971-80	1981-90	1991-2000	2001-10
10mm 이상 강수일수	301	325	297	320

5) 양평의 극한기후 및 특이기후

□ 양평의 극한기후

- 양평의 최고기온, 최저기온, 강수량
 - 최고기온 .95분위수와 .99분위수는 1980년대에 32.4℃, 34.9℃로 가장 높음.
 - 최저기온 0.01분위수와 0.05분위수는 1980년대에 -22.3℃, -14.2℃로 가장 낮음.
 - 강수량 .95분위수는 1990년대에 51.50mm, .99분위수는 1990년대에 132.50mm로 각각 가장 높음.

<표 5-13> 기간별 양평의 기후변수 분위수(1973~2010년)

기간 항목	1973-80	1981-90	1991-2000	2001-10
최고기온 .95분위수	31.90	32.40	32.4	31.8
최고기온 .99분위수	34.20	34.90	34.6	34.0
최저기온 0.01분위수	-19.00	-22.3	-15.1	-15.0
최저기온 0.05분위수	-13.70	-14.2	-11.6	-11.1
강수량 .95분위수	43.6	52.5	51.50	56.5
강수량 .99분위수	85.7	109.0	132.50	131.0

□ 양평의 특이기후

○ 양평의 일최저기온 0℃ 미만 일수

- 1980년대에 1338일로 추운 날이 가장 많았음을 알 수 있음.
- 후반부로 갈수록 일최저기온 0℃ 미만 일수가 감소하고 있음. (70년대 제외)

<표 5-14> 양평의 일최저기온 0℃ 미만 일수(1973~2010년)

기간 항목	1973-80	1981-90	1991-2000	2001-10
일최저기온 0℃ 미만 일수	1072	1338	1302	1192

○ 양평의 10mm이상 강수일수

- 2000년대에 10mm이상 강수일수가 339일로 가장 많음.

<표 5-15> 양평의 10mm이상 강수일수(1973~2010년)

기간 항목	1973-80	1981-90	1991-2000	2001-10
10mm 이상 강수일수	249	326	299	339

2. 기후변화의 왜도 및 분위회귀분석

1) 지역별 왜도분석

□ 기후변수의 왜도분석

○ 왜도 분석의 의의

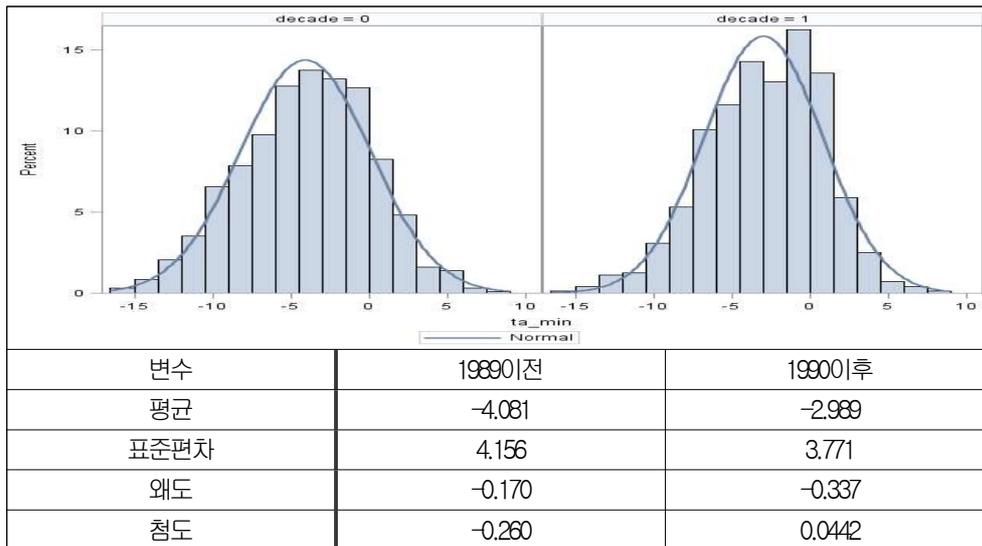
- 기후변수의 분포 형태를 살펴봄으로써, 분포의 비대칭정도를 알 수 있음.
- 90년도를 기준으로 음의 값에서 양의 값으로 또는 양의 값에서 음의 값으로 변화할 경우 추운 날씨나 더운 날씨가 많아지거나 적어짐을 확인할 수 있음.

□ 강릉의 여름과 겨울 기온의 왜도분석

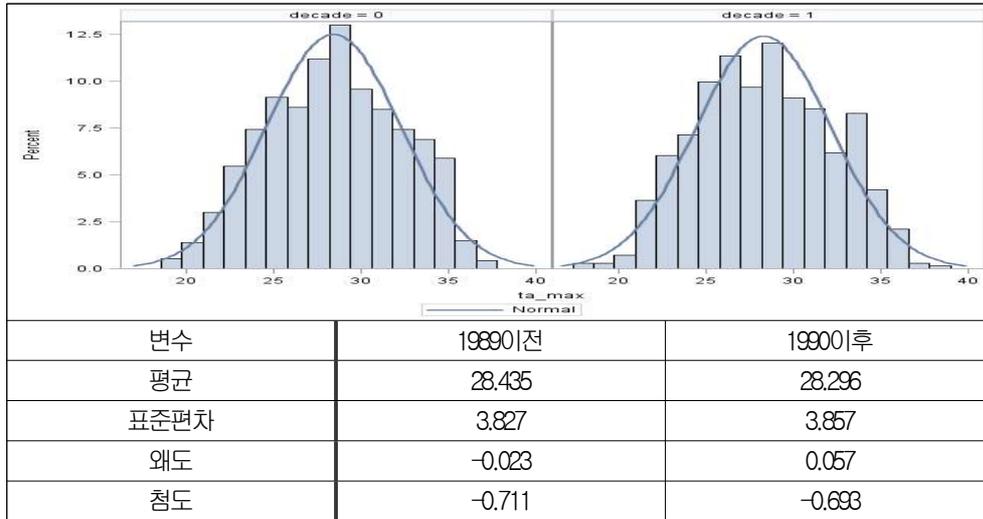
○ 강릉 기온의 왜도 분석

- 강릉의 8월 최고기온을 보면 왜도가 음의 값에서 양의 값으로 변화.
- 왼쪽으로 치우친 분포가 90년대 이후 오른쪽으로 치우친 분포로 바뀌어 더운 날씨가 더욱 많아짐을 의미.

<표 5-16> 강릉의 1월 일별최저기온



<표 5-17> 강릉의 8월 일별최고기온

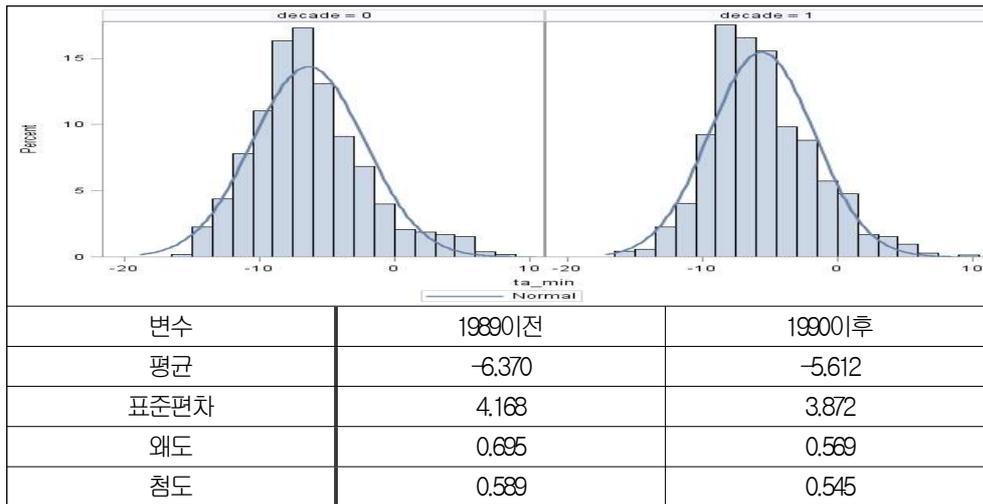


□ 밀양의 여름과 겨울 기온의 왜도분석

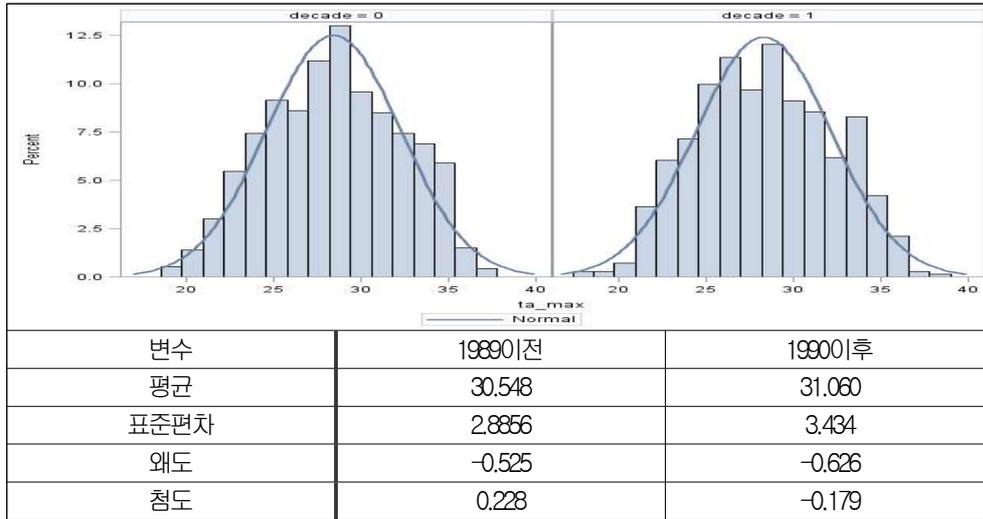
○ 밀양의 기온의 왜도 분석

- 밀양의 1월 최저기온을 보면 90년을 기준으로 그 이전과 그 이후에 왜도가 양의 값에서 형성되어 있고, 밀양의 8월 최고기온을 보면 90년을 기준으로 그 이전과 그 이후에 왜도가 음의 값에서 형성되어 있음을 알 수 있음.

<표 5-18> 밀양의 1월 일별최저기온



<표 5-19> 밀양의 8월 일별최저기온

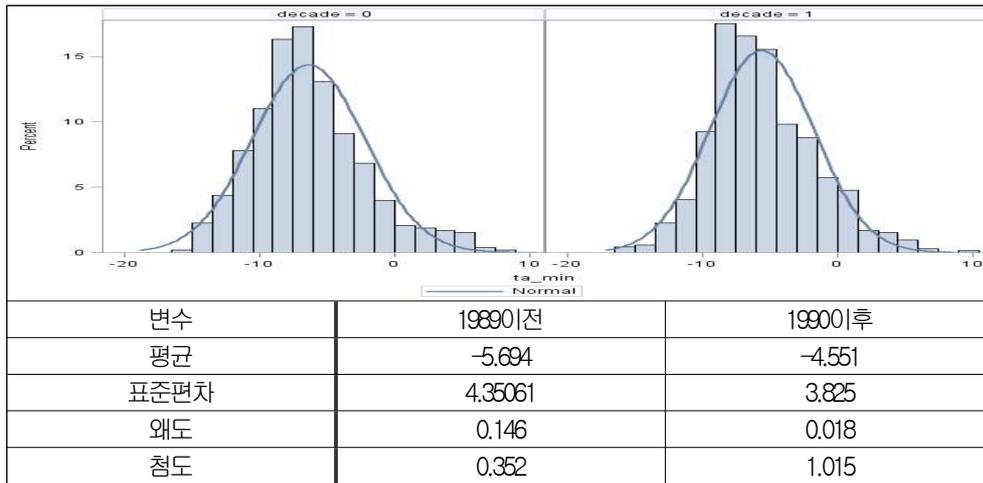


□ 정읍의 여름과 겨울 기온의 왜도분석

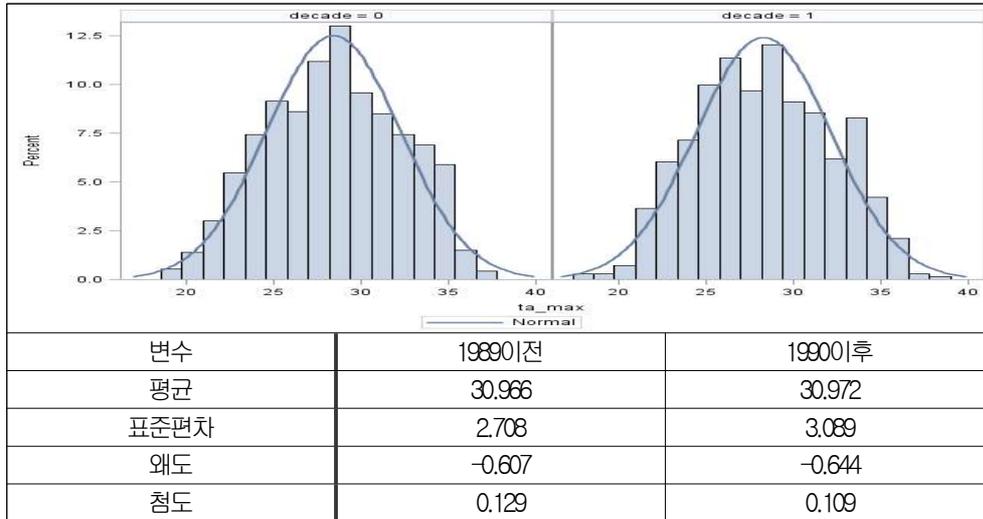
○ 정읍 기온의 왜도 분석

- 정읍의 1월 최저기온을 보면 90년을 기준으로 그 이전과 그 이후에 왜도가 양의 값에서 형성되어 있고, 밀양의 8월 최고기온을 보면 90년을 기준으로 그 이전과 그 이후에 왜도가 음의 값에서 형성되어 있음을 알 수 있음.

<표 5-20> 정읍의 1월 일별최저기온



<표 5-21> 정읍의 8월 일별최고기온

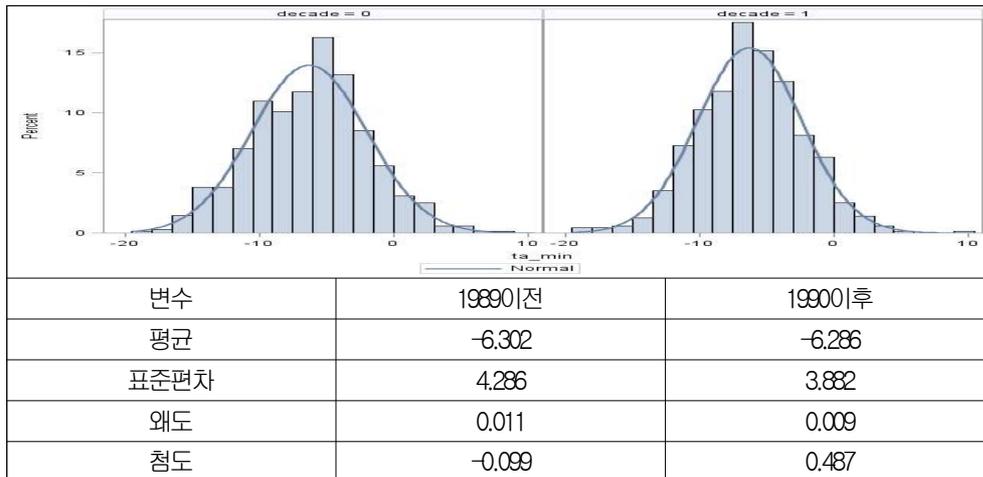


□ 서산의 여름과 겨울 기온의 왜도분석

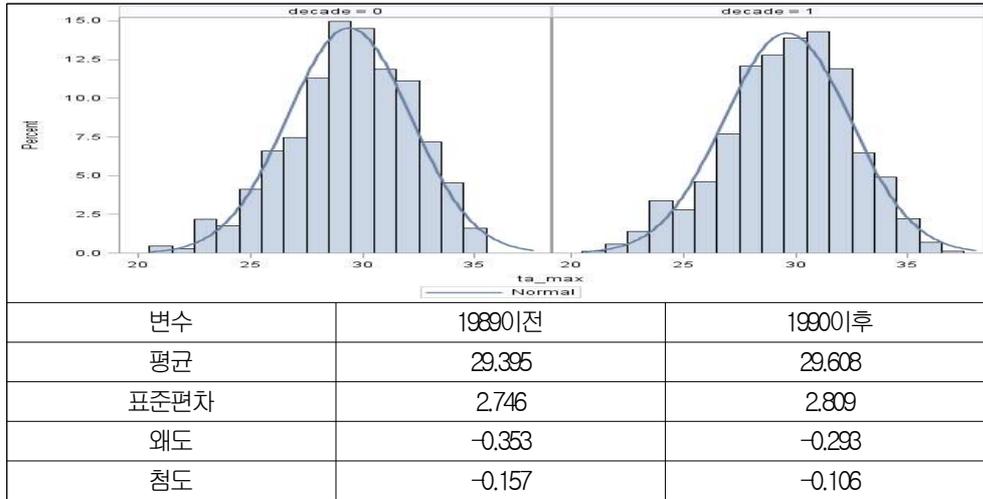
○ 서산 기온의 왜도 분석

- 서산의 1월 최저기온을 보면 90년을 기준으로 그 이전과 그 이후에 왜도가 양의 값에서 형성되어 있고, 서산의 8월 최고기온을 보면 90년을 기준으로 그 이전과 그 이후에 왜도가 음의 값에서 형성되어 있음을 알 수 있음

<표 5-22> 서산의 1월 일별최저기온



<표 5-23> 서산의 8월 일별최고기온

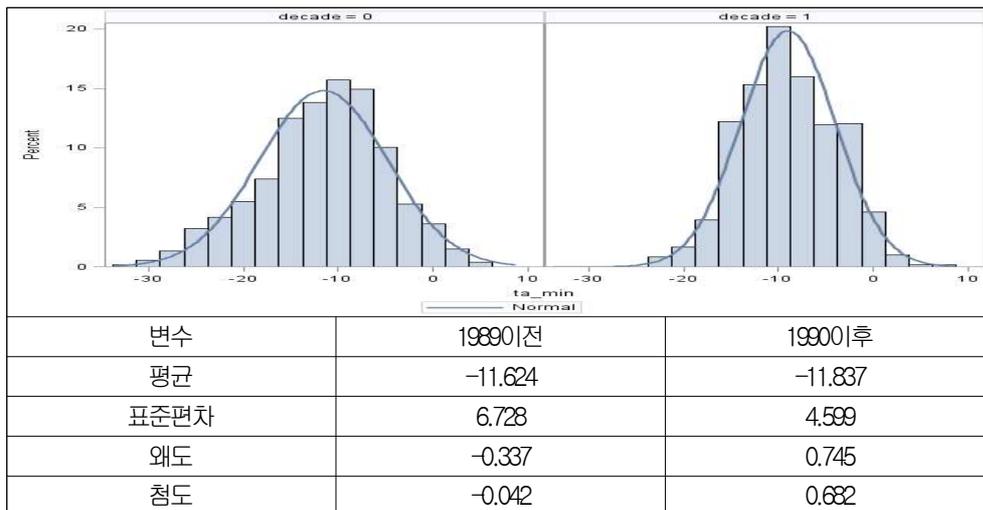


□ 양평의 여름과 겨울 기온의 왜도분석

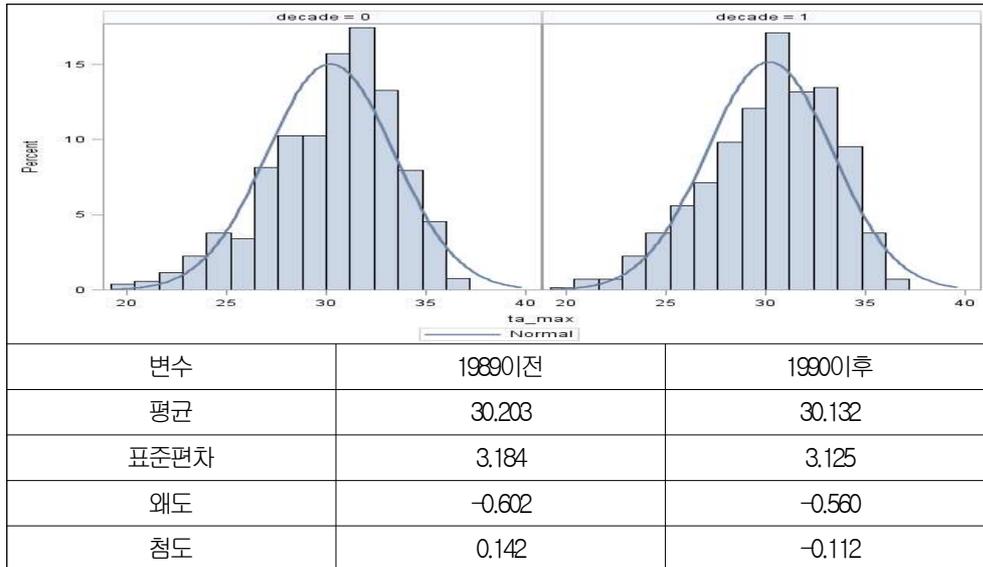
○ 양평 기온의 왜도 분석

- 양평의 1월 최저기온을 보면 90년을 기준으로 왜도가 음의 값에서 양의 값으로 변화함. 왼쪽으로 치우친 분포가 90년대 이후 오른쪽으로 치우친 분포로 바뀌어 따듯한 날씨가 더욱 많아짐을 의미함. 양평의 8월 최고기온을 보면 90년을 기준으로 그 이전과 그 이후에 왜도가 음의 값에서 형성되어 있음을 알 수 있음.

