

KREI

확률적 농업정책분석 모형 개발 및 운용 2022

김태후 · 서동주 · 정대희 · 김준호 · 김재휘 · 서홍석



한국농촌경제연구원

KREI

확률적 농업정책분석 모형 개발 및 운용 2022

김태후·서동주·정대희·김준호·김재휘·서홍석



연구 담당

김태후 | 부연구위원 | 연구 총괄, 4장, 5장 집필

서동주 | 전문위원 | KREI-KASMO 확정적 모형 개선, 4장, 5장 집필

정대희 | 전문연구원 | KREI-KASMO 확률적 모형 구축, 4장 집필

김준호 | 연구원 | KREI-KASMO 확률적 모형 구축, 1장, 4장, 5장, 부록 집필

김재휘 | 연구원 | KREI-KASMO 확정적 모형 개선, 2장, 3장 집필

서홍석 | 충북대학교 교수 | KREI-KASMO 확률적 모형 구축, 1장 집필

기타연구보고 M175

확률적 농업정책분석 모형 개발 및 운용 2022

등 록 | 제6-0007호(1979. 5. 25.)

발 행 | 2022. 12.

발 행 인 | 김홍상

발 행 처 | 한국농촌경제연구원

우) 58321 전라남도 나주시 빛가람로 601

대표전화 1833-5500

인 쇄 처 | 크리커뮤니케이션

I S B N | 979-11-6149-620-7 93520

※ 이 책에 실린 내용은 한국농촌경제연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.

※ 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있습니다.

무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.

한국농촌경제연구원은 농업부문 모형 전문기관인 미국 식품농업정책연구소(FAPRI)와 2007~2008년 공동연구 프로젝트를 수행하여, 한국 농업부문 시뮬레이션 모형인 KREI-KASMO를 개발하였다. 이후 모형의 현실 설명력과 전망능력을 향상시키기 위하여 매년 자료를 갱신하는 한편, 품목 모형의 추가 구축 등 양적 확대와 농업 환경변화에 효과적으로 대응 가능한 모듈 개발 등 질적 개선을 함께 도모하여 오늘에 이르고 있다. 이 보고서는 농업부문 전망모형(KREI-KASMO) 운용·개발 연구의 2022년 판이다.

KREI-KASMO 운용의 주요 목적은 다양한 국내외 경제 여건을 고려하여 농업부문 생산액, 부가가치, 생산량, 교역수지, 농가인구 등의 농업 총량 지표와 농가소득, 농업 교역조건 등의 농가 경제지표, 그리고 농축산물의 품목별 수급 및 가격의 증장기 전망치를 도출하여 한국 농업의 미래 모습을 탐색하는 데 있다. 또한 시장개방, 거시경제지표 변동 등의 외부 충격과 새로운 국내 정책 도입의 효과를 분석하는 데 중요한 도구로 활용되고 있다. 또한 확률적 모형의 경우 주요 품목인 한육우와 낙농 등을 통계프로그램인 SAS에 구축하였으며, 여러 확률변수를 도출하여 확률적 모형을 이용한 전망의 가능성을 확인하였다. 다양한 불확실성이 존재하는 현대 사회의 농업을 연구하는 데 확률적 모형이 큰 도움이 되기를 바란다.

마지막으로 자료 협조를 해주신 농림축산식품부, 한국은행, 통계청, 농협 등의 관계자들에 감사드리며, 지속적인 관심과 조언을 부탁드립니다.

2022. 12.

한국농촌경제연구원장 **김 홍 상**

□ 연구의 필요성 및 목적

- 한국농촌경제연구원에서는 우리나라 농업부문 거시지표 중장기 전망과 정책분석 능력을 향상시키기 위해 KREI-ASMO를 전신으로 한 KREI-KASMO를 개발하였으며, 모형의 현실 반영 및 전망능력을 향상시키기 위해 매년 업데이트 및 보완 작업을 수행하고 있다.
- 데이터베이스 갱신, 품목별 수급 모형의 구조 검토 및 보완, 행태방정식 형태와 추정계수 검토 및 재추정, 농업환경 변화에 대응한 신규 모듈 개발 등을 지속적으로 수행하여 KREI-KASMO 모형의 현실 반영력과 예측력 향상 및 활용도 증대를 도모해야 한다. 또한 미래 불확실성이 높은 변수의 확률을 반영할 수 있는 확률적 모형을 구축하여 기준(베이스라인) 전망치를 확률분포로 도출하고, 이를 기반으로 한 정책 시뮬레이션 수행으로 분석 결과의 강건성과 정책적 활용 가치를 증대해야 한다.
- 이 연구의 목적은 국내외 여건 변화를 반영하기 위하여 KREI-KASMO 2021을 개선하여 KREI-KASMO 2022를 개발하고, 현실적이고 합리적인 농업부문의 중장기 전망은 물론 정책 시뮬레이션 등의 분석이 가능한 모형을 개발하기 위한 목적으로 확률적 모형의 확대 연구를 수행하였다.

□ 연구 내용 및 연구 방법

- 본 보고서는 총 5장으로 구성되어 있다. 제1장에서는 연구의 필요성과 연구 목적 및 내용을 간략히 소개하고, 선행연구를 정리하였다. 제2장은 KREI-KASMO의 기본 가정, 대상 품목, 모형 구조를 소개하고 KREI-KASMO 2022의 주요 개선 사항과 활용 실적을 정리하였다. 제3장에서는 KREI-KASMO의 이해를 돕기 위해 모형 구축의 이론적 원리와 운용방식을 요약하였다. 제4장에서는 2022년도에 수행한 연구 실적을 중심으로 그 결과를 간략하게 정리하였다. 마지막 제5장에서는 연구 결과의 요약 및 시사점과 함께 향후 추진계획을 제시하였다.
- 국내 수급 및 가격자료와 교역자료, 거시경제지표 자료를 취합하여 갱신하였다. 모형 개발자, 품목 전문가, 유통업계 관련자 등으로 구성된 자문단을 구성하고 필요시 자문회의를 수시 개최하여 KREI-KASMO 모형의 개선 방향을 설정하였다. 또한 현행 제도에 따른 낙농부문 가격 산출방식을 적용하여 우유 및 유제품 전망 방식을 고도화하였다. 이때 여러 차례 낙농진흥회 관계자와 자문회의를 통해 현행 제도를 이해하고 모형 구현 형태에 대해 자문을 받았으며, 회의 결과를 모형에 반영하였다. 한국농촌경제연구원 농업관측본부의 품목담당자와 협의하여 2023년부터 10년간 품목별 중장기 기준 전망(베이스라인)을 설정하였고, KREI-KASMO 모형의 안전성 및 신뢰도 검증을 위해 다양한 시나리오를 설정하고 시뮬레이션을 수행하였다. 마지막으로 KREI-KASMO 확정적 모형을 이용해 시뮬레이션을 진행하며 확률적 모형을 이용한 전망의 가능성을 확인하였으며, 확률적 모형의 활용 가능성을 판단하였다.