<표 5-24> 양평의 1월 일별최저기온



<표 5-25> 양평의 8월 일별최고기온



2) 지역별 분위회귀 분석결과

□ 강릉 기온의 분위회귀분석

○ 강릉 기온의 분위회귀분석

- 1월 최저기온의 1분위의 경우 절편의 값이 -10.778, 8월 최고기온 9분위의 경우 절편의 값이 -33.577을 보임.
- 시간에 따른 1월 최저기온의 추정계수는 0.068, 8월 최고기온의 추정계수는 0.003임.
- 강릉의 1월 최저기온과 8월 최고기온의 분위회귀분석으로부터 시간이 흐름에 따라 강릉의 기온이 점차적으로 높아지고 있음을 확인할 수 있음. 이는 강릉의 1월 최저/8월 최고 기온 분포가 시간이 흐름에 따라 오른쪽으로 이동하였음을 의미함.

<표 5-26> 강릉 기온의 분위회귀분석

변수	1월 최저기온 (1분위)		8월 최고기온 (9분위)	
	추정계수	p-value	추정계수	p-value
상수항	-10.778	<001	33.577	<001
연도더미	0.068	<001	0.003	<001
	검정통계량	p-value	검정통계량	p-value
Wald	20.117	<001	0.246	0.620
LR	27.784	<001	0.264	0.608

□ 밀양 기온의 분위회귀분석

○ 밀양 기온의 분위회귀분석

- 1월 최저기온의 1분위의 경우 절편의 값이 -12.192, 8월 최고기온 9분위의 경우 절편의 값이 32.997을 보임.
- 시간에 따른 1월 최저기온의 추정계수는 0.058, 8월 최고기온의 추정계수는 0.047임.
- 밀양의 1월 최저기온과 8월 최고기온의 분위회귀분석으로부터 시간이 흐름에 따라 강릉의 기온이 점차적으로 높아지고 있음을 확인할 수 있음.

<표 5-27> 밀양 기온의 분위회귀분석

변수	1월 최저기온 (1분위)		8월 최고기온 (9분위)	
	추정계수	p-value	추정계수	p-value
상수항	-12.192	<001	32.997	<001
연도더미	0.058	<001	0.047	<001
	검정통계량	p-value	검정통계량	p-value
Wald	21.195	<001	36.758	<001
LR	19.761	<001	32.513	<001

*: 연도더미: 1973=1, 1974=2, ...

□ 정읍 기온의 분위회귀분석

○ 정읍 기온의 분위회귀분석

- 1월 최저기온의 1분위의 경우 절편의 값이 -13.780, 8월 최고기온 9분위의

경우 절편의 값이 33.577을 보임.

- 시간에 따른 1월 최저기온의 추정계수는 0.120, 8월 최고기온의 추정계수는 0.024임.
- 정읍의 1월 최저기온과 8월 최고기온의 분위회귀분석으로부터 시간이 흐름에 따라 정읍의 기온 분포가 오른쪽으로 이동하였음을 의미.

<표 5-28> 정읍 기온의 분위회귀분석

변수	1월 최저기온 (1분위)		8월 최고기온 (9분위)	
	추정계수	p-value	추정계수	p-value
상수항	-13.780	<001	33.577	<001
연도더미	0.120	<001	0.024	0.007
	검정통계량	p-value	검정통계량	p-value
Wald	33.241	<001	7.279	0.007
LR	25.822	<001	5.138	0.023

□ 서산 기온의 분위회귀분석

○ 서산 기온의 분위회귀분석

- 1월 최저기온의 1분위의 경우 절편의 값이 -11.975, 8월 최고기온 9분위의 경우 절편의 값이 32.897을 보임.
- 시간에 따른 1월 최저기온의 추정계수는 0.025, 8월 최고기온의 추정계수는 0.003임.
- 서산의 1월 최저기온과 8월 최고기온의 분위회귀분석으로부터 시간이 흐름에 따라 서산의 기온이 점차적으로 높아지고 있으나 유의미하지 않음

<표 5-29> 서산 기온의 분위회귀분석

변수	1월 최저기온 (1분위)		8월 최고기온 (9분위)	
	추정계수	p-value	추정계수	p-value
상수항	-11.975	<001	32.897	<001
연도더미	0.025	0.121	0.003	0.805
	검정통계량	p-value	검정통계량	p-value
Wald	2.407	0.121	0.061	0.805
LR	2.757	0.097	0.064	0.800

*: 연도더미: 1971=1, 1972=2, ...

□ 양평 기온의 분위회귀분석

○ 양평 기온의 분위회귀분석

- 1월 최저기온의 1분위의 경우 절편의 값이 -22.073, 8월 최고기온 9분위의 경우 절편의 값이 33.647을 보임.
- 시간에 따른 1월 최저기온의 추정계수는 0.223, 8월 최고기온의 추정계수는 0.012임.
- 양평의 1월 최저기온과 8월 최고기온의 분위회귀분석으로부터 시간이 흐름에 따라 양평의 기온이 점차적으로 높아지고 있음을 확인할 수 있으나 8월 최고기온의 경우 유의미하지 않은 것으로 나타남.

<표 5-30> 양평 기온의 분위회귀분석

변수	1월 최저기온 (1분위)		8월 최고기온 (9분위)	
	추정계수	p-value	추정계수	p-value
상수항	-22.073	<001	33.647	<001
연도더미	0.223	<001	0.012	0.174
	검정통계량	p-value	검정통계량	p-value
Wald	36.593	<001	1.848	0.174
LR	41.083	<001	1.194	0.275

*: 연도더미: 1973=1, 1974=2, ...

□ 강릉 일일강수량의 분위회귀분석

○ 강릉 일일강수량의 분위회귀분석

- 연 전체 단위 일일강수량 9분위의 절편의 값이 27.194, 8월의 일일강수량 9분위의 절편의 값이 41.909를 보임.
- 시간에 따른 연 전체 단위 일일강수량의 추정계수는 0.029, 8월의 일일강수량의 추정계수는 -0.076임.
- 일일강수량의 분위회귀분석으로부터 살펴보면 시간의 흐름에 따라 연 전체 단위 일일강수량은 증가하고 있는 반면 8월의 일일강수량은 감소하고 있음을 확인할 수 있으나 이 값은 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타남.

<표 5-31> 강릉 일일강수량의 분위회귀분석

변수	전체 강수량 (9분위)		8월 강수량 (9분위)	
	추정계수	p-value	추정계수	p-value
상수항	27.194	<.001	41.909	<.001
연도더미	0.029	0.538	-0.076	0.701
	검정통계량	p-value	검정통계량	p-value
Wald	0.380	0.538	Wald	0.147
LR	0.351	0.553	LR	0.193

*: 연도더미: 1961=1, 1962=2, ...

□ 밀양 일일강수량의 분위회귀분석

○ 밀양 강수량의 분위회귀분석

- 연 전체 단위 일일강수량 9분위의 절편의 값이 31.959, 8월의 일일강수량 9분위의 절편의 값이 48.164를 보임.
- 시간에 따른 연 전체 단위 일일강수량의 추정계수는 -0.026, 8월의 일일강수량의 추정계수는 -0.064임.
- 일일강수량의 분위회귀분석으로부터 전체 강수량과 8월 강수량 모두 시간의 흐름에 따라 일일강수량이 감소하고 있음을 확인할 수 있으나 유의미한 것으로 나타남.

<표 5-32> 밀양 일일강수량의 분위회귀분석

변수	전체 강수량 (9분위)		8월 강수량 (9분위)	
	추정계수	p-value	추정계수	p-value
상수항	31.959	<.001	48.164	<.001
연도더미	-0.026	0.776	-0.064	0.860
	검정통계량	p-value	검정통계량	p-value
Wald	0.081	0.776	0.031	0.860
LR	0.109	0.742	0.093	0.761

*: 연도더미: 1973=1, 1974=2, ...

□ 정읍 일일강수량의 분위회귀분석

○ 정읍 일일강수량의 분위회귀분석

- 연 전체 단위 일일강수량 9분위의 절편의 값이 29.495, 8월의 일일강수량 9분위의 절편의 값이 55.667을 보임.
- 시간에 따른 연 전체 단위 일일강수량의 추정계수는 -0.047, 8월의 일일강수량의 추정계수는 -0.133임.
- 일일강수량의 분위회귀분석으로부터 살펴보면 정읍의 전체 강수량과 8월 강수량 모두 시간의 흐름에 따라 일일강수량이 감소하고 있음을 확인할 수 있으나 이 결과는 통계적으로 유의미하지 않은 것으로 나타남.

<표 5-33> 정읍 일일강수량의 분위회귀분석

변수	전체 강수량 (9분위)		8월 강수량 (9분위)	
	추정계수	p-value	추정계수	p-value
상수항	29.495	<001	55.667	<001
연도더미	-0.047	0.612	-0.133	0.769
	검정통계량	p-value	검정통계량	p-value
Wald	0.257	0.612	0.087	0.769
LR	0.313	0.576	0.067	0.796

*: 연도더미: 1973=1, 1974=2, ...

□ 서산 강수량의 분위회귀분석

○ 서산 강수량의 분위회귀분석

- 연 전체 단위 일일강수량 9분위의 절편의 값이 23.550, 8월의 일일강수량 9분위의 절편의 값이 53.229를 보임.
- 시간에 따른 연 전체 단위 일일강수량의 추정계수는 0.088, 8월의 일일강수량의 추정계수는 0.236임.
- 일일강수량의 분위회귀분석으로부터 전체 강수량과 8월 강수량 모두 시간의 흐름에 따라 일일강수량이 증가하고 있음을 확인할 수 있으나 유의미하지 않은 것으로 나타남.

<표 5-34> 서산 일일강수량의 분위회귀분석

변수	전체 강수량 (9분위)		8월 강수량 (9분위)	
	추정계수	p-value	추정계수	p-value
상수항	23.550	<001	53.229	<001
연도더미	0.088	0.154	0.236	0.549
	검정통계량	p-value	검정통계량	p-value
Wald	2.080	0.154	0.359	0.549
LR	1.568	0.211	0.518	0.472

*: 연도더미: 1971=1, 1972=2, ...

□ 양평 강수량의 분위회귀분석

○ 양평 강수량의 분위회귀분석

- 연 전체 단위 일일강수량 9분위의 절편의 값이 26.241, 8월의 일일강수량 9분위의 절편의 값이 59.500을 보임.
- 시간에 따른 연 전체 단위 일일강수량의 추정계수는 0.159이나, 8월의 일일강수량 9분위는 관찰할 수 없음.
- 일일강수량의 분위회귀분석으로부터 시간의 흐름에 따라 일일강수량이 증가하고 있음을 확인할 수 있으나 유의미하지 않은 것으로 나타남.

<표 5-35> 양평 일일강수량의 분위회귀분석

변수	전체 강수량 (9분위)		8월 강수량 (9분위)	
	추정계수	p-value	추정계수	p-value
상수항	26.241	<0001	59.500	<001
연도더미	0.159	0.1059	-0.000	1.000
	검정통계량	p-value	검정통계량	p-value
Wald	2.616	0.106	0.000	1.000
LR	3.178	0.075	0.000	1.000

*: 연도더미: 1973=1, 1974=2, ...

3. 지역 간 기후변수 상관관계 분석

1) 기온변수의 상관관계

□ 본 절에서는 지역 간 기후변수의 상관관계 분석을 시도함. 상관관계 분석에는 일반적으로 피어슨 상관계수(Pearson's correlation coefficient)가 사용됨. 상관계수가 1에 가까워지는 경우 양의 상관관계, -1에 가까워지는 경우 음의 상관관계가 강하게 존재함을 의미함.

○ 아래의 표에는 각 지역 간 피어슨 상관계수가 계산되어 있음.

- 기온의 경우 양의 지역간 상관관계가 관찰되었고, 강수량과 평균풍속의 경우 이러한 양의 상관관계가 약한 것으로 나타남.

<표 5-36> 지역 간 피어슨 상관계수

지역	변수	피어슨상관계수
정읍 vs. 밀양	일일 평균기온	0.982
	일일 최저기온	0.974
	일일 최대기온	0.971
	일일 강수량	0.482
	일일 평균풍속	0.484
강릉 vs. 밀양	일일 평균기온	0.955
	일일 최저기온	0.940
	일일 최대기온	0.943
	일일 강수량	0.268
	일일 평균풍속	0.237
정읍 vs. 강릉	일일 평균기온	0.961
	일일 최저기온	0.954
	일일 최대기온	0.937
	일일 강수량	0.246
	일일 평균풍속	0.193
강릉 vs. 서산	일일 평균기온	0.958
	일일 최저기온	0.956
	일일 최대기온	0.929
	일일 강수량	0.360
	일일 평균풍속	0.290

<표 5-37> 지역 간 피어슨 상관계수-계속

지역	변수	피어슨상관계수
강릉 vs. 양평	일일 평균기온	0.954
	일일 최저기온	0.953
	일일 최대기온	0.929
	일일 강수량	0.404
	일일 평균풍속	0.354
정읍 vs. 서산	일일 평균기온	0.992
	일일 최저기온	0.986
	일일 최대기온	0.979
	일일 강수량	0.370
	일일 평균풍속	0.605
정읍 vs. 양평	일일 평균기온	0.984
	일일 최저기온	0.979
	일일 최대기온	0.971
	일일 강수량	0.256
	일일 평균풍속	0.476
밀양 vs. 서산	일일 평균기온	0.979
	일일 최저기온	0.971
	일일 최대기온	0.955
	일일 강수량	0.257
	일일 평균풍속	0.616
밀양 vs. 양평	일일 평균기온	0.983
	서산 vs. 양평	0.973
	일일 최대기온	0.957
	일일 강수량	0.219
	일일 평균풍속	0.642
서산 vs. 양평	일일 평균기온	0.988
	일일 최저기온	0.980
	일일 최대기온	0.982
	일일 강수량	0.615
	일일 평균풍속	0.620

□ 최근 기후변화의 양상을 보면, 극단적인 사건(extreme events)의 발생빈도(frequency)와 크기(magnitude)가 중요한 요소임. 이를 반영한 상관관계 분석에는 전체 분포를 비교하는 피어슨 상관계수 보다는 극단적인 사건이 많이 발생하는 분포의 꼬리 부분에 집중하여 상관관계를 분석할 필요가 있음. 이를 반영하여 본 연구에서는 부분상관계수(partial correlation coefficients)라는 개념을 도입하여 이를 분석함.

2) 적률(moments)과 부분적률(partial moments)

□ 일반적으로 확률변수의 적률(moments)을 이용하여 확률변수가 가지는 확률분포의 특성을 파악할 수 있음. 가장 빈번히 사용되는 적률은 평균(mean)으로, 분포의 위치에 대한 정보를 제공함.

○ $x = (x_1, \dots, x_n) \in X \subset \mathbb{R}^n$ 를 n 개의 확률변수로 정의하고, 이 때 결합분포 함수(joint distribution function)를 $F(a) = \text{Prob}(x_1 \leq a_1, \dots, x_n \leq a_n)$ 라고 가정함. 각각의 확률변수 x_i 는 지역 i 의 위험 하 기후변수로 해석될 수 있음. 집합 X 는 볼록집합(convex set)으로 가정함. 확률변수 x_i 의 1차 적률, 즉 평균을 M_i 라고 하면 다음과 같이 M_i 를 계산할 수 있음.

$$(5-1) \quad M_i = \int_{x \in X} x_i \, dF(x).$$

○ 또한 x_i 와 x_j 의 공분산은 다음의 식 (5-2)와 같이 나타낼 수 있으며, 이는 두 개의 확률변수 x_i 와 x_j 가 어느 정도 밀접한 관계가 있는지를 표시함.

$$(5-2) \quad V_{ij} = \int_{x \in X} (x_i - M_i)(x_j - M_j) \, dF(x), \text{ 여기서 } i, j \in n.$$

○ $i \neq j$ 일 때, x_i 와 x_j 의 결정계수는 다음과 같이 정의됨.

$$(5-3) \quad R_{ij} = \frac{V_{ij}}{(V_{ii}V_{jj})^{0.5}}, \text{ 이 때 } R_{ij} \in [-1, +1], i, j \in n.$$

○ 위에서는 전체 분포를 대상으로 한 상관관계 분석에 필요한 통계학적 방법론을 정의하였음.

□ 기후변화의 양상이 극단적인 사건, 즉 이상기후현상의 발생빈도와 크기와 관련 있다는 관점에서 분포의 일정 구간에서 정의될 수 있는 확률변수의 부분적률(partial moments)을 아래와 같이 개념화할 수 있음.

○ 이를 위하여 집합 $K \equiv \{1, \dots, K\}$ 를 정의함(여기서 K 는 정수로 $K > 1$). 확률변수의 집합 X 를 K 개의 상호배타적이면서 연결된 집합 $\{S_k: k \in K\}$ 로 분할함. 이 때 이 집합은 i 와 j 가 같지 않을 경우 $S_i \cap S_j = \emptyset$ 를 만족하고, $\cup_{k \in K} S_k = X$ 이며, $P_k \equiv \text{Prob}(x \in S_k) = \int_{x \in S_k} dF(x) > 0, k \in K$. 이 경우, $[F(x)/P_k]$ 는 집합 S_k 에 속한 확률변수 x 의 분포함수가 됨. 이 결과를 이용하여 집합 S_k 에 속한 확률변수 x_i 의 부분평균(partial mean)은 다음 식과 같이 도출될 수 있음.

$$(5-4) \quad m_{ik} = [\int_{x \in S_k} x_i dF(x)]/P_k.$$

○ 동일한 접근법을 이용하여 집합 S_k 에 속한 확률변수 x_i 와 x_j 의 부분공분산은 다음과 같이 도출될 수 있음.

$$(5-5) \quad v_{ijk} = [\int_{x \in S_k} (x_i - m_{ik})(x_j - m_{jk})dF(x)]/P_k, \quad \text{이 때 } i, j \in n \text{ 이며 } k \in K.$$

○ $i \neq j$ 일 때, 집합 S_k 에 속한 확률변수 x_i 와 x_j 의 부분결정계수(partial correlation coefficients)는 다음과 같이 정의됨.

$$(5-6) \quad r_{ijk} = \frac{v_{ijk}}{(v_{iik} v_{jjk})^{0.5}}, \quad \text{이 때 } r_{ij} \in [-1, +1], i, j \in n.$$

- 다음에는 위의 부분적률에 대한 도출결과를 이용하여 우리나라 벼농사의 주요 동/서 생산지에 인접한 밀양과 정읍의 기후변수 간 상관관계의 실증적 분석을 시도함. 벼 생산기간인 4월에서 10월까지의 기후변수에 분석의 초점을 맞춤.
- 먼저 평균기온의 경우, 전체 분포의 결정계수는 0.949, 부분결정계수(0.1 분위)는 0.638, 부분결정계수(1.0 분위)는 0.253으로 추정되어 크기의 차이는 존재하나 모두 양의 상관관계를 나타냄. 이 결과는 기온의 특성상 한 지역의 값과 다른 지역의 값이 함께 움직인다는 점을 반영한 것으로 생각됨.
- 강수량의 경우, 전체 분포를 이용한 밀양과 정읍 강수량의 일반적인 결정계수는 0.447로 양의 상관관계가 존재하는 것으로 나타났음. 그러나 강수량의 경우 이상기후현상(extreme events)는 대규모 홍수로 구현될 수 있다는 점을 반영하여 0.9 분위수(90% quantile)를 고려함. 이 구간의 부분결정계수는 -0.003으로 추정되어 강수량이란 기후변수에 있어서 극단적인 사건의 두 지역 간 상관관계는 음으로 나타남.
- 이 결과는 대규모 홍수와 같은 강수량 관련 극단적인 사건의 경우, 두 지역 간에 관련성이 서로 반대방향으로 나타남을 의미함. 이는 한 지역의 홍수 발생은 다른 지역의 홍수발생을 의미하지 않는다고 해석될 수 있음. 이러한 결과는 전체분포를 이용한 적률과 특정 구간의 분포를 이용한 부분적률이 상이할 수 있다는 점을 예시하며, 강수량이란 기후변수의 경우 이러한 결과가 뚜렷하게 관찰됨.
- 위 결과는 기후변화 분석에 있어서 전체분포 대비 특정구간의 분포 측면에서 지역 간 이질성이 상이하게 관찰될 수 있다는 점을 입증해 보임. 따라서 향후 기후변화 관련 위험관리 전략은 이러한 기후변수

의 지역 간 상관관계의 엄밀한 분석 하에 수립될 필요가 있다는 정책적 시사점 도출이 가능함.

VI. 기후변화에 따른 농업생산 및 가격 위험 분석

1. 분석모형

□ 본 절에서는 농산물의 가격 변동성 요인 분석 모형을 제시하고자 함.

○ 본 절에서는 가격 변동성에 따른 위험을 분석하기에 앞서 농산물의 가격 변동 요인을 크게 기후변화에 따른 기상요인과 농업생산자의 의사결정 집합에 포함되어 있는 재배면적요인으로 대분하고 이러한 요인들의 영향을 정량화하고자 함.

□ 가격은 수요와 공급이 만나는 수준에서 결정됨. 농산물의 수요는 크게 변화가 없다고 가정하고, 여기에서는 농산물의 공급 측면 분석에 주력함.

○ t 기 농산물의 공급량은 t 기 재배면적과 단위(yield)의 곱으로 결정됨.

○ t 기 농산물의 재배면적은 단순히 전년도 재배면적 및 농업생산자가 t 기의 농산물의 재배면적 결정하기 전에 알려져 있는 정보(예, 관측 정보)의 함수로 규정함.

$$(6-1) Q_t = f(Q_{t-1}, \cdot)$$

○ 여기서 Q_t 는 t 기의 재배면적, \cdot 은 관측정보 등을 표시함. 위 식은 재배면적 결정에 존재하는 동태성을 반영하며, 농가가 생산 의사결정 단계에서의 농업관측정보의 영향 등 재배면적 결정요인들이 포함될 수 있음.

- t기 농산물의 단수는 기상요인의 함수로 규정함.

$$(6-2) Y_t = g_1(TE_t, PR_t, \dots)$$

- 여기서 Y_t 는 t기의 단수(yield), TE_t 는 기온관련변수(일별 기후자료에서 도출된 집적화 변수: Growing Degree Days, 생육기 적정온도를 벗어난 일 수 등), PR_t 는 강수량 관련 변수를 표시함. 예를 들어 기상요인에 따라 배추의 단수가 변화하고, 이러한 기상요인이 지역별 차이를 가지고 있다면, 이를 통하여 지역별 위험의 다각화(spatial distribution of risk) 분석 또한 시도될 수 있음.
- t기의 농산물 공급량은 $Q_t * Y_t$ 임. 따라서 t기 특정 농산물시장의 균형은 공급이 수요와 일치하는 점에서 달성됨. 즉,

$$(6-3) Q_t * Y_t = D_t, \text{ 여기서 } D_t \text{는 농산물의 수요를 의미함.}$$

- 농산물의 수요가 대체로 일정하다고 가정하고, 이를 가격의 함수로 표시하면,

$$(6-4) D_t = h(P_t), \text{ 여기서 } P_t \text{는 t기의 농산물 가격을 표시함.}$$

- 위 식 (1), (2), (3), (4)를 t기의 농산물의 가격으로 풀면,

$$(6-5) P_t = k(Q_t, Y_t, \dots)$$

- 실증분석에서는 식(6-1), (6-2)가 추정되어야 하고, 식 (6-4)는 기존 연구 결과(예, 농경연의 수요의 가격탄성치)를 이용할 수 있음. 최종적으로 식 (6-5)를 이용하여 평균 가격을 재배면적요인과 기후요인

으로 분리하여 설명 가능함.

2. 실증분석 사례

- 본 절에서는 앞에서 설정된 분석 모형을 이용하여 배추의 가격변동성을 분석하고자 함.
- 배추는 농산물 중에서도 가격변동성이 상당히 큰 품목임(김관수 외, 「농업관측사업의 평가」, 2011). 특히 최근 기후변화의 영향으로 이러한 배추의 가격변동성에 따른 위험이 더욱 증가하고 있는 것으로 파악됨.
- 배추에는 여러 작형이 존재하나, 본 절에서는 가을배추로 한정하여 분석.
- 실증 분석에 사용된 데이터는 농촌진흥청의 자료를 바탕으로 구축되었으며, 1981년부터 2011년도까지의 도 단위 배추 생산량, 단수, 재배면적임.
- 기후 데이터의 경우, 기상관측소가 존재하는 지역 중 배추의 주산지 와 가까운 곳을 선정하여 기온과 강수량 자료를 활용함.

<표 5-38> 분석에 사용된 시간적/공간적 범위

분석지역		분석년도	분석대상
강원	원주	1981년-2011년	가을배추
경기	양평	1981년-2011년	가을배추
충남	서산	1981년-2011년	가을배추
충북	충주	1981년-2011년	가을배추
전북	정읍	1981년-2011년	가을배추
전남	해남	1981년-2011년	가을배추
경북	영주	1981년-2011년	가을배추
경남	밀양	1981년-2011년	가을배추

<표 5-39> 자료의 기초통계량

변수		N	Mean	Std Dev	Minimum	Maximum
변수명	설명					
year	연도	248	1996	8.962	1981	2011
region	지역	248	4.5	2.296	1	8
area_t0	t기 재배면적(ha)	248	2088.27	1075.890	633	6093
area_t1	1기전 재배면적(ha)	240	2089.67	1086.050	633	6093
area_t2	2기전 재배면적(ha)	232	2107.09	1096.310	633	6093
area_t3	3기전 재배면적(ha)	224	2122.52	1109.050	633	6093
d	농업기상관측정보 서비스제공여부 (서비스제공=1)	248	0.419	0.494	0	1
Risk ₁	생육기 고온현상	248	26.919	6.546	13	45
Risk ₂	결구기 고온현상	248	2.810	3.371	0	17
Risk ₃	생장기 강수량	248	407.659	194.110	45.5	1059.5
yield	1ha당 생산량(Kg)	244	81431.11	15542.19	13650	127720

□ 가격은 수요와 공급이 만나는 수준에서 결정됨. 배추의 수요는 크게 변화가 없다고 가정하고, 여기에서는 배추의 공급 측면 분석에 주력함.

○ t기 배추의 재배면적 분석 : $Q_t = f(Q_{t-1}, \cdot) + \text{오차항}$

○ t기 배추의 재배면적 결정요인 분석결과는 다음과 같음.

- 결정요인으로 과거의 재배면적과 농업관측정보 제공 여부를 고려함.
- t기 배추의 재배면적은 t-1기, t-2기, t-3기의 재배면적과 관련이 있음.
- t-1기, t-2기, t-3기의 재배면적을 설명변수로 도입할 경우 1차 자기상관요

차(1st-Order Autocorrelation)는 -0.014, Durbin-Watson 통계량은 2.017로 추정되어 시계열 분석에 나타날 수 있는 자기상관 문제가 크지 않은 것으로 분석됨.

<표 5-40> 배추의 재배면적 분석결과

변수		추정계수	표준오차	95% 신뢰구간	
AREA1	1기전 재배면적	0.248***	0.068	0.114	0.382
AREA2	2기전 재배면적	0.281***	0.065	0.154	0.409
AREA3	3기전 재배면적	0.260***	0.064	0.134	0.386
D	농업기상관측정보 서비스제공여부 (서비스제공=1)	-3.046	102.057	-204.228	198.137
TT	재배년도	6.650	7.747	-8.621	21.921
CONS	상수	194.5485	199.398	-198.520	587.617
R-square	0.682				

주) *** : p-value < 0.01

○ 배추의 생산과정에 중요한 기후변수의 도출

- 배추의 생장은 파종기, 생육기, 결구기로 나누어 파악할 수 있음.
- 배추의 파종기는 일반지역(밀양, 해남 제외)의 경우 8월 중순, 남부해안지역(밀양, 해남)의 경우 8월 하순에서 9월 상순으로 파악 가능.
- 배추의 생육기는 일반지역(밀양, 해남 제외)의 경우 8월 하순에서 10월 상순, 남부해안지역(밀양, 해남)의 경우 8월 하순에서부터 10월 하순까지로 파악할 수 있음.
- 배추의 결구기는 일반지역(밀양, 해남 제외)의 경우 10월 상순에서 11월 중순, 남부해안지역(밀양, 해남)의 경우 10월 상순에서부터 12월 상순까지로 파악할 수 있음.

○ t기 배추의 1ha당 생산량(Kg): $Y_t = g_1(TE_t, PR_t, \cdot) + \text{오차항}$

○ t기 배추의 1ha당 생산량(kg) 분석에 사용된 결정요인은 다음과 같음.

- 생육기의 적온은 18℃에서 20℃로 기온이 높으면 생육에 문제가 생김.
- 변수 Risk₁은 배추의 생육기 기간 중, 기온이 20℃ 초과일수를 의미함.
- 결구기의 적온은 15℃에서 18℃로 기온이 높으면 알이 차지 않음.
- 변수 Risk₂는 배추의 결구기 기간 중, 기온이 18℃ 초과일수를 의미함.
- 결구기의 적온은 15℃에서 18℃로 기온이 높으면 알이 차지 않음.
- 변수 Risk₃는 배추의 생장기 중에 발생하는 강수량을 의미함.

<표 5-41> 배추의 생산량 분석결과

변수		추정계수	표준오차	95% 신뢰구간	
Risk1	생육기 고온현상	-228.956**	115.144	-455.817	-2.095
Risk2	결구기 고온현상	-358.763*	211.792	-776.045	58.518
Risk3	생장기 강수량	-6.955**	2.962	-12.791	-1.119
TT	생산년도 가변수	-378.027***	68.513	-513.014	-243.041
CONS	상수	97505.27***	3089.994	91417.23	103593.3
R-square	0.226				

주) * : p-value < 0.1
 ** : p-value < 0.05
 *** : p-value < 0.01

○ t기의 배추 공급량 분석 : $Q_t * Y_t$

$$Q_t * Y_t = (194.549 + 0.248AREA1 + 0.281AREA2 + 0.260AREA3 - 3.046D + 6.650TT1) * (97505.27 - 228.956Risk_1 - 358.763Risk_2 - 6.955Risk_3 - 378.027TT2)$$

○ t기 배추시장의 균형은 공급이 수요와 일치하는 점에서 달성됨 :

$$Q_t * Y_t = D_t,$$

- 배추 수요가 대체로 일정하다고 가정하고, 가격의 함수로 표시하면, 다음과 같음. $D_t = h(P_t)$

- 위의 식들을 종합하여 t기의 배추가격으로 풀면, 위험기상요인을 포함하는 가격으로 표현할 수 있음: $P_t = k(Q_t, Y_t, \cdot) + \text{오차항}$.
 - 배추 수요의 가격탄성치 절대값은 0.39임(김관수 외, 「농업관측사업의 평가」, 2011)
 - 배추 수요의 가격탄성치 ($\frac{\Delta E(P_t)/E(P_t)}{\Delta D_t/D_t} = -0.39$)를 통해 가격의 변동과 수요의 변동을 $E(P_t) = E(P_{t-1}) \left(\frac{D_t}{D_t + 0.39(D_t - D_{t-1})} \right)$ 와 같이 나타낼 수 있음.

- 아래와 같이 기상요인 한 단위 변화에 따른 배추 평균가격의 한계효과를 추정할 수 있음.
 - $\frac{\partial E(P)}{\partial RISK1}, \frac{\partial E(P)}{\partial RISK2}, \frac{\partial E(P)}{\partial RISK3}$ 를 도출할 수 있음
 - 각 독립변수는 평균수준에서 평가되며, t-1기의 가격과 t-1기의 수요를 파악하여 적용함.
 - 2011년도의 위험기상요인에 따른 가격변동성을 도출하기 위해, t-1기의 가격은 농산물유통정보에서 제공하는 2010년의 가을배추 가격 정보를 적용함 : 1,043원 (배추 한포기는 3kg으로 가정함)
 - t-1기의 수요는 공급량과 수요량이 일치한다는 가정에 따라 농진청에서 제공하는 2010년의 공급량 적용 : 822,148,800kg

- $\frac{\partial E(P)}{\partial RISK1}$ 의 값은 15.492로 나타남.
 - 이를 통해 변수 $RISK_1$ 이 한 단위 증가할 때, 즉 생육기 고온현상일수가 1일 증가할 때 가을배추의 평균가격이 15.492원 증가함을 알 수 있음.

- 가격의 위험기상요인 탄력성 ($\frac{\Delta E(P)/E(P)}{\Delta RISK1/RISK1}$)은 0.400임
 - 이는 생육기 고온현상일수가 1% 증가할 때, 배추의 평균가격이 0.400% 증가한다는 것을 의미함.
- $\frac{\partial E(P)}{\partial RISK2}$ 의 값은 24.275로 분석이 됨.
- 이를 통해 변수 RISK₂가 한 단위 증가할 때, 즉 결구기 고온현상일수가 1일 증가할 때 가을배추의 평균가격이 24.275원 증가함을 알 수 있음.
 - 가격의 위험기상요인 탄력성 ($\frac{\Delta E(P)/E(P)}{\Delta RISK2/RISK2}$)은 0.065임.
 - 이는 결구기 고온현상일수가 1% 증가할 때, 배추의 평균가격이 0.065% 증가한다는 것을 의미함.
- $\frac{\partial E(P)}{\partial RISK3}$ 의 값은 0.471로 분석이 됨.
- 이를 통해 변수 RISK₃이 한 단위 증가할 때, 즉 생장기 강수량이 1mm 증가할 때 가을배추의 평균가격이 0.471원 증가함을 알 수 있음.
 - 가격의 위험기상요인 탄력성 ($\frac{\Delta E(P)/E(P)}{\Delta RISK3/RISK3}$)은 0.184임.
 - 이는 생장기 강수량이 1% 증가할 때, 배추의 평균가격이 0.184% 증가한다는 것을 의미함.

VII. 기후변화에 따른 위험관리

1. 위험관리 수단의 개념과 유형화

□ 기후 및 기상변화에 따른 농식품 부문의 위험은 그 영향이 크고 광범위할 수 있다는 점에서 사회적으로 적극 관리될 필요가 있으며, 이를 위하여 법과 제도를 정비하고 관련 시스템을 구축하며 관련 기술을 개발·적용하는 일련의 수단들이 요청됨.

○ II장에서 정의하였듯이 위험(Risk)은 미래에 발생할지도 모를 불투명한 재해 가운데서, 확률분포에 의하여 발생빈도나 그 크기를 측정할 수 있는 것을 뜻함.

- 특히 농식품 부문이 직면하는 위험은 OECD(2000)에 따르면 크게 다섯 가지로 구분 할 수 있음(아래 표 참조).
- 즉, 기후변화 등의 요인에 의하여 작물이나 가축의 생산 과정에서 나타나는 ‘생산위험’, 농가가 수취하고 지불하는 가격에서 불확실성이 나타나는 ‘시장 및 가격위험’, 농가나 농식품업체의 운용 자금과 관련된 ‘재무적 위험’, 세계와 보조금, 환경 규제 등의 규제와 관련된 ‘제도적 위험’, 그리고 노동력의 변화를 가져오는 ‘인적 위험’ 등으로 구분하였음.

<표 7-1> 위험영향 범위에 따른 농업위험 분류

	미시적 위험	중시적 위험	거시적 위험
시장/가격 위험	-	농지가격 변동, 구매처의 새로운 요구조건	교역정책, 신규시장, 내생적 변화 등에 의한 투입물, 산출물의 가격변동
생산위험	냉해, 안개재해, 비전염성 질병, 개인적 위험	집중강우, 산사태, 오염	홍수, 가뭄, 병충해, 전염성 질병, 기술혁신

	미시적 위험	중시적 위험	거시적 위험
재무위험	다른 소득원(농업내외)	-	이자율 변동, 자산가치의 변동, 신용도 변화
법외제도위험	상환위험	지자체 농업정책의 변화	중앙정부 정책, 규제변화, 환경관련 법, 보조금제도 등

자료: OECD(2000), 한국농촌경제연구원, '농업부문 위험과 포트폴리오에 관한 연구'(2012) 재
인용

- 이러한 위험을 '관리'한다는 것은 일반적으로 '위험을 야기하는 요인
을 감소시키는 행위', '위험 발생의 시기와 수준을 예측하는 행위', '발
생된 위험의 부정적 영향력을 감소시키는 행위'를 통칭한다고 볼 수
있으며, 또한 '위험을 활용하여 경제적 기회를 창출하는 행위'에 이르
는 광의차원까지 위험관리 개념으로 포괄할 수 있음.
- 결국 위험관리 수단은 이러한 행위들을 가능하게 하는 법과 제도, 시
스템, 기술 등을 포괄하는 개념으로 정의할 수 있음.
- 이러한 위험관리 수단은 기준에 따라 여러 유형으로 분류될 수 있는
데, 대표적으로 농식품 생산단계 및 위험 대응 주체에 따른 유형화,
위험 발생 시기 전후 구분에 따른 유형화(정부 정책의 경우에 한정),
위험관리 수단의 속성에 따른 유형화 등을 들 수 있음.
- 이 중 농식품 생산단계 및 위험 대응 주체에 따른 유형화는 농가 수
준(Farm Level), 공급 체인 수준(Supply Chain Level), 시장/정책
수준에서의 위험관리 수단으로 구분됨.
- 농가 수준(Farm Level)에서의 위험관리 수단
 - 생산 다각화(Diversification)는 가장 오래된 위험 전략으로서, 가격이 상

승하는 작물의 수익을 최대한 활용하려 함은 물론, 농외 활동으로도 소득을 창출하는 전략임.