□ KREI-KASMO 2022 운용·개발 연구와 시사점

- 자료 갱신, 품목별 HSK 코드 세번의 포괄 범위 검토 및 갱신, 낙농 수급 모형 재구축, 쇠고기, 차 수입량 전망 방식 수정, 농업총량지표 및 농가경제지표 산출식 구조 변경을 수행하였다. 최근까지 공표된 수급 및 가격자료, 교역자료, 거시경제지표를 수집하고, 이를 기반으로 KREI-KASMO의 DB를 갱신하였다. 또한 aT 기준에 맞춰 HSK 코드 세번을 품목별로 구분하였으며, 일부 신선 상품만을 대체재로 취급하는 품목은 독자적인 기준으로 분류하였다. 낙농진흥회 관계자의 자문 의견을 반영하여 낙농 수급 모형을 현행화하고 음용유와 관련된 HSK 세번을 수입 품목에 추가하였다. 기타산 쇠고기 수입량 전망 구조를 수정하여 일부 수입량이 과추정되는 문제를 해결하였다. 기타 수입 품목으로 빠져 있는 홍차 세번을 차 모형에 포함하였고, 향등식 구조로 이루어진 농업총량지표 및 농가경제지표 산출식 구조를 변경하였다.
- KREI-KASMO의 현실 설명력과 전망능력을 고도화하기 위해서는 모형 구조의 검토와 개선 작업이 지속적으로 수행되어야 한다. 모형의 적합성 및 정책효과 분석능력을 제고시키기 위해 정책 시뮬레이션을 통해 모형에 도입된 정책변수, 외생적 경제변수 그리고 국제협상과 관련된 현실적인 시나리오를 설정하여 경제적 충격에 따른 모형의 반응 정도를 분석할 필요가 있다. 농가경제 관련 지표의 전망치 고도화를 위해 통계청, 한국은행, 농림축산식품부와 지속적인 협력 체계를 구축해야 한다.

□ 확률적 모형 개발 연구

- 전년도 연구에서 구축한 확률적 모형을 수정·보완하고, 미구축되어 있던 품목의 수급 모형의 행태방정식을 SAS 프로그램에 구현하였고, 거시 확률변수의 효율적인 연계를 위해 거시 관련 변수 및 총량 지표 전망치 도출에 사용되는 행태방정식 및 항등식을 구축함으로써 확률적 모형을 이용한 전망에 기틀을 마련하였다.
- KREI-KASMO 확률적 모형을 이용한 시뮬레이션을 진행하기 위해 품목을 조정하였으며, 거시와 단수 확률변수를 설정하여 시뮬레이션을 진행하였다. 두 확률변수 모두 정규 코풀러를 이용하였으며, 거시의 경우 2023년 한 개 연도에 확률변수를 적용하였고, 단수의 경우 2023~2032년 총 10개 연도에 확률변수를 적용하였다. 결과를 통해 확률밴드를 도출하였으며, 확률적 모형의 활용 가능성을 확인하였다.
- 올해 연구를 통해 확률적 모형을 실제적으로 운용하기 위한 기초적인 토대를 구축하였다. 그러나 확률적 전망치를 도출하고 정책적 분석 수요에 대응하기 위해서는 모형의 양적 확대와 질적 확대가 필요할 것으로 보이며, KREI-KASMO와의 연계 효율화 방안 및 추가적인 확률변수 설정 및 확률분포의 생성 방법론 발굴 등을 수행해야 한다. 또한 확률적 모형을 개발·운용 중인 해외기관과 네트워크를 구축하고 지속적인 교류를 통해 확률적 모형의 운용 방법론 등 유용한 자문을 받아야 한다.

□ 추진계획

- 2023년 연구에서는 2024년부터 확률적 전망치 발표와 농업정책의 영향분석에 활용 가능하도록 확률적 모형의 초기 버전(version) 개발을 완료하고자 한다. 확률적 모형의 양적 확대와 효율적인 운용을 위한 질적 개선 작업을 수행할 것이다. 또한 확률적 모형은 KREI-KASMO의 확정적 모형을 기반으로 개발·운용되기 때문에 KREI-KASMO 모형의 구조 검토와 개선 작업은 확률적 모형의 개선 연구와 함께 2023년 이후에도 지속적으로 수행되어야 한다.