- 또한 가치창출을 위한 고부가가치 상품으로의 전향과 후속 품목으로의 전향은 농가 수익을 안정화 시킬 수 있으며, 이에 따른 안정적이고 높은 수익은 위험 발생 시의 가격 충격을 완화시켜줌.

○ 공급 체인 수준(Supply Chain Level)에서의 위험관리 수단

- 부가가치 증가를 통해 수익을 올리고 위험을 줄이기 위한 경영 전략을 추진하여 위험에 대응
- 희소하고 가격 변동성이 큰 투입요소의 경우, 대체품을 모색하여 비용을 절감하고 가격 및 공급 위험을 완화 할 수 있기 때문에 이에 따른 새로운 전략 모색이 필요
- 향상된 인프라 구축 또는 새로운 유통 방법을 위한 투자는 더 높은 수익을 창출함은 물론 가격 변동성을 더욱 효과적으로 수용할 수 있도록 함.

○ 시장/ 정책 수준에서의 위험관리 수단

- 헷징, 공동 가격(price pooling) 등의 수단으로 가격 변동성을 안정시키거나, 기간별 또는 공간별 판매 등으로 가격을 평균화시킬 수 있음.
- 작물 보험(crop insurance), 수익보상보험(Revenue insurance) 등의 안정망 정책도 포함되는데, 이 경우 가격 지지정책과 비교하여 더 유연한 방식으로 운용해야 하며 특히 특정 품목에 대한 집중 현상을 완화할 필요가 있음.
- 인도주의 목적의 비상 비축 고려
- 전략적 비축의 경우 국제적으로 조정된 비축과 지역적·국가적 수준의 비축으로 구분

□ 또한 위험 발생 전후로 위험관리 정책 및 수단이 적용되는 시기에 따라 유형화하기도 함.

- 사전적 수단의 경우는 전반에 걸쳐서 적용되는 가운데 시장 개척 및 시장 인센티브 조정 등을 위한 정책 수단들을 주로 포괄하고 있으며 일부 위험 축소 및 완화 정책, 위험 대응 정책 등에서도 적용되고 있음.
- 사후적 수단은 사전적 수단에서 넓게 포괄하지 못한 위험축소 및 완화 부문과 위험 대응 부문을 중점으로 적용되고 있음

<표 7-2> 농업위험 관리에서 정부의 잠재적 역할

구분	시장개척	시장인센티브 조정	위험축소 및 완화	위험 대응
사전적 수단	-거시경제 및 경영환경 안정화 -위험관리 교육 및 정보제공 -생산 및 정보 공유촉진 -보험시장 경쟁 촉진 -선물 옵션시장의 법제도화 -정부와 농가의 위험 관리 책임한도규정 -사적/공적 파트너	-보험 보조금 -재보험 보조금 -선물계약 보조금 -상호기금 참여 -저축장려 인센티브 -신용접근성 확대 -생산물시장 개입/규제(가격안정화)	-재해예방 -기축질병예방 -법제도 마련 -연구개발	-모든 농업 지지 정책
사후적 수단			-전염성 질병발생시 무역조치 -경기대응 소득정책 -경영 회생 지원 -소득 안정화 조세제도	-사회보조 -재해구조 -임시 보조금

자료: 한국농촌경제연구원, '농업부문 위험과 포트폴리오에 관한 연구'(2012), 인용

- OECD 주요 국가들은 이 중 사전적 수단과 사후적 수단을 막론하고 위험완화 정책에 대한 지원을 확대하고 있는 추세인 것으로 파악됨.

□ 한편, 각 위험관리 수단들이 위험에 대처하기 위한 사회적 기반으로서의 성격을 가졌는지, 과학·기술적 수단이나 경제·재무적 수단의

성격을 가졌는지 등에 따라 유형화할 수도 있는데, 아래에는 위험관리 수단들을 속성별로 유형화한 결과를 제시함.

- 인프라 구축 및 보완 측면에서의 수단으로는 조기경보체계 구축 및 운용, 위험 관리 인력 육성 및 교육 등을 들 수 있음.
- 과학·기술적 수단은 기후변화에 대응하기 위한 농식품 부문의 R&D 활동을 포괄함.
- 경제·재무적 수단은 보험과 컨설팅 등이 대표적임.

2. 인프라 부문 위험관리 수단

1) 조기경보체계

(1) 우리나라의 자연재난 조기경보체계 현황

- 우리나라는 사회전반에 걸쳐 매년 주기적으로 집중호우 및 태풍, 가뭄, 폭설 등 기후변화로 인한 대규모 기상재해를 겪고 있으며 그 피해가 점점 규모화, 전국화 되는 추세
- 2001년 이후 자연재해에 따른 피해액이 연간 1조원 이상으로 추정되며, 피해규모는 대형화, 광역화 추세. 특히 기상환경에 상대적으로 민감한 농업은 이러한 재해에 가장 큰 피해산업
- 또한 발생 피해 규모도 상당하여, 이에 따른 피해 복구액은 1998년부터 2007년까지 약 35조 939억 원에 이르고 있음(오정림 외, 2009).

- 피해의 규모화와 자연재해의 증가로 우리나라는 태풍, 집중호우, 가뭄 등 각종 자연재해로 인한 손실을 완화하기 위해 예·경보시스템 구축 노력을 하고 있음.
- 또한 세계적 수준의 IT기술을 시스템에 응용하여 각종 자연재해에 대응하고자 연구 개발 중

□ 오정립 외(2009)는 CBS휴대폰 재난문자 방송, TV 재해정보방송시스템, 자동우량경보시스템과 같은 예·경보시스템, 각종 자연재난 대응 및 피해 최소화를 위한 운용원리 그리고 각 시스템별 특징을 다음과 같이 정리하였음.

○ CBS(Cell Broadcasting Service) 휴대폰 재난문자방송

- 국내의 세계적인 IT기술과 높은 휴대폰 보급률을 활용한 시스템. 휴대폰에 개인의 ID를 입력하면 재난 시 다수의 휴대폰 소지자들이 이동통신사의 기지국으로부터 재난정보를 전달 받는 체계
- 지자체에서는 지역 내에 발생하는 태풍, 폭설, 산불 등의 다양한 재난 상황 정보들을 지역 휴대폰 가입자에게 전달
- 특정 대상지역으로 송출과 신속하게 다수의 데이터 수신을 송출할 수 있다는 장점이 있음.

○ 라디오(RDS)재해정보방송시스템

- 라디오 자동 on/off 기술을 활용하여, 자연재해로 인해 주민들이 대피해야 하는 등 긴급 상황이 발생하면, on/off 를 작동시켜 동시에 다수에게 재해 상황을 전파하는 시스템
- 시군구 재해대책본부가 재해 발생 시 중계소나 재난방송주관방송사의 지역방송국의 라디오를 이용, 재해정보신호를 전달하고 있음.

○ 자동우량경보시스템

- 2009년을 기준으로 전국 136개 지구에 자동우량경보시스템이 설치되어 있는 이 시스템은 산간계곡이나 유원지등 상류지역의 강우상황을 관측하고, 이에 대한 정보를 하류지역에 자동 전파 또는 안내방송을 함.
- 집중호우가 발생하면 상류지역에 설치된 자동우량관측시설이 하류의 유입 유량을 산출하고, 위험수준에 도달하면 하류지역에 설치된 자동경보시설을 통하여 사이렌을 작동시켜 정보 전달

○ 자동음성통보시스템

- 이용 가능한 통신수단(유무선전화, 마을앰프 등) 모두를 이용하여 실시간으로 상황을 전파, 자연재해로 인한 주민의 긴급대피 유도하는 시스템임.
- 재해 발생시 읍면동사무소, 마을이장 등 지역에서 지정한 재해관련 담당자에게 가장 먼저 통보되며, 그 다음 재해위험지역 또는 하천연안 등 해당 위험 지역의 주민에게 재해 상황 전달

<표 7-3> 자연재난 조기경보체계 운영 현황

시스템	설치현황	경보전달대상	신호방법	운영주체
CBS 휴대폰 재난문자방송	경기강원지역	CBS수신휴대폰 사용자	문자방송(휴대폰)	중앙
라디오재해경보 방송시스템	5개 지구	행락객, 주민 등	앰프 자동작동, 경보발령 및 안내방송	지역
자동음성 통보시스템	234개소	공무원, 읍면동 장, 재해 취약지 주민 등	안내방송(일반전화, 휴대폰 등 이용)	지역
자동우량 경보시설	136개 지구	산간계곡, 유원지 행락 야영객	경보발령 및 안내방송	지역

자료: 오정림 외, “우리나라의 조기경보시스템 및 재해복구체계와 기술이전”, 2009, 인용

(2) 농업관련 조기경보체계

- 1997년 IMF의 원인이 예고시스템의 부재라는 비판이 대두됨에 따라 1999년 초 외환위기에 대한 우리나라의 조기경보모형이 개발되어 활

용되면서 다른 산업분야에서도 이 시스템이 응용되기 시작하였음.

- 대외부문, 금융부문(금융시장, 금융산업), 부동산부문, 원자재부문(석유부문, 기타원자재), 노동부문(고용시장, 노사관계)에서 조기경보 시스템을 운용 중인 것으로 추정됨.

□ 아직 농산업 부문에는 공식적인 조기경보체계가 존재하지 않으나, 이에 대한 연구는 지속적으로 수행되고 있음. 또한 사회적으로 조기경보체계의 필요성이 높아지면서, 조기경보체계가 빠른 시일 내에 마련될 수 있을 것으로 전망됨.

- 이는 기후변화 양상으로 인한 영향이 국내 뿐 아니라 국제적으로 확장되고 있는 것을 고려해보았을 때, 그 중요성은 점차 커지고 있음.
 - 특히 기후변화는 국제곡물가격상승의 주요 요인 중 하나로 작용하고 있고, 우리나라는 밀, 옥수수, 대두 등 대부분의 곡물을 수입에 의존하고 있어 국제곡물가격 상승은 유관 산업의 생산비 상승으로 직결되어 경영의 어려움과 불안정성을 가져올 것
- 최근의 선행연구인 ‘신호접근법을 이용한 국제곡물가격 조기경보시스템(김태훈 외, 2009)’에서 각 선행지표의 위기발생 신호 유무를 기준으로 위기를 예측하는 신호접근법을 통하여 우리나라가 주로 수입하는 곡물의 수입가격 급등을 선제적으로 파악할 수 있는 조기경보시스템을 개발하고 적합도를 검증하는 시도가 있었으며 조기경보지수의 산출 과정은 다음과 같음.
 - 구체적으로 곡물부문의 조기경보지수는 곡물 수입가격을 가중 평균하여 도출한 위기지수를 구성한 후 관련 선행변수들과의 관계를 추정하여 산출.
 - 이때 곡물의 수입가격을 이용하여 위기지수를 산출 할 시 곡물부문의 위기에 대한 명확한 정의가 선행되어야 함.
 - 산출된 위기지수의 위기구간의 설정과 이를 설명할 수 있는 설명변수들을

선정.

- 앞의 단계에서 선정된 설명변수들은 신호접근법을 통해 N/S비율 (Noise-Signal Ratio)이 산출.
- 조기경보지수는 N/S비율을 가중치한 선행변수들의 가중 합을 이용하여 산출.

○ 이처럼 우리나라도 국제곡물의 수급과 가격 동향을 상시 모니터링 할 수 있는 국제곡물가격 조기경보시스템 체제 구축을 위한 노력이 요구됨.

□ 한편 국립방재연구원이 ‘가뭄정보시스템’ 구축을 추진하고 있는데 가뭄은 사회·산업 전반에 악영향을 미치는 자연재해지만 특히 농업은 용수의 확보가 직접적으로 생산과 직결되기 때문에 그 피해의 여파가 심한 편

□ 우리나라는 비교적 오랜 시간의 농업 역사를 가져 가뭄대비, 상시 용수확보 방안에 대한 끊임없는 노력이 있었음. 댐 및 보 건설, 지하수 관정개발, 하천정비를 위한 지속적인 투자와 기술진보는 현재 인공강우의 개발, 해수담수화 등 다양한 연구에 이룸(국립방재연구원,2011).

○ 지역의 용수 확보 상황을 수시로 파악할 수 있는 가뭄재해정보시스템 구축 개발 사업이 추진되었고, 2008년에는 지역 용수와 관련한 정보체계를 갖춰 평상시에도 해당지역 담당공무원들이 이용할 수 있게 되었음.

○ 3면이 바다로 둘러싸인 반도의 특성으로 강우량이 농업에 직접적인 영향을 미치고, 이는 국가적 피해로 확산. 따라서 전국적 가뭄의 발생으로 정부차원에서 피해보상 및 대책을 마련하는 경우가 빈번함.

- 지속적인 관개기술 발달과 댐 건설과 같은 수자원 확보를 위한 인프라 구

축을 위한 노력이 있었음.

- 국립방재연구원(2001)의 보고서에 의하면, 20세기에 1939년, 1968년, 1978년 그리고 1982년에 전국적으로 기록적인 가뭄이 발생하였으며 이중 1939년도의 가뭄 때는 전국적으로 200~400mm의 물 부족이 발생하였으며 특히 낙동강 유역에 물 부족이 극심했음.

<표 7-4> 우리나라 가뭄 사례와 농업부문 대책

기간	피해사례	대책
1926년~1928년	-농업용수가 부족하여 이양한 면적이 20%내외. -식수 부족.	-재해지역 농민 세금 면제 -재해지역 토목공사 실시
1937년~1939년	-주로 농업용수 관련 부족 -한해 발생지역 속출 -쌀 생산량 37% 감소	-가뭄협의 위해 각 도에 기술자 파견 -한해대책 구제비 책정 및 조세감면. -저수지 개축 착수
1958년~1959년	-발전량 감소로 송전 제한 -농업용수 부족.	-양수기 유류대 지원 -발전용수 농업용수로 전환 -발전시설 확장
1967년~1968년	-호남지방 가뭄으로 이농사태 발생 -쌀 생산량의 18% 감소 -모심기가 늦어짐..	-양수기 동원과 농자금 지원 -농지세 감면 -지하수 개발
1976년~1978년	-농업용수 부족 -종합적 가뭄대책 필요성 대두	-보리 수매가격의 인상 -양수기 무상대여, 간이용수원 개발 -가뭄 상습지 예산 투입 -수원이 없는 논을 밭으로 전환
1981년~1982년	-저수지 및 하천고갈 심각 (낙동강은 본류제외 모두 고갈) -도시용수도 부족	-미국 농무성의 세계농업기상청과 NOAA인공위성 기상지도로부터 자료 분석 실시-저수지, 소류지 적극개발
1994년~1995년	-농업용수부족으로 전,답 작물에 피해	-해수담수화 등 대체수지원 개발로 다각적인 가뭄대처 방안 모색
2001년	-농업용수 곤란 -물 마른논과 발작물 가뭄발생	-가뭄대책 추진을 위한 예산 지원 -상수도 전용담 건설추진
2008년~2009년	-특별재난지역선포 요청	-상수도간 비상관로 용수연결 -관정개발

자료: 국립방재연구원, “기후변화 대응 가뭄정보시스템 활성화”, 2011, 재가공

- 농업 부문의 조기경보체계 구축 및 상용화를 위해서는 농업과 관련한 기상요소에 대한 정확하고 다양한 데이터를 수집하고, 이를 체계화하는 작업이 선행되어야함. 그 후에 신속하게 전달할 수 있는 시스템이 필요
- 그러나 현재 우리나라는 농업기상관측 인프라 구축단계에 있어, 이에 대한 체계적인 정보 구축 및 상용화까지 시간이 걸릴 것으로 보임.
- 시시각각 변화하는 날씨는 농가경영에 있어 가장 기본이기 때문에 이들에 대한 정보는 영농관리에 있어 직·간접적으로 영향을 줌.
 - 생육이나 생산시기뿐만 아니라 재배 작목 또는 작부체계의 변경, 재배적지 선정, 작황진단, 병해충발생의 예찰등과 같이 영농관리를 위한 전반적인 의사결정 단계에서 기상정보는 필수적
- 조기경보체계 시스템 구축 및 활용으로 재해피해를 낮출 수 있을 것이며 이러한 조기경보체계의 구축 및 활용은 농가 수익 증대 및 안정화는 물론 국가 식량안보차원에서 그 활용가치가 높을 것으로 판단됨.
- 조기경보체계 구축은 농업생산의 효율화, 안정화 및 농업자원의 합리적인 관리에 상당히 유용할 것임. 따라서 다양한 형태의 정량화된 정보시스템의 필요성과 함께 향후 조기경보체계 구축을 위한 노력이 요구됨.

<해외사례연구>

FAO의 세계식량정보 및 조기경보시스템(Global Information and Early Warning System: GIEWS)

- 세계 각국은 식량생산 및 식량안보에 대한 위기를 인식하게 되었으며 이렇게 고취된 의식과 함께 이러한 정보를 선도적으로 제공하기 위한 일환으로 세계 식량위기가 있었던 1970년대 초 국제연합 식량농업기구(Food and Agriculture Organization: FAO)가 세계식량정보 및 조기경보시스템(GIEWS)을 구축하였음(김태훈 외, 2009).
- 이 시스템은 FAO의 상품무역부(Commodities and Trade Division)의 주도하에 세계 각국의 작황의 상황과 식량수급현황, 수출가격 동향 등을 상시적으로 모니터링하며 운영하고 있음.
 - 상품무역부는 세계의 식량안보의 위협에 대응하기 위해 전 세계의 식량과 관련한 정보를 수집
 - 또한 지난 20여 년간 시계열 데이터를 토대로 전 세계의 생산, 제고, 교역, 식량원조등의 정보를 중점적으로 분석.
- 방대한 정보를 체계적으로 축적함은 물론 이러한 정보의 전파에 힘쓰고 있으며 EU 집행위원회의 재원으로 데이터 관리 및 조기경보 분석을 위한 통합정보시스템인 'GIEWS Workstation'을 구축하여 정보 이용의 용이성과 접근성을 높이고자 하고 있음.
- 현재 식량 상황이 좋지 않거나 앞으로 상황이 악화될 것으로 없을 것으로 예측되는 국가와 대외적인 식량원조가 요구되어지는 국가들을 두 가지 지표로 두고 정보 제공.
- 한편 각 국가들에 관한 상세하고 폭 넓은 정보를 제공하기 위한 노력의 일환으로 식량안보에 위기를 겪고 있는 국가들의 현상에 만 머무르지 않고 식량 위기가 발발하게 된 근원에 대한 분석과

설명을 다양한 방법으로 전달하고 있음.

- 이용자들은 GIEWS를 통해 해당 국가의 뉴스, 식량 캘린더, 식량 통계, 관련도표 및 통계정보를 이용할 수 있음.

○ 또한 GIEWS은 “Food Outlook”, “Food Crops and Shortage”, “Food Supply Situation and Crop Prospects in Sub-Saharan AFRICA” 등과 같은 간행물을 발간하는 동시에 정기적으로 식량 경보와 관련한 여러 보고서와 스페셜보고서들을 출판 하며 전 세계적인 문제인 식량 안보의 심각성을 알리고자 노력.

- 효율적인 정보들을 신속·정확하게 전 세계에 제공하고자 인터넷과 오프라인 등을 통하여 발간 및 배포.

2) 위험관리 인력 육성 및 교육

(1) 필요성

- 급변하는 기후변화는 이전과는 비교하기 어려울 만큼 예측이 어려운 패턴을 보여주면서 농업경영에 어려움을 가중시키고 있음. 정부는 농업인의 역량제고에 대한 중요성을 인식하면서 농업교육 투자를 확대하는 등 농업경쟁력을 유지하기 위해 노력하고 있음(마상진 외, 2008).
- 정부는 농업교육 투자의 일환으로 기후변화 대응을 위한 관련 기술 및 정보보급 노력과 함께 향후 지속 될 기후변화의 패턴을 전문적이고 대대적으로 관리하기 위한 교육 프로그램과 인력 육성의 필요성을 인지하고 있음.

- 공무원, 유관기관의 교육, 미래의 예비 농업인에 대한 교육 등 다양한 분야의 농업관계자에 대한 교육이 시행되어야 변화하는 환경에서 농업경쟁력을 증진시킬 수 있을 것임.
- 효율적이 성과를 위하여, 개별적 농가가 시도하기보다는 관련 정부기관이나 지자체가 교육 프로그램을 운영하고 본 사업에 대한 적극적인 참여가 필요함.
- 또한 정부 및 각 지방자치단체는 품목전문교육, 경영·리더십 교육, 지역특성화 교육 등 농업인 전문성제고를 위한 다양한 형태의 새로운 교육 사업을 추진하고 있음. 본 장에서는 이와 관련하여 농림축산식품부와 농어촌공사에서 운영하고 있는 농업인 교육 사업을 조사하였음.

(2) 시행 현황

- 농림축산식품부 산하 농식품공무원교육원(구 농수산식품연수원)은 농어촌과 농수산식품산업의 발전을 이끌어갈 관련 공직자를 양성하는데 중점을 두면서 농어업인들의 교육도 함께 시행하고 있음.(표 7-5)
- 동 프로그램은 주로 농수산식품 정책방향과 시책을 공유하는 한편 직급·직무별 핵심역량을 배양하며 현업과 관련하여 직무의 전문성을 제공하여 유능한 공직자를 양성하는 것을 목표로 함.
- 교육사업은 크게 기본교육, 직무전문교육, 농업인 교육, 사이버 교육 4부분으로 나뉘어 시행되고 있으며, 공직자 양성이 목표이기 때문에 주로 직무전문교육을 중점적으로 시행되고 있음.
 - 총 110개의 과정 중 직무전문교육이 82과정, 사이버교육이 19과정, 농업인 교육이 6과정, 기본교육 3과정으로 이루어져 있음.
- 직무교육은 주로 농림수산업 전반의 정책분야에 대한 교육과 그에

다른 직무역량 배양을 위한 실무 교육이 주를 이루고 있음.

<표 7-5> 농림축산공무원 교육사업

구분		교육 내용	
기본교육		공직가치, 직무 역량, 농축산 현장체험 교육	
직무 전문 교육	신농정 전파교육	농축산 정책방향	
	직무 전문 교육	농업·농촌	농업·농촌 정책분야 FTA 국내 보완대책 귀농·귀촌 성공사례
		녹색 성장	녹색성장 정책분야 고부가가치 신성장동력사업
		식품·유통	식품·유통 정책분야 한식 전통식품 가공 마케팅 등
		축산·수의	축산·수의 정책분야 축산경영, 개량, 방역 등
		소비 안전	소비안전 정책분야 안전성, 친환경, 검사등
		행정실무 자기계발	예산회계실무, 보고서 작성 자격증 시험 대비
	역량강화교육	창의소통 리더십 강화 독서, 문제해결, 자연체험 등	
	외국어 정보화 교육	외국어 학습, 전산능력 배양	
농업인 소비자 교육	농업인 핵심인재 육성등		
사이버교육	사이버 교육		

자료: 농림축산공무원 홈페이지 <http://www.ati.go.kr>, 재가공

- 농림축산식품부의 교육사업은 생산과 경영을 하는 농업인에게 대외 경쟁력의 제고와 고품질의 고부가가치 생산을 위해서 기술·지식·경영능력 등이 필수적이며 이러한 역량을 갖춘 농어업인을 양성하고자 교육 프로그램을 실시하고 있음(표 7-6).

- 선진 기술과 경영능력을 갖춘 농어업인 양성을 위해 맞춤형 교육프로그램은 물론 사업비 지원도 겸하고 있음.
- 동 사업의 프로그램은 크게 농업인의 생산과 관련한 전반적 교육을 위한 맞춤형 프로그램, 후계인력 양성을 위한 프로그램 또한 친환경 및 해외농업개발을 위한 심화교육 그리고 인프라구축을 위한 사업으로 구분될 수 있음.

<표 7-6> 농림축산식품부의 교육사업

구분	교육 내용
농업인 수준별 맞춤형 교육	품목전문 교육 경영·리더쉽 교육 지역특성화 교육
후계인력 양성교육	특성화 농고 현장체험교육 농대 영농정착 교육과정 도시민 대상 농업 창업 교육과정 창업농 교육
심화교육	농정 연계 교육 친환경농업교육 쿠폰제 운영 농업인 해외연수
농업교육 인프라구축	Agriedu.net 기능 활성화 교육과정등급분류제 시범추진 및 모니터링·평가 교육홍보 추진

자료: 농림축산식품부 홈페이지 <http://www.mifaff.go.kr>

- 한국농어촌공사의 교육사업은 농민에게 필요한 영농서비스를 제공하는 것은 물론 농업기반시설의 종합관리와 농업인의 영농규모적정화를 추진하면서 농업생산성의 증대를 가져오도록 함(표 7-7).
- 동 교육 사업은 향후 농어촌마을의 개발을 위한 사업추진 및 운영에 필요한 차세대 농업인 양성을 위한 ‘마을리더 교육’, 마을 사업 프로젝트를 기획하고 운영하여 농어촌의 부가가치를 극대화시킬 인력을 위한 ‘프로젝트’ 사업이 있음.

<표 7-7> 한국농어촌공사의 교육사업

구분	교육 내용
마을리더 교육	마을리더 역할 이해 농어촌리더십 농어촌리더갈등관리 주민동기화기법 친환경농어촌계획기법 마을운영기법 등
프로젝트	농어촌 지도자로서 자질과 역량 배양 벤치마킹 전략실습 국내현장학습 국내 성공사례 벤치마킹 등

자료: 한국농어촌공사 홈페이지 <http://www.welhon.com>.

□ 시사점

- 대부분의 교육 사업 및 인력 개발은 현재 침체 및 고령화 되고 있는 농업의 현실에 맞물려 농촌의 개발과 함께 생산성 수익성 증진에 중점을 두고 있음. 그렇기 때문에 기술개발과 그 보급과 관련한 교육과 지도자 육성에 대한 프로그램 및 커리큘럼이 주를 이룸.
- 직접적으로 기후변화에 대응한 교육 프로그램은 생산과정에서의 작목에 대한 관련 정보 및 지식 보급에 불과하며, 기후변화와 직간접적으로 연관되는 교육 및 인력 육성 프로그램은 아직 미흡한 실정으로 향후 기후변화 대응 및 적응과 관련한 교육 사업이 농업인, 관련 전문가 그리고 유관기관 전반에 걸쳐 확대되어야 하겠음.

3. 과학 □기술 부문 위험관리 수단

1) 국내 농업부문 R&D와 기후변화 위험관리

□ 최근 기후변화의 양상은 역사적으로 비슷한 유사 사례를 찾기 힘들 만큼 광범위하고 급박하게 진전되고 있을 뿐 아니라, 인류의 과학·기술적인 발전이 주요 원인으로 작용하는 만큼 이에 대한 대응 역시 과학·기술적인 측면에서 효과적인 수단을 통해 추진될 필요가 있음.

○ 실제 2010년부터 추진 중인 농림축산식품부의 ‘농림수산식품과학기술 육성 종합계획’에서도 이런 점에 착안하여 ‘기후변화대응/환경생태’ 부문을 20개 주요 산업 중 하나로 다루고 있음.

- 농림축산식품부(2012)의 보고서를 보면 직접적으로 ‘기후변화대응/환경생태’ 부문이 아닌 기타 산업 부문에서도 예컨대 ‘식량작물 생산’, ‘원예·특용작물 생산’처럼 기후변화와 관련한 위험관리 수단으로 볼 수 있는 R&D 활동의 중요성이 높아지는 것을 알 수 있음.

<표 7-8> 농림수산식품과학기술 육성종합 계획 상위 주요 분야 및 비전

분야		비전
7대	20개 세부 산업	
생 산 시스템	기계·설비·자재산업	선진형 생산시스템 구축으로 미래 농어업 경쟁력 향상
	종자산업	미래농수축산업을 선도하는 종자강국 실현
	비료/농약 산업	국민의 건강한 삶을 위한 생명환경 농업 실현
자원 □ 환경 □ 생태기반	기후변화대응/환경생태	저탄소 녹색성장을 선도하는 농림어업·농산어촌·사전예방 관리체계 구축
	토양·수자원 관리	농산어촌의 풍요로운 물, 국가의 청정 수자원 실현
생 산 □ 가 공	재해·질병방제	재해질병방제를 통한 안정적 농축산식품 생산 및 지속가능한 국토환경보존
	식량작물 생산	식량의 안정적 공급과 고품질의 안전 농산물 생산
	원예·특용작물 생산	국제경쟁력을 갖춘 원예·특작산업 기술기반 구축
	축산물 생산	세계와 경쟁하는 지속가능한 축산업 달성
	산림자원 조성·생산	녹색복지국가 실현을 선도하는 산림자원 조성 및 생산
	양식업	세계 5대 수산양식 강국 실현
	해외농림수산업	농림수산업의 세계화를 통한 안정적 자원·식량 확보 및 수출활성화
유통 □ 식품	목재 산업	자원 순환형 임업경영으로 목재산업 경쟁력 제고
	전통식품·한식세계화	녹색성장을 견인하는 세계 일류 전통식품 산업 육성
바이오	식품안전	국민에게 신뢰받는 안전한 먹을거리 공급
	식품가공·제조	녹색성장을 견인하는 세계일류 식품산업
	동물·식의약품및소재	新성장동력으로 농림수산바이오 산업 육성

	바이오에너지	청정에너지 생산 및 보급의 중추적 기반으로서의 농림수산업 육성
IT 융합	융복합, 정보기술	미래농어업을 선도하는 IT 융합 및 정보화 촉진
문화	문화·관광·휴양	농산어촌 어메니티 부가가치 제고를 통한 국민문화 복지 실현

자료: 농림축산식품부, 농림수산식품과학기술 육성 종합계획 및 5개년 실천계획, 2012, 인용

(1) 기후변화 대응 부문

- 농림축산식품부(2012)은 ‘기후변화 대응’ R&D 개발은 기후변화로 인해 생태계가 변화하고 이에 따른 인류의 삶에 미칠 영향에 대비하고 기후변화 대응 및 온실가스 저감을 통하여 건강한 생태계 환경을 구축하고자 함에 그 배경을 설명하고 있음.
- 생물다양성은 보전하면서 중장기적 기후변화 패턴을 예측하고자 기후변화 적응을 비롯하여 농림수산업의 생태계 변화추세를 분석하고, 농업 생산성에 미치는 영향을 평가하는 등의 대응 노력을 하고 있음.
- 온실가스 저감 노력의 일환으로 지속가능한 농림어업의 생산기반 구축을 위한 탄소 계정을 실시하고 있는데 이는 탄소배출권 거래·확보 차원으로 실시하고 있음.
- 가축분뇨와 퇴비 등을 자원화하는 기술을 개발하여, 자원 순환 형 친환경 생산을 위해 노력하고 있음. 효율적인 관리·이용방안을 개발을 통해 각종 오염원을 줄이고, 오염토양 및 수자원을 회복시킬 수 있는 기술을 개발시키기 위해 노력중임.

<표 7-9> 기후변화 대응 부문의 중점전략기술 및 세부기술

중점전략 기술	세부기술
기후변화 적응 및 생태환경 건강 진단 관리 기술	- 기상재해 피해 기작 및 저감, 대비 기술 - 농림수산업환경 계측 및 바이오매스 수량 추정 - 생태계산업 영향평가 및 관리 기술 - 기후변화 적응 품종 개발 - 생리 생태 및 건강 지표 개발 - 저탄소형 어구제조업 및 효율적 어장 탐색 시스템 - 기후변화에 따른 외래유입 신종질병 관리 - 연안자원 생산량 추적을 통한 바다목장바다숲 개발 - 내수면 생태조성과 자원이용 기술
탄소저장 및 평가 기술	- 작목별 전과정 평가 기술 - 탄소순환형 소재 개발 - 온실가스통계탄소계정 및 저감기술 - 농식품 탄소성적표시 기반 구축 - 농생태계 교란지표 및 통합평가 시스템 개발
자원순환형 친환경 생산기술	- 가축분뇨 처리 및 퇴액비 자원화 - 지역단위 에너지 자원순환 활용체계 구축 - 오염원 제어 및 관리 기술

자료: 농림수산식품부, '농림수산식품과학기술 육성 종합계획 및 5개년 실천계획', 2012, 인용

- 저탄소 녹색성장이란 모토가 '기후변화 대응' 부문의 중점 전략은 이며, 농림어업의 생태계전반에 걸친 관리체계 구축 역시 주요 전략이라 볼 수 있음.
- 그러나 우리나라의 연구와 기술개발 수준은 생태계의 기후변화에 대한 적응 및 영향성 분석 측면에서 아직 미흡한 단계
 - 생태계 전반에 걸친 거시적인 연구가 미흡함은 물론 주산지 및 생산량의 변화 새로운 재배적지 개발과 같은 미시적인 연구도 시작단계에 불과
- 1993년에 이미 탄소배출과 관련하여 온실가스 배출량에 관한 연구가 시작되었지만 탄소배출량 감축과 연계된 연구가 대부분을 차지하고 있음.
- 축산업의 발달로 분뇨처리에 관한 기술은 꾸준히 이루어져음. 또한

분뇨의 퇴비화 기법을 통한 온실가스 저감 기술을 개발 중에 있으나 산업적으로 재활용할 수 있는 단계에는 이르지 못했다는 평가

(2) 생산 개발 부문

- 기후변화로 인한 생태계 변화와 인류가 받게 될 영향에 대한 대응전략 및 개발에 집중하고 있는 ‘기후변화 대응’ 부문과 함께, ‘생산 개발 부문’도 기후변화와 관련한 농업의 위험관리 수단으로 밀접한 관계가 있다고 볼 수 있음.
- 기후변화로 인해 주산지가 북상하거나 이동하면서, 농업환경이 점점 변화하고 있음. 또한 온난화의 영향으로 병해충이 발발하는 등 작물 생산의 불안요소가 증가
- 국내 생산의 대응책으로 수입에 의존하기보다 식량안보 차원에서 자체적인 작물의 안정적 생산과 자급을 위해 기후변화 및 이에 따른 병해충에 강한 품종을 육성하는 기술개발이 요구됨.
 - 특히 2012년을 기준으로 식량자급률이 26%에 불과한 우리나라는 지속적인 품종 개발과 재배기술의 연구가 필요
- 품종육성은 장기간의 시간과 자금이 소요되며, 기술적으로도 농가나 지역차원에서 추진하는데 한계가 있어, 국가 주도아래 추진되고 있음. 우리나라의 품종육성 보유 기술은 세계적인 수준에 있다고 평가되고 있으나 국산품종 개발과 보급이 미흡하여, 품종사용료(로열티) 지급액은 해마다 늘고 있음.
- 우리나라는 2012년 국제식물신품종보호연맹(UPOV) 가입 10년차가 되면서, 모든 농작물이 품종보호대상 작물로 지정되어 로열티를 지불해야 하는 작물이 증가하였음. 이로 인해 농가의 로열티 지급으로 인한 경영비가 상승함. 따라서 농가의 경영비 부담을 줄이고 원예작물을 수출작목으로 육성하기 위해 수입종자를 대체할 수 있는 우수한

국산품종의 전략적 개발 등 신품종 육성과 보급이 시급한 것으로 사료됨.

- 이러한 품종육성과 같은 생산 기술 개발의 궁극적인 목표는 수요자 측에 안정적으로 식량을 공급함과 함께 생산자 측은 기후변화에 따른 생산의 불안 요인에 대응하고 소득을 안정적으로 보장 받을 수 있게 하는 것으로 볼 수 있음.

< 식량 작물 R&D 사례 연구 >

◎ 호반벼

□ 호반벼 개발의 배경

- 기상이변에 따른 재해 위험에 대응하기 위해 1993년부터 신품종 벼 개발 사업을 추진하였으며 그 결과, 맛·품질·수량·내재해성이 뛰어난 호반벼를 개발.
- 강원도는 지리적 조건 덕분에 다양한 벼의 품종을 개발할 수 있는 이점을 갖추고 있으나 지난 20여 년간 오대벼가 60%를 차지할 정도로 오대벼 재배에 편중되어 왔음.
- 이렇게 한품종의 재배에 편중 될 경우 기상이변에 따른 재해 위험에 따른 생산량의 위험이 크기 때문에 위험분산을 위해 적용품종 개발이 필요.
 - 기후적 특성에 알맞고 수량과 더불어 안정성을 갖춘 고품질 품종의 개발은 미흡한하였음.

□ 호반벼 개발 과정 및 특징

- 강원도농업기술원은 독자적 벼 신품종 육종에 착수하여 07년 1월 ‘호반벼’를 품종보호 출원.

- 그 동안 강원도의 대표적 품종은 “오대벼”로 생산량의 대부분을 차지하고 있었음.

○ 강원도의 대표 품종인 ”오대벼“에 비하여 “호반벼“는 도열병⁸⁾ 저항성이 높고 내냉성⁹⁾과 도복¹⁰⁾에도 강하여 재배의 안정성이 높은 것으로 평가됨.

○ “호반벼“의 시험재배는 평야지 2시군 3농가, 중간지 5시군 11농가, 중산간지 4시군 8농가, 동해안지 6시군 9농가 등 총 17시군 31농가 10ha에서 실시되었음.

- 동해안지에서의 출수기는 7월 26~29일로 오대벼 대비 약 2~3일 정도 빨랐고, 중산간지에서의 출수기는 7월 24일로 약 6일 가량 빨라 평간지에 비해 조기 출수를 보임.

- 벼의 키는 시험재배지 모든 곳에서 오대벼보다 약 1~3cm 큰 것으로 나타남.

- 10a당 수량을 나타내는 단수는 평균 547kg으로 오대벼 보다 약 6% 많았음.

- 시험재배지 모두에서 오대미 보다 완전미의 비율이 평균 8%높았음.

□ 시사점

○ 그 지역의 기온과 토양에 알맞은 고품질의 재배에 강한 신품종인 호반벼는 강원도 내의 오대벼의 의존성을 완화시키고 쌀 생산성 및 경쟁력을 상승시킬 것으로 예상됨.