제1장 서론

1. 연구의 필요성과 목적	3
2. 연구 내용과 연구 방법	6
3. 선행연구 검토	10

제2장 KREI-KASMO 운용 현황

1. KREI-KASMO 개요	17
2. KREI-KASMO 2022 확정적 모형 주요 개선사항	24
3. KREI-KASMO 2022 주요 활용	32

제3장 KREI-KASMO 이론적 원리와 운용방식

1. 수급예측 방법론	39
2. 시장청산 균형가격	41
3. 주요 행태방정식 구조 및 추정 방법	43
4. 시장개방 영향분석 방법	55
5. 연산연도/마케팅연도 적용	63

제4장 KREI-KASMO 2022 확률적 모형 개선 연구

1. 확률적 농업 전망모형의 필요성	69
2. 확률적 모형 구축 절차	71
3. KREI-KASMO 확률적(Stochastic) 모형 구축 연구	74
4. KREI-KASMO 확률적(Stochastic) 모형 활용 예	80

제5장 결론 및 추진계획

1. KREI-KASMO 2022 운용 및 개발 연구	95
2. 확률적 모형 개발 연구	97
3. 추진계획	100

부록 Stata 코드 예문	103
----------------------	-----

참고문헌	115
------------	-----

제2장

〈표 2-1〉 KREI-KASMO 2022 품목범위: 농식품부 생산액 기준	20
〈표 2-2〉 KREI-KASMO 2022 품목범위: 모형 내 실품목 기준	21
〈표 2-3〉 KREI-KASMO에서 활용하는 품목별 HSK 코드 수정 내역	26
〈표 2-4〉 유성분 함량별 가격	30
〈표 2-5〉 위생등급별 가격	31

제3장

〈표 3-1〉 수입산 제품에 따른 모형구조비교	54
---------------------------------	----

제4장

〈표 4-1〉 KREI-KASMO 2022 확률적 모형의 구축 현황	75
〈표 4-2〉 KREI-KASMO 2022 확률적 모형 시뮬레이션 진행 품목	76

제2장

〈그림 2-1〉 KREI-KASMO 2022 모형의 구조	24
---------------------------------------	----

제3장

〈그림 3-1〉 KREI-KASMO 모형의 균형가격도출	42
〈그림 3-2〉 국내 수입수요에 따른 TRQ 영향	56
〈그림 3-3〉 관세인하 및 TRQ 증량에 따른 FTA 영향평가 분석 방법	59
〈그림 3-4〉 정태분석 및 동태분석의 분석방법론 비교	61

제4장

〈그림 4-1〉 KREI-KASMO 확률적 모형 구축 절차	74
〈그림 4-2〉 KREI-KASMO 2022 확률적 모형 거시 확률변수 산점도행렬	77
〈그림 4-3〉 KREI-KASMO 2022 확률적 모형 단수 확률변수 산점도행렬 (양념채소)	79
〈그림 4-4〉 쌀 비용 확률밴드(거시 확률변수)	81
〈그림 4-5〉 쌀 농가 판매가격 확률밴드(거시 확률변수)	82
〈그림 4-6〉 쌀 부가가치 확률밴드(거시 확률변수)	83
〈그림 4-7〉 쌀 재배면적 확률밴드(거시 확률변수)	84
〈그림 4-8〉 쌀 생산량 확률밴드(거시 확률변수)	85
〈그림 4-9〉 유가에 따른 품목별 부가가치 변화율 히트맵	86
〈그림 4-10〉 유가에 따른 재배업 경상비 변화율	88
〈그림 4-11〉 쌀 생산량 확률밴드(단수 확률변수)	89
〈그림 4-12〉 쌀 농가 판매가격 확률밴드(단수 확률변수)	90

〈그림 4-13〉 쌀 부가가치 확률밴드(단수 확률변수)	91
〈그림 4-13〉 모형 기준 결과 & 교역 제한 결과 비교	92

제1장

서론



1

서론¹⁾

1. 연구의 필요성과 목적

1.1. 연구의 필요성

○ 1995년 한국농촌경제연구원(Korea Rural Economic Institute: KREI)은 국내 농축산물의 품목별 수급과 농업부문 거시지표의 중장기 전망을 목적으로 KREI-ASMO(KREI-Agricultural Simulation Model) 모형을 개발하였다.

- TSP(Time Series Processing) 통계프로그램을 기반으로 구축·운영되었던 KREI-ASMO 모형은 쌀 중심의 22개 품목으로 구성되었으며 여타 품목은 품목군으로 그룹화되어 있어 대상 품목 이외의 관심도 높은 품목의 중장기 전망치를 도출할 수 없다는 한계가 있었다.

¹⁾ KREI-KASMO 2022 모형의 필요성 및 연구방법은 기구축·운영 중인 KREI-KASMO 모형과 동일하기 때문에 이전 보고서 내용과 유사함.

- 또한 농가의 재배의향과 품목 선택에 영향을 미치는 품목별 경영비의 개념이 부재하였으며, 축산물 수급 모형에서는 생물학적 특성을 고려하지 못한 단순한 함수식으로 구성되어 있다는 한계가 있었다.

○ 국내외 농업환경 여건이 빠르게 변하고 기존 모형의 한계를 극복하고자 2007년부터 2년간 모형전문기관인 미국 식품농업정책연구소(Food and Agriculture Policy Research Institute: FAPRI)와 공동연구를 추진하여 KREI-KASMO (KREI-Korea Agricultural Simulation Model)가 개발되었으며, 이후 매년 수정·보완되고 있다.

○ KREI-KASMO 모형은 매년 초 한국농촌경제연구원이 개최하는 ‘농업전망대회’의 농축산물 품목별 수급 및 가격 전망자료와 농업부문 총량 및 농가경제 지표 전망자료 산출에 활용되고 있다. 또한 다양한 정책 시뮬레이션을 통한 정부의 농정방향 설정의 가이드라인을 제시하는 데 이용된다.

○ KREI-KASMO와 같은 계량경제학적 모형(econometric model)은 현실을 반영하며 예측력을 높일 수 있도록 지속적으로 보완 및 개선이 이루어져야 한다. 특히, 자료 갱신은 물론 모형 내 모듈 개선 작업은 주기적으로 수행되어야 한다.

- 새로운 대내외 정책변수를 반영하는 모듈을 개발 및 추가하고, 자료 수집이 가능한 신규 품목의 수급 모형을 구축하여 KREI-KASMO 모형의 예측력 향상 및 활용도 증대를 도모해야 한다.

○ 미래 불확실성이 높은 변수의 확률을 반영할 수 있는 확률적 모형을 구축하여 기준(베이스라인) 전망치를 확률분포로 도출하고, 이를 기반으로 한 정책 시뮬레이션 수행으로 분석 결과의 강건성(robustness)과 정책적 활용 가치를 증대해야 한다.