- 기후영향 및 병충해 같은 피해와 더불어 쌀시장개방이라는 악재 속에서 이러한 고품질의 신품종 개발을 지속적으로 지원하는 것은 장기적으로 위협의 분배와 함께 경제적 효과를 높일 것으로 보임.

8) 도열병: 벼에 나타나는 가장 중요한 병종의 하나로 냉해가 있는 해에 심하게 발생하여 때로는 기아의 원인이 되기도 함.

9) 내냉성: 식물이 찬 기온에 강한 성질

10) 도복: 작물이 비나 바람 따위에 쓰러지는 일.

<원예 작물 R&D 사례 연구>

◎ 사과

□ 사과 직무육성 개발 배경

- 사과의 직무육성 개발의 배경으로는 온대 북부성 과수인 사과는 온대지역 중에서 북쪽에서 주로 재배됨
 - 일조량이 많고 비가 적으며 서늘한 기후가 특징.
 - 과거 우리나라도 주산지인 경북 북부에서 현재 경기도 및 강원도로 북상하는 현상.
- 기후변화로 자연스레 재배적지가 이동.
 - 착색이 불량하고 이에 따라 맛과 당도가 저하되는 현상발생.

□ 사과 직무육성 현황

- 농가에서는 기후변화 대응 품종의 개발이 이루어지고 있음.
 - 기후변화 대응 품종이란 고온에서도 착색이 잘되는 품종 또는 착색을 위한 관리를 따로 하지 않아도 되는 것을 일컫음.

<직무육성 주요 신품종-사과>

	홍 로	감홍	홍금	썸머드림
육성년도	1998년	1992년	2004년	2005년
성숙기	9월 상중순	10월 상중순	9월 중순	8월 상순
특징	추석에 안정적으로 출하할 수 있음. 낙과가 거의 없으나 역병에 약함.	착색이 양호하고 수확 전 낙과가 거의 없음.	단맛과 신맛이 조화된 풍미가 좋음. 저장성은 상온에서 약 20일	당도가 높으며 교배친화성이 높고 저장성은 상온에서 약 1주일

사진				
	홍안	단홍	황옥	아리수
육성년도	2006년	2008년	2009년	2010년
성숙기	9월 하순	10월 하순	9월 하순	9월 상순
특징	탄저병에 강하며 늦은 출하로 추석에 출하 가능. 저장성은 상온 3주일 정도.	식미가 우수하며 재배품종과 대부분 교배친화성 높음. 상온에서 30일 정도 저장가능.	맛이 농후하고 수확적 낙과등의 생리장해가 없음. 저장성은 상온에서 30일 정도	기온이 높은지역에서도 착색이 양호함. 탄저병에 비교적강함. 저장성은 상온 30일정도.
사진				

자료: 농촌진흥청, 국립원예특작과학원

□ 시사점

- 품종 간의 인공 교배에서 품종개발까지 최소 14~15년이 걸리고 여기에 품종등록과 보급 절차를 더하면 대략 20여년이 걸리므로 시간과 재정적인 투자가 장기간에 걸쳐 필요하기 때문에 신품종 개발보다는 기존에 개발된 품종들의 보급에도 많은 노력이 요구됨.

2) 해외 농업부문 R&D와 기후변화 위험관리¹¹⁾

11) 농림축산식품부(2012) '농림수산식품과학기술 육성 종합계획 및 5개년 실천계획' 내용 참조

(1)미국

- 방대한 국토를 가진 미국은 기후와 지형 식생이 다양하고 이에 따라 수많은 토양이 존재
 - 이러한 지리적 이점과 농업의 기계화 및 기술을 바탕으로 다양한 종류의 식품과 섬유작물, 오일시드, 사료작물, 과일, 채소 등을 생산해 자국에 유통시킬 뿐 만 아니라 해외 시장에도 수출하고 있음.

- 하지만 매탄과 이산화질소 배출 증가가 최근 문제가 되고 있는데 가축의 장내발효 및 농업토양 관리가 그 원인으로 꼽힘. 이에 대한 문제의식을 가지고 미국 농무부(The U.S. Department of Agriculture administrators)는 환경적으로 민감하고 오염되고 있는 토지를 보완하기 위해 보전 프로그램을 설계하여 운영하고 있음.

- 미국은 경작지와 휴경지를 구분하여 프로그램을 운영하고 있는데 경작지 대상 프로그램으로 환경개선장려프로그램(Environmental Quality Incentives Program, EQIP)과 보전의무프로그램(Conservation Stewardship Program, CSP) 등이 있으며 휴경지 대상 프로그램으로는 농지보전프로그램(Conservation Reserve Program, CRP)과 습지보전프로그램(Wetlands Reserve Program, WRP), 초지보전프로그램(Grassland Reserve Program, GRP) 등이 있음.
 - 경작지 대상 프로그램인 환경개선장려프로그램(EQIP)은 재정적 또는 기술적인 지원을 통해 농장 및 목장의 보전농법을 농민에게 전하기 위한 자발적인 프로그램으로 농민은 최대 10년까지 혜택을 얻을 수 있음.
 - 동 계획은 농지 및 비산업적인 사유림의 토양, 물, 동·식물, 대기 등의 관련

자원을 향상시키는 역할을 하기도 함.

- 보상금액은 270만 에이커 당 총 4,250만 달러에 이르며 이는 양분관리나 보존형 경운¹²⁾을 위해 지급.

○ 미국의 연방프로그램 중 하나인 보전의무프로그램(Conservation Stewardship Program, CSP)은 토양, 공기, 에너지, 물 등의 보전과 개선이 목적이며 대상범위는 경작지, 초지는 물론 대초원지대, 산림지역을 포괄함. 보전의무프로그램은 재정적·금융적으로 지원을 하는데 최소 5년의 계약기간동안 환경개선을 위해 노력을 기울인 농가만 지원을 받도록 함.

○ 휴경지 대상 프로그램인 농지보전프로그램(CRP)은 환경에 취약하고 민감한 작물을 생산하는 농가가 일정 금액의 지원을 받는 대신 계약을 통해 10~15년 기간동안 의무적으로 피복작물을 재배하도록 권장하는 시스템.

- 습지의 복원과 비료 완충지대를 강 유역에 설치하기 위해 주로 자연초(native grasses), 야생수목 재배를 장려함.
- 미국농업진흥청(Farm Service Agency, FSA)에 따르면 2008년 한 해 동안에만 동 프로그램으로 5천 6백만 CO₂ 톤의 온실가스 저감.

○ 습지보전프로그램(WRP) 역시 휴경지 대상 프로그램으로 토지소유자들이 자신의 소유지에 있는 습지를 보호, 복원, 개선할 수 있는 기회를 제공하기 위해 지원하는 프로그램임. 습지복원과 관련한 기술적·재정적 지원을 하고 있으며, 이를 통하여 습지의 기능과 가치를 높이고 최적의 야생서식지 복원을 목표로 함.

- 습지보전 활동은 탄소고정 및 온실가스 저감에도 영향을 미치는 것으로 평

12) 바람과 물에 의한 토양의 유실로 인해 발생하는 물의 오염, 생태계의 보금자리 파괴, 유실로 인한 복구비용등의 피해를 방지하기 위해 도입된 농법

가됨.

- 자발적인 프로그램인 초지보전프로그램(GRP)은 방목지 작업 및 동식물의 다양성 향상, 초지의 보호를 목표로 하고 있음. 동 프로그램은 참여자들이 사료 및 종자 생산과 관련한 권리는 그대로 유지하도록 하며, 향후 토지개발과 사용에 대해서는 자발적으로 제한 범위를 설정하도록 하는 시스템.

(2) 일본

- 일본의 기후는 우리나라와 비슷한 양상을 보이는데 우리나라보다 강우량이 더 풍부하고 습도가 높아 벼농사가 발달. 그러나 우리나라와 비슷하게 산지가 전체 국토의 61%를 차지하고 있으며 국민의 식생활의 변화와 함께 식품 기호가 변하고 식량자급률 또한 낮아지면서 벼농사 경작면적은 계속해서 줄고 있음.
- 일본 역시 농업부문에서 기후변화에 완화 및 대응하기 위한 정책을 다양하게 시행되고 있음
 - 직접적인 기후변화 완화 정책에는 화학비료 사용감소, 비료적용의 최적화와 감소, 토양에서 발생하는 온실가스를 통제를 위한 시스템의 구축이 있음
 - 기후변화에 대한 대응 정책으로는 지역에서 생산된 농산물을 지역 내에서 소비하는 운동, 교토의정서를 따른 온실가스 배출권 거래제도 시행, 환경보전을 하는 농민들의 영농활동에 대해 직접지불제도등이 있음.
- 토양에서 발생하는 온실가스 통제 시스템 구축 프로젝트는 신기술 적용과 온실가스 산정을 위한 기본데이터 수집으로 구분됨.

- 신기술 적용 부문과 관련하여 새롭게 개발된 메탄배출통제기술 설치 및 시험 적용 농가에 대한 정부 지원이 이루어지며, 기본데이터는 IPCC 지침서에 기반을 두어 집계
- 교토의정서에 따른 온실가스 배출 거래제는 크레딧을 창출하는 농업인과 기업을 연결시켜, 기후변화 완화에 기여한 농업인들은 일정수준의 보상을 받고 탄소저감 인센티브를 가짐.
 - 현재 크레딧량의 구성을 보면, 바이오매스에 의한 연료대체가 90%로 압도적이며, 그 밖에 열펌프도입, 바이오 가스 순
- 2011년부터 환경보전 효과가 높은 영농활동에 대한 직접 지불 제도를 실시하면서 지구온난화 방지, 생물다양성 보전을 위한 노력.
 - 지원 대상 사업으로는 화학비료와 농약의 50% 절감사업/ 피복작물 작부를 조합시킨 사업/화학비료와 농약의 50% 절감사업/ 리빙멀칭 또는 초생재배 조합 사업/ 화학비료 또는 농약의 50% 절감사업/ 동절기 담수관리 조합 사업/ 유기농업사업
 - 지원 단가는 10a당 8,000엔으로 지원가능 대상은 에코팜으로 인정받고, 농업환경규범에 근거한 점검을 시행하는 농업인과 농업인그룹

4. 경제적 □재무적 수단을 통한 위험 관리

1) 농작물재해보험

(1) 도입

□ 기상변화의 피해가 빈번해지고 규모도 대형화됨에 따라 개별 농가에서 그 피해를 감당하기 힘들어지고 이에 따른 농작물 생산성의 위험

이 증가함에 따라 농작물재해보험¹³⁾이 도입되었음.

- 우리나라는 다른 나라에 비해서 농업생산기반과 관리체계가 잘 되어 있는 편인데, 이는 농업역사가 길고, 영세한 국토에서 비교적 국지적으로 작물을 생산하기 때문임.
 - 웬만한 자연재해에는 극복하여 왔음.

- 그러나 최근의 추세를 보면 예측을 빈번히 벗어나며 그 영향력도 광범위한 이상 기후 현상이 잦아지고 동시에 발생하는 경우가 많아 때문에 농업생산에 있어 농가 스스로 감당하기 어려운 실정임.

- 게다가 현재 영농형태는 전업화되고, 규모화 되는 추세임. 따라서 변화된 영농형태에서 자연재해의 위험에 더 쉽게 노출 될 것으로 보임.
 - 경영 다각화 시스템의 복합영농은 기상재해로 인한 위험 피해를 어느 정도 분산시킬 수 있음. 그러나 전업농은 단일 품목만 생산하기 때문에 재해로 인한 피해가 큼.

(2) 시행 현황

□ 최경환(2012)의 연구에 의하면 초기 정부가 ‘자연재해대책법’과 ‘농어업재해대책법’을 지정하면서 피해농가에 지원□보상책의 근간으로 시행하였으나, 농가가 안정적 경영을 위한 근본적인 대응책과 지원책이 되지 못하였음. 따라서 정부는 사후적인 지원방안으로 농가가 자체적으로 생산 활동을 재계할 수 있게 2001년부터 농작물재해보험을 도입하였음.

13) 전 세계적으로 기상이변이 심화되고 있는 상황에서 이러한 변화에 가장 취약하고 영향을 많이 받는 농업은 특히나 많은 자연재해 관련 피해를 받고 있으며 이러한 농업생산 전반에서 발생하는 각종 자연재해로 인한 경제적 손실을 보전하기 위한 제도가 농작물재해보험임(농촌경제연구원, 최경환 2012).

- 2001년 태풍에 따른 낙과 피해가 심한 사과와 배 2품목을 농작물재해보험 대상으로 지정하면서 해당 사업을 시작하였음. 2012년을 기준으로 과수뿐만 아니라 채소, 화훼, 임산물, 식량작물 등 35개의 품목으로 확대
- 본 사업 품목(전국)과 시범사업 품목(전국 또는 품목별 주산지)로 나누어 실시

<표 7-10> 농작물 재해보험 대상 농작물

본 사업	시범 사업
사과 배 단감 감귤 뽕은감. 참다래 자두 밤 콩 감자 양파 벼 고구마 옥수수 마늘 매실 (총 16개 품목)	4년차 이상 : 고추, 복숭아, 포도, 수박(시설)
	3년차: 농업용 시설물 딸기(시설), 오이(시설), 참외(시설), 토마토(시설)
	2년차 : 국화(시설), 복분자, 장미(시설), 풋고추(시설), 호박(시설)
	1년차: 녹차(시설), 멜론(시설), 오디, 인삼 파프리카(시설)

자료: '2012년도 농작물재해보험 사업시행지침', 농림수산식품부, 2012 재가공

- 2013년 현재는 보험대상품목이 40개로 확대되면서 대부분의 작물이 보험 대상에 포함 되어 농가 경영에 부담을 덜어줄 것으로 사료됨.
- 최경환(2012)은 국내 약 93,800여 농가가 총 5,200억 원 정도의 보험금을 받은 것으로 추산하면서, 2011년에만 1,326억 원의 농작물재해보험금이 지급되어 농업경영안정장치로써 농작물재해보험의 중요성이 높아지고 있다고 평가함.
- 현재 우리나라 뿐만 아니라 주요선진국들도 농작물재해보험을 정책보험으로서 정부에 의해 주도적으로 운영하고 있음(최경환,2012).
- 기존의 일반 손해보험에서는 한계가 있는 자연재해를 보험대상으로 하고, 정책적으로도 민감한 농업과의 직접적 연관성으로 농작물재해보험은 국가가 적극적으로 관여하고 할 수 밖에 없음.

- 농작물재해보험을 도입한지 60~70년이 넘는 미국과 일본과 같은 선진국들도 지금까지 중앙정부의 적극적 관여아래 농가경영의 주요 지원책으로써 운영
- 정부는 농가의 경영 및 경제적 부담을 덜어주고자 농작물재해보험 사업추진에 필요한 운영비 전액(부가보험료)을 부담하고 있으며, 농가가 부담할 보험료(순보험료의 50%)도 지원하고 있음(최경환,2012).
- 일반적인 손해보험은 재해가 발생할 때 보험금의 재원이 되는 순보험료와 보험을 운영하는데 필요한 비용 모두를 보험가입자에게 부과하고 있음.
- 또한 정부는 거대재해로 인한 손실을 국가가 떠맡아, 농작물재해보험의 위험분산을 안정적으로 체계화시키기 위한 노력으로 국가재보험제를 도입함(최경환,2012).
- 손해율 180%를 초과하는 손해(거대재해)는 정부가 국가재보험으로 인수하는 반면 180%이하의 경우의 손해(통상재해)는 재해보험사업자인 민영보험사와 농협이 책임지고 있음(그림 7-1).

<그림 7-1> 농작물재해보험 책임분담 구조



출처: 최경환, “농작물재해보험의 추진 성과와 과제”. 한국농촌경제연구원, 2012

- 현재 농작물재해보험사업에 대한 정부의 관심이 확대되고 있으며 농가의 가입률 역시 높아짐에 따라 재정지원 규모도 계속적으로 확대될 것으로 보임.

<표 7-11> 연도별 농작물재해보험 재정투입 계획

단위: 백만 원

구분	~2009년	2010년	2011년	2012년
합계	100,302	110,932	153,242	185,657
자부담	38,550	43,200	61,021	71,650
보조	61,752	67,732	97,221	114,650

자료 : “2012년도 농작물재해보험 사업시행지침”. 농림수산식품부, 2012

- 각 지자체 역시 농작물재해보험을 중요한 농가 경영안정 수단으로 인식하고 있으며, 지역 농가에게 가입을 독려하면서 지원 폭을 확대하고 있음.

(3) 시사점

- 농림축산식품부에 따르면 2012년 한 해 동안 1,326억 2,800만 원의 농작물재해보험금이 19,466농가에 지급되었으며 많은 농가가 폐농위험에서 벗어나게 되었음.
 - 시·도 및 시·군 농정당국은 각종 재해에 따른 농가 피해에 농작물재해보험을 가장 적합한 정책수단으로 인식
 - 또한 농가 측에서 부담해야하는 보험료의 일부를 지원하거나 지역의 공식 홈페이지에 농작물재해보험에 가입하도록 권장하고 있음.
- 그러나 농작물재해보험의 효과에 대한 호평과 함께 제도 개선의 필요성에 대한 의견도 있음(최경환,2012).
 - 품목별 가입율의 차이가 현저하게 나타나, 이런 결과에 대한 심층적인 원인

- 분석을 통해 저조한 품목의 가입을 적극 홍보하며 가입률 제고 방안 강구
- 동일 품목이라 할지라도 보험이라는 특성상 상품들의 다양한 여건을 고려해야 함. 그러나 아직 분류 체계와 보험 제도가 미흡한 실정으로 지역적, 품목적 특성이 합리적으로 반영된 보험 상품 개발 요구
 - 보험은 특성상 재해에 따른 정확한 손해 평가와 이를 근거로 한 합당한 보험금 지급이 필수적임. 따라서 손해 평가인의 교육과 연수를 통해 전문성을 제고해야 함.
 - 위에서 차례로 언급된 손해 평가 및 공정한 보험금 지급 그리고 다양한 보험 상품 개발 위해서는 결국 통계 및 관련 체계가 정비가 필수적임. 따라서 과거부터 축적된 관련 통계와 지속적 자료 구축을 통해 면밀한 설계 추진과 통계 시스템 구축이 요구
- 농작물 생산에서부터 출하 및 관리까지 전과정에서 농가는 기후변화 위험에 노출되고 있음. 더욱이 최근의 기상이변으로 농가차원에서 대응하기 불가능한 대규모 피해 위험도 겪고 있음. 따라서 안정적 영농 관리를 위한 경영안정장치로 농작물재해보험 제도를 정착·발전시키기 위한 방안이 요구됨.

2) 농가경영컨설팅

(1) 도입 배경

- 기후변화는 물론이며 다양한 생산위험에 직면하고 있는 각 농가가 안정적인 생산과 경영을 위하여 노력하기 위해 정부 및 각 지방자치체가 다양한 노력을 하고 있으나 이는 궁극적인 대응책이 되지 못함.
- 농가 간에 경영성과가 크게 차이가 나고 있는데 이는 농가별로 그 경영능력이 가장 큰 이유이므로 농업의 주체인 농업인들의 경영혁신

노력이 필요함.

- 비슷한 수준의 자금 및 생산 기반을 가지고 있더라도 농가가 지닌 기술과 경영의 차이가 생산과 그에 따른 수익에 큰 차이를 가져다주는 것으로 보임.
- 개인 농가 스스로 자신의 경영수준을 자체적으로 판단하여 생산에서 판매에 이르기까지 단계별로 경영혁신을 위한 노력은 필수적임.