- 시장 리스크와 불확실성을 반영할 수 있는 확률적 모형은 구간(range) 전망치 및 전망치의 확률분포를 도출할 수 있으며, 정책 시뮬레이션을 통한 정부의 농정방향 설정의 가이드라인을 제시하는 데 유용하게 활용될 수 있다.

1.2. 연구 목적

○ 본 연구의 목적은 국내외 여건 변화를 반영하기 위하여 KREI-KASMO 2021을 개선하여 KREI-KASMO 2022를 개발하고, 현실적이고 합리적인 농업부문의 중장기 전망은 물론 정책 시뮬레이션 등의 분석이 가능한 모형을 개발하기 위한 목적으로 확률적 모형의 확대 연구를 수행하였다.

- 2021년까지의 농축산물 수급 및 거시경제지표 관련 통계자료를 갱신·검토하고, 곡물·과일·과채부문에 주안점을 두어 수급 모형의 구조와 행태방정식의 형태 및 추정계수를 검토·재추정하여 모형의 현실 설명력과 예측력을 향상시키고자 하였다.
- 2021년 곡물 시장 중심의 확률적 농업정책분석 모형 개발 및 운영(서홍석 외, 2021)을 통해 얻은 시사점을 바탕으로 육류, 채소, 과일의 주요 품목을 중심으로 KREI-KASMO 모형을 SAS 프로그램으로 구현함으로써 확률적 모형 운용을 위한 기반을 마련하였다.

2. 연구 내용과 연구 방법

2.1. 연구 내용

- 제2장에서는 KREI-KASMO 모형의 운용 현황을 정리하였다.
 - 기본 가정, 대상 품목, 전체적인 모형 구조와 품목별 수급 구조를 포함한 KREI-KASMO의 개요를 설명하였다.
 - KREI-KASMO 2022의 주요 개선사항과 활용 실적을 정리하였다.
- 제3장에서는 KREI-KASMO 모형의 이론적 원리와 운용방식을 설명하였다.
 - 이론적인 수급예측 방법론을 정리하고 시장청산 균형가격이 도출되는 방식인 동시적 수급균형 구조를 설명하였다.
 - 수급 모형을 구성하는 개별 행태방정식의 이론적 원리와 구조를 정리하고, 연산연도 기준의 모형 설정 및 사후영향평가 방법론을 설명하였다.
- 제4장에서는 올해 연구의 실적을 중심으로 그 결과를 간략하게 정리하였다.
 - 주요 농축산물을 중심으로 KREI-KASMO 수급 구조를 SAS 프로그램에 구현한 성과를 정리하였다.
 - 곡물 및 과일·과채 품목의 수급 구조를 검토하고 갱신한 내용을 정리하였다.
 - 또한 수입 과일의 시장개방 시 국내 파급영향의 크기를 결정하는 주요 행태방정식인 수요 함수의 구조를 재설정한 내용을 정리하였다.
- 제5장에서는 올해 연구의 주요 결과에 대한 요약과 시사점을 제시하고 향후 추진계획을 간략하게 정리하였다.

2.2. 연구 방법

○ (자료 수집 및 갱신) 국내 수급 및 가격자료와 교역자료, 거시경제지표 자료를 취합하여 갱신하였다.

- 농가인구전망(Korea Agricultural Population: KAP) 모형의 기본적인 시간 프레임은 농림어업총조사의 공표시기와 동일하며, 2020년 공표치로 갱신함으로써 농가인구의 전망 예측력을 높이고자 하였다.
- 과일·과채 품목은 국산과 수입 과일 간 실질적인 소비 대체성을 반영하기 위해 서울 가락동 도매시장의 월별 출하량 자료를 DB로 구축하였다.

○ (자문단회의) 모형 개발자, 품목 전문가, 유통업계 관련자 등으로 구성된 자문단을 구성하고 필요시 자문회의를 수시로 개최하여 KREI-KASMO 모형의 개선 방향을 설정하였다.

- (모형 개발자) KREI-KASMO 모형의 품목별 수급 구조 검토, 통합 탄성치로부터 세부 탄성치의 도출 방안 발굴 등에 대해 모형 개발자의 자문의견을 청취, 반영하였다.
- (품목 전문가) 품목 단위로 생산대체 가능한 품목군을 식별하고 중장기 수급의 기준 전망(베이스라인)을 설정하기 위해 한국농촌경제연구원 농업관측센터의 품목 담당자와 자문회의를 수시 개최하였다.
- (유통업계) 수입 농산물과 국산 농산물의 소비 대체성, 주요 원산지 농산물 간 수입 대체성, 관세인하 등 시장개방에 따른 국내 파급영향 예상 등에 대한 자문의견을 청취하고 모형을 수정·보완하는 데 반영하였다.

○ (탄성치 검토 및 재추정) 행태방정식의 오차율을 최근 5개년 기준으로 검토한 후, 오차율이 큰 함수는 계량경제학적 방법으로 추정하였다.

○ (세부 탄성치 도출 및 조정) 국산 농산물 수요의 수입 농산물 통합 대체 탄성치로부터 세부 탄성치를 도출하는 방법론을 개발하여 파급영향의 신뢰도 개선을 모색하였다.

- 시장개방에 따른 파급영향 결과의 신뢰도를 높이려면 수입 농산물의 관세인하가 국내 농산물 수요에 미치는 대체 탄성치의 크기가 중요하다. 세부 수입 품목의 수입량 기준으로 통합 변수가 산출되기 때문에 세부 탄성치는 이들의 비중(가중치)으로 도출되며 세부 수입 품목의 파급영향도 비중에 의해 좌우된다.
- 그러나 단순한 물량 기준이 아니라 세부 품목 또는 세부 국가의 특성을 반영하여 가중치를 조정(calibration)할 수 있는 방법론을 개발할 필요가 있다.
- 수입 과일과 국산 과일·과채 품목 간 세부 가중치를 도출하는 방법론을 고안하였다.

○ (설문조사) 국산 및 수입 과일의 유통단계별 종사자를 대상으로 한 설문조사를 수행하고, 그 결과를 세부 가중치 도출을 위한 기초자료로 활용하였다.