(2) 시행 현황

- 농가경영컨설팅은 특정 대상에 대하여 해당분야의 전문가가 자신의 전문지식을 활용하여 문제점을 분석(진단)하여 구체적인 해결방안을 제시하여 주는 컨설팅과 같은 개념. 농가가 당면한 경영·기술상의 문제 해결하기 위해 농업 관련 전문 지식을 갖춘 외부전문가 또는 사업체가 각 농가의 경영 상태를 분석하여 해결방안을 도출한 후 농가에 제시하여 경영체가 경영을 개선해 나갈 수 있도록 유도
- 이를 통해 향상된 농가의 경영능력은 소득을 증대 시킬 것으로 기대됨. 생산기반과 시설, 재배기술, 판매, 경영기법 등 농업경영 전반에 걸친 경영컨설팅을 실시하여 농가소득 향상 도모
- 그러나 개별농업경영자는 경영의 가장 기초인 개선 사항의 진단 및 정보 습득에서도 기업체와는 비교할 수 없을 크기의 격차가 발생하기 때문에 경영자 자체적으로 경영개선을 실천하기는 매우 어려운 실정임.
- 그렇기 때문에 농촌진흥청, 도농업기술원, 시군별 농업기술센터에서는 농가경영혁신을 위해 컨설팅 시스템 강화가 필요함.

<표 7-12> 농가경영혁신을 위한 추진 주체 및 추진 사항

농촌진흥청	농업기술원	농업기술센터
-품목별 표준진단표와 같은 자체적 자료 개발 -목표를 설정하고 이를 관리하는 정보시스템 구축 -시군의 컨설팅 지원	-기초 컨설팅 서비스를 지원 -전문 컨설팅팀 및 시군별 지원반 운영 -도 및 시, 군의 컨설팅 운영 인력 교육	-분야별 기초컨설팅 팀 운영 -경영 및 기술을 지도 상담 -경영의 기초진단과 경영 개선점 평가 및 처우

자료: 농업경영종합정보시스템 홈페이지 <http://amis.rda.go.kr/> 재가공

□ 컨설팅 프로세스는 일반적으로 간단하게 4단계로 이루어짐.

- 1단계 컨설팅 요청: 희망 농업인이 관련기관 해당부서에 컨설팅 요청을 함.
- 2단계 경영 진단: 농가경영 진단 표준 진단표 및 관련 진단 지표를 이용한 농가의 경영 진단.
- 3단계 진단결과 분석 및 처방 : 분석한 결과를 토대로 향후 실천가능한 기술, 경영개선점을 처우.
- 4단계 교육 및 현장 지도: 전문가의 기술·경영에 관련한 종합상담과 함께 교육 및 현장 지도가 이루어짐.

(3) 시사점

- 농가경영컨설팅을 통한 기대 효과는 농업인 경영능력을 향상, 이에 따른 소득 증대 등이며 농가의 경영개선에 도움이 될 것으로 전망됨.

- 최근에 각 지역별로 유관기관의 관련부서가 컨설팅에 대한 의식제고와 함께 다양한 지원이 이루어지고 있으며, 이와 관련한 사례를 아래에서 살펴보고자 함.

<관련 사례 연구>

◎ 강원도 고랭지 신선 쌈채¹⁴⁾

□ 농가의 문제점 진단

- 친환경(유기, 무농약)인증 쌈채의 연중 출하물량 확보 어려움
- 여름 고온기 쌈채류 병해발생, 생리장해 발생이 빈번하였음
- 인증농산물의 일반 판매시 가격차별화 어려움

□ 진단의 처방

- 인증농가 중심 쌈채 집단재배 면적 확보
 - 지대별 (450m, 550m, 700m) 작목과 작형별로 분산
- 고온기 병해방제 및 생리장해 해소
 - 지대별 (450m, 550m, 700m)과 시기별로 생산품목을 분산하여 재배함.
 - 기존의 재식간격을 넓혀서 재조절: 20cm×20cm 12줄 → 24cm×24cm 6줄
 - 병해예방대책 수립 : 쌀겨농법 + 광합성균 + 친환경 자재
- 인증농산물 고정거래처 확보로 농가의 안정적인 소득 기반 마련
 - 분산재배 품목의 집하 공동출하, 브랜드 공동사용 : 아리아리 쌈채
- 농가별로 적합품목을 선정하여 분업화를 통한 전문생산체계 정립
 - 상추 + 쌈배추, 시금치 + 양배추, 상추 + 양배추
- 친환경 병해충 방제 체계 정립
 - 미생물제를 이용한 뿌리활력 증강 및 저항성 증진

- 소형해충 끈끈이 트랩이용 포획 살충
- 토양관리를 통한 고품질 생산체계 정립
 - 녹비호맥¹⁵⁾ 재배를 통한 염류집적해소 및 토양 물리성 개선
 - 전 필지 토양검정 후, 친환경 인증 유기질 비료 사용
- 친환경농산물 학교급식 납품을 통하여 거래처 확보
- 시설재배 병행을 통한 생산 안전성 확보
- 유통체계 개선을 위해 출하 시기를 조절하고(6~11월 출하) 저온저장고를 확보함.

□ 농가경영컨설팅의 효과 및 개선 방안

- 800m이상의 재배지역으로 기상변화(온난화)에 따른 고지대 인증 농가 확보
- 비가림 하우스 시설확보를 통한 고온기에도 안정적으로 재배할 수 있는 기반 확충
 - 차광커튼, 자동환기, 관수·관비시스템 등
- 토양검정 및 친환경 인증 유기질 비료 사용으로 친환경 고품질 안정생산 체계를 정립
- 지대별 분산 재배를 통하여 품목별 안정적 생산이 가능하게 함.
- 협동생산 공동판매 체계의 정립
- 자체브랜드를 만들어 상품화 함
 - 아리아리 정선 쌈채 (유기인증, 무농약인증)

14) 김용복 외, 2008 「농가경영컨설팅 경영개선 지원 및 컨설팅 우수사례」 중 기후관련 농가경영 컨설팅 사례를 선정하여 참고함.

15) 녹비는 잎을 비료로 사용하는 것을 뜻하므로 즉 녹비호맥은 밀을 비료로 사용하는 재배법임. 양분의 침식과 용탈을 줄여주어 흙의 물리성에 이로우며 최근 친환경 재배에 많이 이용되고 있음.

VIII. 요약 및 기후변화 관련 위험분석 연구로드맵

1. 요약

- 기후변화는 지금까지 주로 점진적(gradual) 현상으로 이해되어짐. 점진적 기후변화란 기온 또는 강수량 등의 기후지표가 지속적으로 변화하는 경향을 가지고 있다는 것임. 이러한 관점에서 현재까지 기후변화 관련 연구는 점진적 기후변화를 중심으로 이루어졌으며 상당한 연구결과가 축적되어 있음.
- 기후변화에 따른 위험분석에는 기후변화를 점진적인 현상으로 보는 시각에서 벗어나 이상기후현상(extreme events)의 발생빈도(frequency)와 크기(magnitude)가 증가하는 현상으로 인식하는 것이 필요.
- 여기서 이상기후현상이란 드물게 발생하는 기후지표의 급격한 변화 혹은 이에 수반되는 기후현상(예, 미국의 허리케인 샌디, 2011년 미국 중서부 지방의 가뭄 등)을 의미함.
- 이러한 시각에서 Weitzman(2009)에 따르면, 기후변화에 있어서 이상기후현상에 따른 위험은 해당 확률변수의 꼬리가 두꺼워지는 현상(a fat-tailed event)으로 인식될 수 있으며, 이에 따른 재난의 기회비용이 극단적인 경우 무한대까지 증가할 수 있음을 보임
- 기후변화와 이상기후현상과의 관련성, 그리고 이에 수반되는 위험에 대한 분석에는 아직까지 학술적인 연구가 부족한 실정임.
- 본 연구에서는 이러한 인식 하에 기후변화, 이상기후현상 및 이에 수

반되는 위험 분석 방법론을 개발하고, 이를 한국의 기후지표 자료에 적용하여 실증적 시사점을 도출하였음.

□ 분석결과는 아래와 같이 요약될 수 있음.

(1) 기존 위험분석 관련 방법론 검토

- 위험은 어떠한 사건의 결과가 완전히 알려져 있지 않을 때 발생하며, 이를 확률변수로 개념화하여 분석의 틀에 도입함.
- 위험 비용을 측정하기 위해 효용함수와 위험프리미엄의 개념을 이용할 수 있음. 효용함수는 부(富의)에 대하여 단조 증가하는데 일반적으로 오목함수의 형태는 위험기피성을 나타내며 반대로 효용함수가 볼록함수의 형태는 위험애호성을 나타냄.
- 일반적으로 위험을 논의 할 때 기본적으로 의사결정자의 효용함수가 오목함수 형태(위험 기피적 위험선호체계)를 가지는 것으로 가정함.
- 위험의 비용, 즉 위험 기피정도를 측정하는 개념인 위험프리미엄은 기대효용가설 하에서 효용의 기대값인 $EU(a)$ 와 부의 기대값인 $E(a)$ 에서 일정한 금액(R)을 차감한 후의 효용, 즉 $U(E(a)-R)$ 이 같은 수준이 될 때의 R 을 의미함. 즉, $EU(a) = U(E(a)-R)$ 를 의미함.
- 위험 프리미엄 R 은 위험회피정도를 나타내는 Arrow-Pratt 위험회피계수와 분산의 함수로 표시될 수 있고, $R > 0$ 일 때 위험기피적 선호가 정의됨.
- 변동성의 양측면, 하향 변동성, 상향 변동성 즉 평균보다 커지는 값과 작아지는 값 모두를 위험으로 간주하는데 실제로 위험의 하향 변동

성에 한정하여 분석하는 것이 더 현실적임.

- 본 연구의 기후변화 관련 위험 분석은 해당 확률분포의 적률(monments)인 평균, 분산뿐만 아니라 분포의 비대칭성 정도를 나타내는 왜도(skewness)와 분포의 꼬리가 얼마나 두꺼운가를 보여주는 첨도(kurtosis), 분위회귀분석(quantile regression), 부분 적률(partial moments)이라는 통계적 개념을 이용하였다는 점에서 기존 접근법과 차별성이 있음.

(2) 지역별 왜도/분위회귀분석 결과

- 90년도 이전과 이후를 비교에서 특정 지역의 왜도의 절대값이 변화하는 경우를 살펴볼 수 있음.
 - 강릉의 경우 8월 최고기온의 왜도가 음의 값에서 양의 값으로 변화함.
 - 양평의 경우 1월 최저기온의 왜도가 음의 값에서 양의 값으로 변화함.
 - 왜도 값의 음에서 양으로의 변화는 왼쪽으로 치우친 분포가 오른쪽으로 치우친 분포로 바뀐 것으로 해석할 수 있음.
- 전체적인 틀에서는 기온이 평균적으로는 높아지고 있음.
 - 분위회귀분석 결과, 각 지역의 1월 최저기온과 8월 최고기온 모두 시간이 경과함에 따라 증가하는 양상을 보임.
- 그 변화 양상이 단조증가 형태를 보이는 것으로 해석할 수는 없음. 즉, 특정 년도의 다음 년도는 국지적으로 기온이 감소하는 경우도 있을 수 있음.
- 또한 기온이 상승한다고 해도 첨도□왜도의 결과에서 추운 날의 수가 비례해서 줄어드는 것은 아님. 이를 통해 극값의 변화는 평균적 수준과는 별도로 움직일 수 있음을 확인할 수 있음.

- 강릉과 서산은 강수량이 증가하는 추세를 보이거나 밀양, 정읍, 양평은 강수량이 감소하는 추세를 보임.
- 강릉의 경우 강수량이 증가하는 추세를 보이지만, 8월의 강수량만을 살펴보았을 때는 오히려 감소하는 경향이 있음.
- 지역별 침도/분위회귀분석 결과를 통해 극단적인 사건의 발생빈도와 크기는 전반적인 기온, 강수량의 변화와 별도로 파악할 필요가 있음이 확인 가능.

(3) 지역별 기후지표 상관관계 분석결과: 적률/부분적률 접근법

- 강릉, 밀양, 정읍, 서산, 양평의 기후변수의 상관관계를 분석한 결과, 기온에 관한 상관계수는 모두 0.9를 넘어 양의 상관관계가 관찰됨. 강수량과 풍속의 경우 상관계수가 대체로 0.2에서 0.4사이에 형성되어 양의 상관관계가 약한 것으로 관찰됨.
- 전체적인 분포가 아닌 극단적인 사건의 빈도와 크기를 측정하기 위해서는 적률과 부분적률의 접근법을 활용할 필요가 있음. 이를 통해 확률변수가 가지는 확률분포의 특성을 파악할 수 있음.
- 평균기온의 경우, 전체 분포의 결정계수는 0.949이고, 부분결정계수(0.1 분위)는 0.638, 부분결정계수(1.0 분위)는 0.253으로 추정됨. 크기의 차이는 존재하나 모두 양의 상관관계를 나타냄. 이 결과는 기온의 특성상 한 지역의 값과 다른 지역의 값이 함께 움직인다는 점을 반영한 것으로 생각됨.
- 강수량의 경우, 전체 분포를 이용한 밀양과 정읍 강수량의 일반적인 결정계수는 0.447로 양의 상관관계가 존재하는 것으로 나타났음. 그

러나 강수량의 경우 극단적인 사건(extreme events)은 대규모 홍수로 구현될 수 있다는 점을 반영하여 0.9 분위수(90% quantile)를 고려함. 이 구간의 부분결정계수는 -0.003으로 추정되어 강수량이란 기후변수의 극단적인 사건의 두 지역 간 상관관계는 음으로 나타남.

- 이 결과는 대규모 홍수와 같은 강수량 관련 극단적인 사건의 경우 두 지역 간에 관련성이 서로 반대방향으로 나타남을 의미함.
 - 이는 한 지역의 홍수 발생은 다른 지역의 홍수발생을 의미하지 않는다는 것임.
 - 이러한 결과는 전체분포를 이용한 적률과 특정 구간의 분포를 이용한 부분적률이 상이할 수 있다는 점을 예시하며, 강수량이란 기후변수의 경우 이러한 결과가 뚜렷하게 관찰됨.

(4) 기후변화가 가격에 미친 영향 분석 모형 설정 및 사례연구

- 배추의 재배면적 추정
 - 배추의 t기 재배면적은 t-1기 재배면적, t-2기 재배면적, t-3기 재배면적, 농업기상관측정보 서비스제공여부, 재배년도더미의 함수로 규정함.
 - 추정된 식은 다음과 같이 표현됨: $E(Q_t) = 194.549 + 0.248*AREA1 + 0.281*AREA2 + 0.260*AREA3 - 3.046*D + 6.650*TT1$
- 배추의 단수 추정
 - 배추의 수율은 위험기상요인과 재배년도더미의 함수로 규정함. 본 연구에서는 생육기 고온현상, 결구기 고온현상, 생장기 강수량을 배추의 위험기상요인으로 파악함.
 - 추정된 식은 다음과 같이 표현됨: $E(Y_t) = 975.053 - 2.290*Risk_1 - 3.588*Risk_2 - 0.070*Risk_3 - 3.780*TT2$
- t기 배추의 공급량은 t기 재배면적과 수율의 곱으로 결정됨.

- 즉, 배추의 공급량은 $Q_t * Y_t$ 으로 표현될 수 있음
- 배추시장의 균형은 공급이 수요와 일치하는 점에서 달성됨.
 - $Q_t * Y_t = D_t$
- 배추의 수요는 가격의 함수로 표시 가능함.
 - $D_t = h(P_t)$
- 도출된 함수식을 종합하여 배추가격을 기상요인의 함수로 정량화할 수 있음
 - $P_t = k[Q_{t-1}, Q_{t-2}, Q_{t-3}, Risk_1, Risk_2, Risk_3]$

(5) 기존 위험관리 수단의 유형화

- 일반적인 위험관리 수단은 기준에 따라 여러 유형으로 분류될 수 있는데, 대표적으로 ① 농식품 생산단계 및 위험 대응 주체에 따른 유형화, ② 위험 발생 시기 전후 구분에 따른 유형화, ③ 위험관리 수단의 속성에 따른 유형화로 구분.
- 이상기후현상의 빈도 및 크기와 연계된 기후변화의 위험은 관리의 측면보다는 완화의 측면이 강조됨. 따라서 위험관리(risk management) 보다는 위험완화(risk mitigation)라는 목적을 가진 전략의 개발이 합리적임.
- 농식품 생산단계 및 위험 대응 주체에 따라 농가 수준(Farm Level), 공급 체인 수준(Supply Chain Level), 시장/정책 수준에서의 위험관리 수단으로 구분.
- 위험관리 정책 및 수단이 적용되는 시기에 따라 주로 시장 개척 및

시장 인센티브 조정 등을 위한 정책 수단 등을 포괄하는 사전적 수단과 위험축소 및 완화 부문과 위험 대응 부문에 집중되는 사후적 수단으로 구분할 수 있음.

- 위험관리 수단의 속성에 따른 유형화는 조기경보체계 구축 및 운용, 위험관리 인력 육성 및 교육 등 위험에 대처하기 위한 사회적 기반으로서의 성격을 가진 인프라 구축 및 보완 측면의 수단이나 기후변화에 대응하기 위한 농식품 부문의 R&D 활동을 포괄 과학·기술적 수단, 끝으로 보험과 컨설팅 등으로 대표되는 경제·재무적 수단으로 구분할 수 있음.

2. 기후변화 관련 위험분석 연구로드맵

- 기후변화 관련 기존의 연구는 평균 효과에 분석의 초점이 맞추어져 있음. 위험 분석에는 평균 효과를 넘어서는 2차(분산), 3차(왜도), 4차(첨도) 적률의 영향을 고려해야함.
- 본 연구의 분석결과, 기후변수 분포의 지역적 차별성이 식별되었으며, 이는 기후변화의 영향이 지역별/품목별로 차이가 있음을 의미함.
- 따라서 기후변화 대응 위험관리 전략의 구축도 이러한 기후변수의 지역성, 품목별 영향의 차별성 등을 고려한 바탕에서 이루어질 필요가 있음. 이러한 시각에서 아래와 같은 연구로드맵을 설정함. 동 분야 연구사업의 목표는 기후변화 위험 대응 적응능력 제고시스템 구축으로 설정됨.
- <표 8-1>은 기후변화에 따른 위험 분석 연구를 분야별로 주요 연구 내용과 연방법 및 향후 연구 과제를 정리한 것임.
- 앞서 언급한바와 같이 기존의 선행연구는 주로 평균분석으로서 점진

적 현상으로서의 기후변수의 변화를 파악하고 그에 따른 생산 및 가격에 대한 영향을 분석하였음. 이러한 분석은 농작물재해보험의 도입과 같은 정책 시행에 기여하였음.

- 하지만 기후변화 위험 연구를 위해서는 고차적률과 하방적률 등을 활용한 분석이 필수적이며, 이를 위한 모형개발이나 실증분석 연구가 이루어져야함.
- 이러한 기후변화 위험 분석 연구의 개념도를 바탕으로 본 연구에서는 가격변동성 및 기후변화 위험의 후생효과 분석을 위한 모형의 개발과 실증 분석, 기후변화 위험의 지역성에 대한 연구, 그리고 기후변화 위험 완화(risk mitigation) 전략에 대한 연구 등 크게 4가지 분야의 향후 연구 과제를 도출함.