- 조사기간은 2021년 10월 13일~11월 10일이며, 국산 및 수입 과일의 산지(40명), 도매(30명), 소매(30명) 단계별 유통 관련 종사자 100명을 대상으로 조사하였다.
- 조사내용은 국산 과일·과채류의 품목 간 수요 대체성, 수입 과일의 품목 간 수요 대체성, 국산 과일·과채 품목과 수입 과일 품목 간 수요 대체성, 수입 과일의 원산지별 선호도 및 향후 전망으로 구성하였다.
- 조사방법은 온라인 웹사이트상에서 구조화된 질문지를 이용하였고, 표본은 농협경제지주에 의뢰하여 유통단계별 종사자 명단을 확보하였다.

○ (베이스라인 설정) 한국농촌경제연구원 농업관측본부의 품목 담당자와 협의하여 2022년부터 10년간 품목별 중장기 기준 전망(베이스라인)을 설정하였다.

- FTA 체결 등 시장개방의 파급영향 분석, 농업정책 시뮬레이션 분석을 위해서는 장기간의 분석 결과가 도출되어야 하기에 10년간 베이스라인을 설정한 후, 2045년까지 연장하여 베이스라인을 설정하였다.

○ (시뮬레이션 수행) KREI-KASMO 모형의 안전성 및 신뢰도 검증을 위해 다양한 시나리오를 설정하고 시뮬레이션을 수행하였다.

- 시뮬레이션 분석 결과를 살펴보고, 통합 탄성치 또는 세부 탄성치의 조정이나 모형 구조의 변경 필요성을 검토하였다.

○ (확률적 모형 구현) KREI-KASMO 확정적 모형을 SAS 프로그램에 구현함으로써 확률적 모형 운영의 기반을 마련하였다.

- 작년 연구에서 구현한 곡물부문 모형을 개선하고, 채소·과일·축산부문의 주요 농축산물 28개를 대상으로 KREI-KASMO 내 수급 모형을 SAS 프로그램으로 신규 구현하였다. 미국 미주리주립대학 식품농업정책연구소(FAPRI)와 공동연구를 통해 축산부문의 확률적 모형 구현을 수행하였다.
- 또한 거시경제변수 전망치 도출을 위한 행태방정식과 농업생산액, 농업부가가치 등 총량 지표 전망치 도출을 위한 항등식을 SAS 프로그램으로 구현하였다.
- 또한 확률적 모형은 KREI-KASMO 모형에서 설정된 변수를 이용하는데, 두 모형 간의 연계를 강화하고 확률적 모형 구현 및 운용의 효율성을 개선하기 위해서 변수명을 재설정하였다.

3. 선행연구 검토

- 조재환 외(1994, 1995)는 KREI-KASMO 모형의 전신인 농업부문 균형모형을 개발하였다. 당시 개발된 KREI-ASMO는 총 22개 품목의 수급 및 가격, 그리고 총량지표(농업총생산액, 농업부가가치, 농업총소득 등)를 전망하였으며, TSP 통계프로그램을 이용하여 연산하였다.
- 김경덕 외(1999)는 기존 모형의 기본골격을 유지하면서 대폭 개선하였다. 대상 품목을 재구분하고, 2단계 경지배분모형을 추가하였으며 기존의 외생변수 일부를 내생화하였다. 통계프로그램도 TSP에서 AREMOS로 변경하여 추정과 시뮬레이션을 동시화하였다.
- 김배성 외(2003)는 모형운용 프로그램을 AREMOS에서 Eviews로 변경하였으며 가격지수의 기준 연도를 2000년으로 변경하였다. 그리고 총량 부분을 보강하는 등 제공하는 정보의 폭을 확대하였다. 또한, 단수 함수에 기후조건을 고려하여 배추, 무 등 단수 함수 추정 및 적합도 향상에 기여하였고, 두류, 고추, 마늘, 양파 등 수급 실측치 오류를 보완하였다.
- 김명환 외(2006)는 경지배분 몫(acreage allocation share)을 종속변수로 하는 재배면적방정식의 구조를 실제 재배면적이 종속변수가 되는 구조로 전환하였다. 그리고 수입비중이 큰 일부 품목에 대한 수입수요 함수를 도입하여 주도가격구조를 균형가격구조로 전환하였다.
- 김명환 외(2007a, 2007b, 2008)는 KREI-ASMO를 대폭 개편하였다. 1차년도에는 기존 KREI-ASMO의 18개 품목군의 수급방정식을 세분화하였으며, 이들에 대한 재배면적반응함수, 단수 함수, 수요 함수, 수입수요 함수 등을 재

추정하였다. 2차년도에는 한국농촌경제연구원과 미국 미주리주립대학 식품 농업정책연구소(FAPRI) 간 연구용역을 통해 두 연구진 각각의 방정식 및 계수추정결과와 과거 추정결과의 통계적 유의성, 전망능력 등을 비교하여 취사선택 혹은 재추정하고, 품목전문가 자문, 부문별 하부모형 구축, 전체모형 구축, 중장기 전망치 검토, 외부충격 테스트 등이 이루어졌다.²⁾ 개편된 모형의 이름을 KREI-KASMO로 명명하였다.

- 한석호 외(2010)는 조사료 모듈과 오리 수급방정식을 추가하고, 농촌농가인 구모형인 KAP(Korea Agricultural Population Model)를 KREI-KASMO 모형과 연계시켜 전망능력을 향상시켰으며, 데이터베이스 갱신 및 모형 내 개별형태 방정식과 품목 모듈 및 총량 모듈을 재조정함으로써 모형의 설명력을 향상시키고자 하였다.
- 한석호 외(2011)는 생강, 시금치, 상추, 약용작물, 벌꿀 수급방정식을 추가하였다.
- 김명환 외(2012)는 23개 품목³⁾을 대상으로 한 발농업직불제를 반영하기 위해 발농업직불제 모듈을 추가하였다.
- 김명환 외(2013)는 국제협력, 통상 등 FTA 시나리오 연구 시 보다 쉽게 파급효과 분석을 할 수 있도록 FTA 모듈을 따로 구성하였다.
- 박지연, 김태우(2014)는 쌀 수급 모형에서 쌀 관세화 전환에 따라 향후 관세, 수입단가, 관세할당물량(Tariff Rate Quota: TRQ) 등에 관한 시나리오 분석 등을 위한 모듈을 수정하였다.

²⁾ Brown et al. (2008). Korea Agricultural Simulation Model and Livestock Quarterly Model. M91, FAPRI, KREI.

³⁾ 겉보리, 쌀보리, 맥주보리, 밀, 호밀, 마늘, 조사료, 조, 수수, 옥수수, 메밀, 기타 잡곡, 콩, 팥, 녹두, 기타 두류, 유채, 귀리, 자운영, 알파파, 땅콩, 참깨, 고추.

- 한석호 외(2015)는 모형 반영률을 개선하기 위해 9개(녹두, 팥, 연초, 양잠, 키워, 파프리카, 자두, 매실, 혼합조미료 및 기타소스)의 품목 수급 모형을 신규 개발하였으며, 농산물 시장개방이 우리나라 농업 분야에 미치는 영향분석을 위해 FTA 대상 국가의 주요 수출입 품목에 대한 세분화 및 수출입 함수의 신규 구축 및 추정을 실시하였다. 또한, 기체결 FTA 이행에 따른 우리나라 농업부문의 사후영향평가를 위해 동태적 사후 경제적 영향평가 시뮬레이션 모듈을 개발하였다.
- 서홍석, 김충현(2016)은 모형의 현실 설명력을 높이기 위하여 2015년까지의 거시경제지표 함수를 재추정하였으며, 품목의 현실 반영률을 높이기 위해 곡물류(쌀, 콩, 옥수수, 밀, 보리, 녹두, 팥, 고구마) 모형을 구축하였고, 농업경기면적, 부가가치 산출 모듈 등 일부 총량 모듈을 개선하였다.
- 서홍석 외(2017)는 모형 내 기타품목의 정확도를 제고하기 위하여 일부 품목의 행태방정식을 재추정하였다. 또한, 모형에 도입된 정책변수, 외생적 경제변수, 품목별 수요·공급 관련 충격(shock) 등 가상적 시나리오를 설정하고 시뮬레이션을 수행함으로써 (시장) 충격에 따른 모형의 반응 정도 및 방향성 등을 지속적으로 검토하여 모형 예측정확도를 제고하였다.
- 서홍석 외(2018)는 소비자물가지수, 생산자물가지수, 농가구입가격지수 등 일부 지표의 개편에 따라 기준 연도를 2010년에서 2015년으로 업데이트한 후 관련 행태방정식을 재추정하였고, 경영비 구성 항목별 가중치를 최근 3개년 기준으로 갱신하였다. 또한, 농업관측본부 내 품목담당자와 정기적인 협의회를 실시하여 관측품목의 수급 및 가격자료를 점검하였다.
- 서홍석 외(2019)는 첫째, 확률적 기법을 활용한 농업전망모형 개발의 필요성에 대한 기초 연구를 수행하였다. 둘째, KREI-KASMO 모형 내 수출입 자료와 aT

의 농식품 수출입 실적 자료를 비교·검토한 후 매칭 작업을 수행하여 모형의 반영률을 개선하였다. 셋째, 시장개방 영향분석 고도화의 일환으로 기존 모형보다 수입 과일을 세분화하여 과일·과채류 수요 함수를 전면적으로 개편하였으며, 마지막으로 미나리와 부추의 수급 모형을 신규 개발하여 모형의 양적 확대를 추진하였다.

- 서흥석 외(2020b)는 첫째, 곡물부문 확률적 모형을 개발하고, 불확실성을 반영한 중장기 전망치의 도출과 농업정책 시뮬레이션 분석의 가능성을 확인하였다. 둘째, 육류 수급 모형의 구조를 개선하고, 공급 부문 행태방정식을 재추정하였다. 셋째, 코로나19의 글로벌 확산, 일본의 국산 파프리카 수출 규제 등 외부 충격에 따른 농업부문 경제적 파급효과를 계측하는 데 활용하였다.
- 서흥석 외(2021)는 2020년 공표된 농림어업총조사 결과를 반영하여 성별·연령별 농가인구 자료를 구축하고, 과일·과채의 생산 대체 품목군을 재설정하여 공급 부문 행태방정식을 재추정하였다. 세번별로 세분화된 곡류부문, 육류부문, 과일·과채부문에 대한 수급 구조를 검토하고, 농업부문 시장개방 시 국내 파급영향을 결정하는 주요 수요 함수의 구조를 재설정하였다.

제2장

KREI-KASMO 운용 현황



2

KREI-KASMO 운용 현황

1. KREI-KASMO 개요⁴⁾

1.1. 기본 가정

- KREI-KASMO는 한국의 농업부문에 국한하여 구축된 부분균형모형으로 세계 농업시장과 여타 산업시장의 전망치를 외생변수로 취급한다.
- 주요 거시경제지표는 한국은행, 통계청, 경제개발협력기구(OECD), Global Insight Inc. 등 국내외 전망기관이 최근 발표한 전망치를 KREI-KASMO에 반영하였다.
 - 인구 전망치는 통계청의 '장래인구 추계결과'(2022. 12. 9.)를 이용하였다.

⁴⁾ KREI-KASMO 2022 모형의 근간을 이루는 기본 가정, 대상 품목, 전반적인 구조는 기구축·운용 중인 KREI-KASMO 모형과 동일하기 때문에 이전 보고서 내용과 유사함.