<표 8-1> 기후변화 관련 위험분석 연구체계

구분	평균분석			위험분석			향후 연구 과제
	분석 내용	분석방법	예시	분석내용	분석방법	예시	
기후 변수	평균 기후의 점진적 변화	기후 변수의 기간별 평균 추정	평균기온, 평균 강수량의 변화	이상기후현상의 강도 및 빈도	일반 적률(분산, 첨도, 왜도), 하방분위 적률	파종기 이상 기온 일수	농업생산과 연계된 품목별 이상기후 정의, 이상기후변화의 지역성 및 지역 분포
농업 생산	평균 생산의 변화	평균(1차 적률) 단수함수의 추정	단수=f(평균기온, 기타 변수)	재해 수준의 생산 변화(하방위험의 변화)	단수의 고차적률(분산, 왜도, 첨도)로 표기된 생산함수의 추정, 단수의 하방분위 적률 생산함수 추정	1. 적률 접근법: 예/ 단수의 분산=f(기후변수, 기타변수) 2. 분위수 회귀분석기법: 예/ 단수의 0.25분위수 = g(기후변수, 기타변수)	a/ 단수 분포의 지역성 분석 b/ 기후변화 위험의 지역간 차이 분석 c/ 추정모형의 개발 d/ 품목별 분석
농산물 가격	평균 가격의 변화	평균 가격의 점진적 상승	1/재배면적 결정함수 추정 2/단수함수 추정 3/재배면적함수와 단수함수를 시장균형에 연결시켜 가격함수 추정	가격변동성의 변화	가격변동성 함수의 추정	1. 적률 접근법: 예/ 가격의 분산=f(기후변수, 기타변수) 2. 분위수 회귀분석기법: 예/ 가격의 0.25분위수 = g(기후변수, 기타변수)	a/ 추정 모형의 개발 b/ 품목별 분석
생산자 및 소비자 후생	평균 후생의 변화	평균 후생의 점진적 감소	평균기온 변화에 따른 단수 및 가격 변화의 생산자 및 소비자 후생 영향	재해 수준의 생산 변화에 따른 생산자 및 소비자 후생의 변화	하방위험 변화에 따른 생산자 및 소비자 후생 변화	Kim et al. (2012): 한국 쌀 농가의 하방위험비용 추정	a/ 추정 모형의 개발 b/ 품목별 분석
관련 정책	농작물 재해보험(품목, 정부지원 방식과 수준 등)			농작물 재해보전제도, 비보험작물재해지원제도, 시장을 통한 보상과 정책을 통한 보상 방식과 수준, 기후변화 위험과 계약관계, 지역성 및 지역간 보완관계를 활용한 기후변화 위험 관리, 위험완화 전략의 개발			분석결과에 기초한 위험완화(risk mitigation) 정책 개발

1) 가격변동성 실증분석 모형의 정교화

□ 농산물 시장의 균형화 과정($Q_t * Y_t = D_t$)에서 발생할 수 있는 국면 전환(regime switching)을 고려해볼 필요가 있음.

- 현실적으로 Q_t 가 가격이 어느 특정 수준 이하로 떨어지는 경우 $(1-\alpha)Q_t$ 로 설정될 수 있음. 이 때 α 는 가격이 너무 낮을 때의 수확포기율을 표시함.
- 한편, 그리고 가격이 어느 수준 이상으로 올라가는 경우 수입이 발생할 것이므로, 농산물시장의 균형과정에서 Q_t 는 $(1+\beta)Q_t$ 로 설정 가능함. 여기서 β 는 국내 생산 대비 수입량 비율을 표시함.
- 따라서 가격 수준에 따라 수확포기, 정상, 수입의 3가지 국면(regime)이 나타나며 가격 수준에 따라 국면 전환(regime switching)이 발생하게 될 것임.
- 위의 3가지 국면(regime)을 구분하게 하는 임계 가격 수준(threshold price level)은 수요자에 의한 계약파기, 정상, 공급자에 의한 계약파기가 발생하는 가격 수준으로 해석될 수도 있음.
- 즉, 가격 수준에 따라 3가지 국면(regime)이 설정될 수 있는데, i) 가격이 어느 수준 이하일 경우 구매자에 의한 계약파기, ii) 정상수준, iii) 가격이 어느 수준 이상일 경우 공급자에 의한 계약파기가 발생할 수 있다는 것임.
- 가용자료의 수준에 따라 위의 3가지 regime을 식별하게 하는 가격 수준에 대한 추정 가능.

2) 기후변화 연계된 위험의 후생효과 추정 모형 개발 및 사례 연구

□ 기후변화에 따른 농산물 생산자의 후생 변화 추정 모형의 개괄적 묘사

- π 를 농산물생산자의 위험 하 소득이라고 하면, CRRA(Constant Relative Risk Aversion) 위험 선호 하에서 t 기의 농산물 생산자의 효용은

$$(8-1) U(\pi_t) = -\pi_t^{(1-\lambda)}, \lambda=2$$

- 이 때 CRRA 위험선호는 위험기피 선호($U^2 < 0$), 하방위험기피($U^3 > 0$)와 일치 됨.
- 기후변화에 따른 농산물 생산자 후생의 평균효과는 1990년 대 이전/이후의 U (π)를 비교하여 계측가능하고, 생산자 후생의 분산효과(위험)은 1990년 대 이전 /이후의 위험 프리미엄(R)을 비교하여 계측 가능함.

(8-2) $R = -U^2/2U^1 * \text{Var}(\pi)$, 여기서 U^i 는 함수 U 에 대한 i 차 미분을 의미함.

- 농산물 생산자의 소득 계측에 신뢰도 문제가 발생하는 경우, 기후변화는 단수에 영향을 미치게 될 것이므로 단수를 기후변화 영향 계측에 필요한 확률변수로 정의할 수 있음. 다시 말하여 단수의 분포를 이용하여 기후변화가 농산물 생산자의 후생에 미치는 효과를 계측할 수 있음.
- 이 때 식 (8-1)은 $U(Y_t)$ 로 대체됨. 기후변화(기온, 강수량, 바람의 세기 등)가 농산물생산자의 단수에 미치는 평균효과는 농산물 수율에 대한 기상요인의 함수에 의하여 추정가능하고, 농산물 수율에 대한 기상요인의 함수의 잔차를 e_t 라고 할 때, 이 잔차의 제곱이 단수의 분산이므로, 다음의 식 (8-3)을 이용하여 기후변화가 단수에 미치는 분산효과를 추정할 수 있음.

(8-3) $e_t^2 = g_2(\text{기후변수}_t, \dots)$

- 1990년 대 이전/이후로 기후변화의 유무를 구분하는 것은 자의적일 수 있음. 이 경우, 기후변화 시나리오를 적용한 시뮬레이션 접근법을 통하여 기후변화에 따른 배추생산에 있어서의 후생효과를 평균/분산효과로 구분하여 추정할 수 있음.
- 최근 대표농도경로(Representative Concentration Pathways, RCP)를 적용한 신 기후변화 시나리오에 의한 전망치에 따르면, 기후변화를 줄이고자 하는 개입 없이 현재 추세로 온실가스 배출이 지속되는 시나리오(RCP 8.5) 하에서는 21세기 말 한반도의 평균기온은 6.0°C 상승, 강수량은 20.4% 증가할 것으로 예

상됨(남영식 외, 2012).

- 위의 시나리오 외에도 RCP 2.6, 4.5, 6.0이 보고됨(남영식 외, 2012). 시나리오에 대해서는 IPCC 5차 평가보고서(2013) 참조.
- 시나리오 확정: 연 평균 증가율 등을 월별로 동일한 증가가 일어난다고 가정할 경우 분석에 활용 가능한 시나리오가 구축될 수 있음.

3) 기후변화 관련 위험의 지역적 차별성에 관한 연구

□ 기후변수 분포의 지역별 차별성에 대한 연구

- 앞서 살펴본 바와 같이 주요 기후변수의 분포에서 지역간 차이가 존재하며, 이러한 기후변수 분포의 차이는 기후변화 위험의 지역성을 의미함.
- 지역적 특성을 고려한 체계적인 기후변화 위험 관리를 위해 기후변화 위험의 지역성과 함께 공간종속성 및 이웃효과에 대한 연구가 필요.

□ 기후변화 연계 농업생산 분포의 지역별 차별성에 대한 연구

- 주요 농산물 주산지 변화 등 기후변화와 관련한 농업생산 분포 변화의 공간계량경제학적 분석을 통한 기후변화가 농업생산에 미치는 영향의 지역성 연구
- 기후변화에 따른 지역농업구조의 변화와 이에 대응한 농업생산 자원의 효율적인 지역 배분 전략

□ 기후변화 관련 농업 생산 위험의 지역적 배분에 대한 연구

- 생산물의 지역간 거래와 위험의 배분
- 국가차원의 농업부문 위험관리 측면에서 지역농업구조의 조정

□ 지역적 이상기후현상(extreme events)에 대한 적응역량 제고 방안 연구

- 일반적으로 농산물 품목별 생산 및 가격 변화는 생산자, 소비자 및 정부에 직·간접적인 영향을 미침. 이상기후현상의 빈도와 크기의 변화에 따라 생산자의 생산행태(production behavior)와 소비자의 소비행태(consumption behavior)가 변화할 수 있음. 이러한 변화의 관점에서 생산자/소비자의 적응능력 제고를 위한 정책적 방안 연구가 필요함.
- 기후변화에 따른 위험 수준(risk level)에 지역별 차별성이 존재함. 기후변화에 따른 이상기후현상(extreme event)의 영향을 받을 수 있는 분석대상 품목을 지역별로 설정하여 각각의 주산지에 이러한 영향이 어떻게 나타나고 있는지를 분석하고, 이를 바탕으로 주산지별로 어떠한 적응방안을 구축할 것인가에 대한 연구가 필요함.
- 더욱이 이러한 분석결과에 GIS 기법을 활용하여 좀 더 체계적이고 실질적인 파급효과에 대한 분석을 시도할 수 있음.

4) 기후변화 관련 위험의 완화(mitigation) 전략 개발에 대한 연구

□ 기후변화 관련 위험의 지역적 차별성, 기후변화에 따른 가격 변동성 분석 및 생산자 후생 변화 추정 연구의 결과를 활용하여 아래와 같은 수준에서의 농산물 생산 위험 완화 전략 개발에 대한 연구가 필요

- 생산자 수준에서의 위험 완화 전략-다각화, 병해충 제어 기술 개발을 통한 기후변화 적응체계 구축 등
- 유통 단계(공급체인 수준)에서의 위험 완화 전략-대체품목 개발 등
- 시장/정책 수준에서의 위험 완화 전략-재해보험 도입/관리의 지역별/품목별 차별화

□ 푸드시스템 측면에서의 위험 완화 전략 개발에 대한 연구

- 식품산업의 위험 완화 전략에 대한 연구
- 식품산업의 벨류체인(value chain) 단계별 위험과 위험 완화 전략

○ 기후변화 위협의 전후방관련산업 영향과 위협 완화 전략

<참고문헌>

- 강신우·안인찬, 2001, “농업재해에 대한 보조 및 지원내용의 변천과 그 문제점 분석”, 농업과학연구 제18권: 34-53
- 심기오, 2011, 「기후변화 대응 가뭄정보시스템 활성화」, 국립방재연구원
- 김수옥·김대준·김진희·윤진일, 2012, “신기후변화시나리오 RCP8.5에 근거한 복숭아 주산지 세 곳의 동해위험도 평가”, 한국농림기상학회지 제14권 제3호, 124-131쪽
- 김용복·한중수·모영문·사종구, 2008, 「농가경영컨설팅 경영개선 지원 및 컨설팅 우수사례」, 강원도농업기술원
- 김윤성, 2012, 「기후변화와 농업의 대응」, 농협경제연구소, NHERI 리포트 제162호
- 김창길·박현태·이상민·주현정·로버트멘델존, 2008, 「기후변화에 따른 농업부문 영향분석」, 한국농촌경제연구원, 연구보고서
- 김창길·이상민·정학균·장정경·이충근, 2009, 「기후변화에 따른 농업부문 영향분석과 대응전략」, 한국농촌경제연구원, 연구보고서
- 김창길·정학균·장정경·권희민·문동현, 2009, 「친환경농업 직접지불제 개편 및 환경기준 준수조건 지원정책 도입방안 연구」, 한국농촌경제연구원, 연구보고서 C2009-63
- 김창길·정학균·김윤희·김태훈·문동현, 2011, 「기후변화 대응을 위한 농림수산식품산업 전략수립 연구」, 한국농촌경제연구원, 연구보고서
- 김태훈·승준호, 2009, “FAO의 세계식량정보 및 조기경보시스템(GIEWS) 운용현황”, 세계농업 제 101호: 3-9
- 김태훈·승준호, 2009, “신호접근법을 이용한 국제곡물가격 조기경보시스템”, 농촌경제 제 32권 제3호: 71-84
- 남영식·양승룡·송용호·박호정, 2012 “기후변화로 인한 한국 쌀(정곡) 생산 변화에 관한 연구: RCP 8.5시나리오를 중심으로”, 농업경제학회, 농업경제연구 제53권 4호: 61-88
- 농림수산식품기술기획평가원, 2011, 「기후변화 대응 농림수산식품 R&D 동향 및 전망」
- 농림수산식품부, 2012, 「2012년 농작물재해보험 사업시행지침」
- 농림수산식품부, 2012, 「농림수산물과학기술 육성 종합계획 및 5개년 실천계획」
- 농촌경제연구원, 2012, 「농업부문 위험과 포트폴리오에 관한 연구」 한국농촌경제연구원, 연구보고서
- 박종민·마호섭·강원석·오경원·박성학·이성재. 2010, “전라북도 지역의 산사태발생 특성 분석”, 농업생명과학연구 제44권 4호: 9-20
- 심교문·이종택·이양수·김건엽, 2003, “20세기 한국의 농업기상재해 특징”, 한국농림기상학회지 제5권 4호: 255-260
- 심교문 외, 2008 「기후변화가 농업생산 환경에 미치는 영향」. 제21회 강원농업 발전방

안 심포지움

- 심교문·김건엽·정현철·이정택, 2008 “지구온난화에 따른 한반도의 농업환경 영향평가와 적응”, 한국생물환경조절학회 추계학술발표논문집, 제12권 1호: 78-81
- 오정림·박덕근, 2009, “우리나라의 조기경보시스템 및 재해복구체계와 기술이전“, 한국위기관리논집 제5권 제1호: 102-107
- 유가영·김인애. 2008, 「기후변화 취약성 평가지표의 개발 및 도입방안」, 한국환경정책평가연구원, 연구보고서
- 이상학·양승룡, 2001, “수입곡물 가공업자의 가격위험 관리-최소분산과 최소준분산 헤지의 비교분석”, 농업경제연구 42권 제3호: 107-128
- 이용택·남두희, 2005, “위험도분석을 활용한 교통투자사업 평가의 효율화방안”, 도로교통 제102호: 4-19
- 정학균 외, 2013, 「기후변화가 벼 병충해 발생에 미치는 영향 분석」, 2013 경제학공동학술대회 발표논문집
- 조경화, 2000, “온실가스 저감정책의 파급효과: Global CGE 모형에 의한 분석”, 경제학연구 제48권 제4호: 323-368
- 조은영, 2009, “기후변화가 농작물 생산에 미치는 효과” 숙명여자대학원 응용경제학과, 석사학위 논문
- 최경환, 2012, 「농작물재해보험의 추진 성과와 과제」, 한국농촌경제연구원, 농정포커스 제12호
- 한기인·김태성, 2010, 「최근 배추파동 발생요인과 시사점」, 농협경제연구소, CEO Focus 제255호
- 형남원·한규숙, 2007, “하방위험을 이용한 위험자산의 최적배분”, 재무관리연구 제24권 3호: 133-152
- An, Donghwan, Brian H.S. Kim, Kwansoo Kim, Chanyoung Yang, 2012, “Analyzing Interregional Virtual Water Trade in Korea in a Multi-Regional Input-Output Model Framework”, Presented at the Western Regional Science Association 51th Annual Meeting, Kauai, Hawaii, Feb. 8-11
- Brooks, Nick., Adger, Neil W., Kellyl, P. Mick., 2005, “The Determinants of Vulnerability and Adaptive Capacity at the National Level and the Implications for Adaptation” Global Environmental Change, 15(2): 151-163
- Burhan Ozkan and Handan Akcaoz, 2002, “Impacts of climate factors on yields for selected crops in the Southern Turkey”, Mitigation and Adaptaion Strategies for Global Change 7: 367-380
- Campbell, Rachel., Huisman, Ronald., Koedijk, Kees., 2001, “Optimal portfolio selection in a Value-at-Risk framework”, Journal of Banking & Finance 25:

- 1789-1804
- Chavas, J.P., 2004, 「Risk analysis in theory and practice」, ELSEVIER Academic Press
- Chmielewski, F-M, Kohn, W, 2000, "Impact of weather on yield components of winter rye over 30 years" *Agricultural and Forest Meteorology*, 102(4): 253-261
- Finger, R., Schmid, S., 2007, "Modelling Agricultural Production Risk and the Adaptation to Climate Change ", MPRA Paper No.3943
- Kim, Kwansoo, Chavas, J.P., B. Barham, and J. Foltz 2012, "Rice, Irrigation and Downside Risk: A Quantile Analysis of Risk Exposure and Mitigation on Korean Farms", In review.
- Knight, Frank H., 1921, 「Risk, Uncertainty and Profit」, Dover Publications
- Moss, R.H., Brenkert, A.L., Malone, E.L, 2001, "Vulnerability to Climate Change : A Quantitative Approach" Prepared for the US Department of Energy
- O'Brien, K., Leichenko, R., Kelkar, U., Venema, H., Aandahl, G., Tompkins, H., 2004, "Mapping Multiples Stressors : Climate Change and Economic Globalisation in India" *Global Environmental Change*, 14: 303-313
- Parkins. John R., MacKendrick, Norah A., 2007, "Assessing Community Vulnerability L A study of the Mountain Pine Beetle Outbreak in British Columbia, Canada" *Global Environmental Change* 17: 460-471
- Ross, Kingwell, 2006, "Climate change in Australia: agricultural impacts and adaptation" *Australasian Agribusiness Review* Vol.14
- Roy, Arthur D., 1952. "Safety First and the Holding of Assets". *Econometrica* 1952 (July): 431 - 450
- Sullivan, C.A., Huntingford, C., 2009, "Water Resources, Climate Change and Human Vulnerability" 18th World IMACS/MODSIM Congress, Cairns, Australia : 13-17
- Weitzman, M.L. 2009, "On Modeling and Interpreting the Economics of Catastrophic Climate Change", *The Review of Economics and Statistics* 91(1): 1-19
- Yusuf, Arief Anshory, Herminial Francisco. 2009, "Climate Change Vulnerability Mapping for Southeast Asia" *Economy and Environment Program for Southeast Asia*, Singapore
- John M. Antle ,1987, *Econometric estimation of producers' risk attitudes*
American Journal of Agricultural Economics,

<참고 사이트>

농업경영종합정보시스템 홈페이지 <http://amis.rda.go.kr>

농촌진흥청 홈페이지 <http://www.rda.go.kr>

농림축산공무원 홈페이지 <http://www.mifaff.go.kr>

농림축산식품부 홈페이지 <http://www.mifaff.go.kr>

에너지경제연구원 홈페이지 <http://www.keei.re.kr>

위키피디아 홈페이지 <http://www.wikipedia.org>

한국농어촌공사 홈페이지 <http://www.welhon.com>