- 실질 GDP 성장률, 소비자 물가(CPI), GDP 디플레이터의 2022년과 2023년 전망치는 한국은행 ‘경제전망보고서(22년 11월)’를 이용하였다. 중장기 전망치는 Global Insight Inc.의 최근 공표치를 준용하여 각각 연평균 1.9%, 1.9%, 2.1% 증가하는 것으로 가정하였다.
 - 원/달러 환율 전망치는 Global Insight Inc.(22년 11월)의 최근 수치를 준용하여 2023년 1,353원/달러, 2027년 1,206원/달러, 2032년 1,195원/달러로 가정하였다. 국제유가는 미국 EIA(Energy Information Administration)의 ‘Energy Outlook 2023’ 자료를 준용하여 WTI 기준 2023년 89.3달러/배럴에서 2032년 112.4달러/배럴로 연평균 2.6% 상승하는 것으로 가정하였다.
- 우리나라 농업부문과 농가경제에 영향을 미치는 농업정책을 반영하기 위하여 송아지 생산가격안정제와 원유기본가격 연동제, 그리고 2020년부터 시행된 공익직불제를 모듈화하여 모형에 반영하였다.
- 쌀 소득보전직불제와 받고정직불제를 통합하고 재배작물의 종류 및 가격에 관계없이 지급하는 공익직불제를 반영하였다. 2020년 공익직불금 지급 규모인 2조 3,564억 원을 2020년 농업보조금 산출에 반영하였고, 2021년부터는 전체 지급 규모를 2020년과 동일할 것으로 가정한 후 농가호수로 나누어 산출된 호당 지급금액을 농업보조금 전망치에 적용하였다.
- 한우에 대해서는 2007년부터 시행된 송아지 생산가격안정제를 반영하였다. 암소 송아지 산지가격이 두당 경영비로부터 추정된 경영안정기준가격의 75.5%보다 낮으면 보상금으로 두당 30만 원까지 지원해주는 현 제도가 지속되는 것으로 가정하였다. 또한, 송아지 산지가격이 경영안정기준가격보다 낮으면 경영안정기준가격과 번식기반유지가격 간 차이의 85%까지 보상해주는 현행 수입보장보험제도가 지속되는 것으로 가정하였다.

- 낙농부문에 대해서는 현재 시행되고 있는 원유기본가격 연동제가 앞으로 지속될 것으로 가정하였다. 농가당 평균 원유수취가격은 원유 기본가격과 인센티브의 합으로 결정되며, 미래의 인센티브는 직전 연도의 값이 유지될 것으로 가정하였다. 또한 원유 기본가격은 1리터당 원유 생산비 증감률만큼 변화하는 것으로 가정하였다.
- 농산물 시장개방과 관련하여 한·칠레 FTA, 한·싱가포르 FTA, 한·아세안 FTA, 한·인도 CEPA, 한·EU FTA, 한·페루 FTA, 한·미 FTA, 한·터키 FTA, 한·호주 FTA, 한·캐나다 FTA, 한·중 FTA, 한·뉴질랜드 FTA, 한·베트남 FTA, 한·콜롬비아 FTA, 한·중미 FTA, 한·EFTA FTA의 기발효된 FTA를 상품양허(관세율 및 TRQ)에 집중하여 반영하였다.
- 쌀은 2015년부터 관세화로 전환되었지만 의무수입량을 초과한 수입은 없을 것으로 예상되어 쌀 관세화 영향은 없는 것으로 가정하였고, 현재 적용되고 있는 동식물검역조치(SPS)는 예측 불가능한 불확실성으로 인해 현재 상황이 지속되는 것으로 가정하였다.
- 국제 육류시장에서 점유율이 높아질 것으로 전망되는 대체육은 전통육에 비해 환경 오염물질 발생이 적고, 사료전환효율이 높아 곡물 사용이 현저히 적다는 이점을 가지고 있으며, 가축 전염병 위험 감소 등으로 먹거리 시장에서의 성장 가능성이 크다. 하지만 우리나라 국민의 대체육에 대한 선호도와 유전공학기술 발전 속도를 고려할 때, 불확실성이 커 KREI-KASMO 2022에서는 고려하지 않았다.

1.2. 대상 품목

○ KREI-KASMO 2022는 농식품부 생산액 기준으로 재배업 64개, 축산업 9개 등 총 73개 품목을 포함하고 있으며, 모형의 실 품목 기준으로는 총 123개 품목을 포함하였다. 대상 품목 중 감자는 봄, 고랭지, 가을로, 배추와 무는 봄, 고랭지, 가을, 시설로 구분하였고, 파는 대파, 쪽파로 나누었으며, 낙농품은 음용유, 치즈, 버터, 발효유, 연유, 분유(조제, 전지, 탈지)의 6개로 세분하였다. 또한, 국내 생산은 없으나 국내 소비에 영향을 주는 열대과일과 오렌지를 포함하였다.

○ 농식품부 ‘농림축산식품 주요통계 2022’의 2021년 생산액 기준으로 재배업의 98.6%, 축산업의 98.8% 등 전체 농업의 98.7%를 포함하였다.

- 나머지 1.3%는 품목군으로 포함되며, 가공·반가공 농산물의 수입량 영향 평가 모듈을 포함하였다.
- 품목군으로는 재배업 9품목(메밀, 쑥갓, 우엉, 토란, 연근, 뽕은감, 유자, 무화과, 블루베리)과 양채류, 축산 6품목(산양, 사슴, 토끼, 오리알, 메추리알, 녹용)을 포함한다.

〈표 2-1〉 KREI-KASMO 2022 품목범위: 농식품부 생산액 기준

구분	품목수	품목
곡물	11	미곡, 보리(겉보리, 쌀보리, 맥주보리), 밀, 옥수수, 콩, 팥, 녹두, 감자, 고구마
채소	24	배추, 양배추, 시금치, 상추, 미나리, 부추, 무, 당근, 고추, 마늘, 양파, 파(대파, 쪽파), 생강, 수박, 참외, 오이, 호박, 토마토, 딸기, 풋고추, 가지, 멜론, 파프리카
과실	9	사과, 배, 복숭아, 포도, 감귤, 단감, 자두, 매실, 참다래
특용	4	참깨, 들깨, 땅콩, 차
약용	1	품목군 19개
화훼	7	절화, 분화, 기타(화목류, 관상수, 종자류, 초화류, 구근류)
버섯	5	양송이, 느타리, 영지, 팽이, 새송이
전매	2	연초, 인삼
벚짚	1	벚짚
축산	9	한·육우, 젓소, 돼지, 닭, 오리, 계란, 우유, 벌꿀, 양잠
계	73	

자료: 저자 작성.

〈표 2-2〉 KREI-KASMO 2022 품목범위: 모형 내 실품목 기준

구분	품목수	품목
곡물	13	미곡, 보리(겉보리, 쌀보리, 맥주보리), 밀, 옥수수, 콩, 팥, 녹두, 감자(봄, 고랭지, 가을), 고구마
채소	35	마늘, 양배추, 양파, 시금치, 상추, 미나리, 부추, 당근, 대파, 쪽파, 생강, 배추(봄, 고랭지, 가을, 시설), 김치(봄, 고랭지, 가을, 시설), 무(봄, 고랭지, 가을, 시설), 고추, 수박, 참외, 오이, 호박, 토마토, 딸기, 멜론, 가지, 파프리카, 풋고추
과실	15	사과, 배, 복숭아, 포도, 감귤, 단감, 자두, 매실, 참다래, 오렌지(HS 0805), 열대과일(HS 0801, 0803, 0804), 기타과실(냉동, 건조)
특용	7	참깨, 들깨, 땅콩(낙화생, 피넛버터), 차(마태, 녹차, 홍차)
약용	1	품목군 19개
화훼	7	절화, 분화, 기타(화목류, 관상수, 종자류, 초화류, 구근류)
버섯	5	양송이, 느타리, 영지, 팽이, 새송이
전매	4	연초(잎담배, 기타담배), 인삼(홍삼, 백삼)
벼짚	1	벼짚
축산	16	한육우, 젖소, 돼지, 닭, 오리, 계란, 우유(음용유, 조제분유, 전지분유, 탈지분유, 버터, 연유, 치즈, 발효유), 벌꿀, 양잠
가공	13	혼합조미료, 기타소스, 기타제조농산물, 과자, 주류, 면류, 커피, 당류, 소스, 음료, 박류, 식물성유지, 기타가공
그 외 기타	6	과실가공품, 기타 채소 신선, 채소가공품, 기타 곡물 신선, 기타 과실 신선, 기타 농축산물
계	123	

자료: 저자 작성.

1.3. 모형 구조⁵⁾

○ KREI-KASMO는 한국 농업부문에 국한된 동태(dynamic) 부분균형(partial equilibrium)모형으로 국제시장 및 비농업부문은 모형에서 외부 요인으로 취급하였다. 품목 상호 간에 생산, 소비대체 관계가 있는 품목은 서로 연결되어 있는 계량경제학적 연립방정식체계(simultaneous equation system)⁶⁾

⁵⁾ KREI-KASMO의 구조를 요약 정리한 것으로 서홍석 외(2020a) 내용 일부를 수정, 작성함.

⁶⁾ 축차모형(recursive model)은 공급량이 결정되면 수급 항등식에 의해 수요량이 결정되며 수요량의 함수 즉 가격신축성함수를 이용하여 균형가격을 도출하는 단방향(one-way) 방식임. 이에 반해 동시 모형(simultaneous model)은 수요와 공급이 동시에 양방향(two-way)으로 영향을 주어 균형가격

로 구성되어 있다.

○ KREI-KASMO는 일반경제 거시변수 전망부문, 농업 생산요소 전망부문, 재배업 전망부문, 축산업 전망부문, 농업총량 전망부문의 크게 5개 부문으로 구성되어 있으며, 각 부문은 상호 연계되어 있다.

○ 농식품부 ‘농림축산식품 주요통계 2022’의 2021년 생산액 기준으로 재배업의 98.6%, 축산업의 98.8% 등 전체 농업의 98.7%를 포함하였다.

- 나머지 1.3%는 품목군으로 포함되며, 가공·반가공 농산물의 수입량 영향 평가 모듈을 포함하였다.
- 품목군으로는 재배업 9품목(메밀, 쑥갓, 우엉, 토란, 연근, 뽕은감, 유자, 무화과, 블루베리)과 양채류, 축산 6품목(산양, 사슴, 토끼, 오리알, 메추리알, 녹용)을 포함한다.

○ 농업 생산요소 전망부문은 농기구가격, 사료비, 영농광열비, 종자·종묘비, 비료비, 농약비, 제재료비, 농업노임, 임차료 등 영농활동에 필요한 항목들의 가격지수를 전망하도록 구성되어 있다. 이 중 농기구, 사료비, 영농광열비, 종자비, 비료비, 농약비, 제재료비 전망치는 일반경제 거시변수의 전망치를 이용하여 추정된다. 농업노임과 농지임차료 전망치는 거시변수 부문과 함께 재배업부문 전망치와 연계되어 추정되도록 구성되어 있다.

을 도출하는 방식임. 통계학적으로 추정된 촉차모형의 가격신축성함수(역수요 함수) 파라미터는 편의(bias)가 발생함. Thurman(1986)은 미국 연간 데이터를 이용하여 수요 함수 추정 시 독립변수가 가격 또는 소비량 중 어느 것이 올바른 추정인지 Wu-Hausman 테스트를 통해서 추정된 파라미터에 대한 내생성(endogeneity) 문제를 실험하였음. 실험 결과 독립변수가 소비량일 경우 가격일 경우보다 추정된 파라미터값이 더욱 일치성(consistent)이 높았고, 점근적으로 효율성(asymptotically efficient)이 높게 나타남.

○ 재배업 전망부문은 곡물, 채소, 과채, 과일, 특용작물로 분류되고, 각 품목은 재배면적 반응함수, 단수 함수, 수요 함수, 수입 수요 함수, 수출 함수, 수급균형 항등식 등으로 구성되어 품목별 수급 전망 및 균형가격이 도출되도록 구성되어 있다. 재배업 부문은 크게 하계 재배 작목, 과수 작목, 동계 재배 작목으로 구분되는데, 하계 재배 작목과 동계 재배 작목은 생산자의 재배 작목 선택의 상충(Trade-off) 관계를 고려하여 연립방정식 체계로 구성되어 있다.

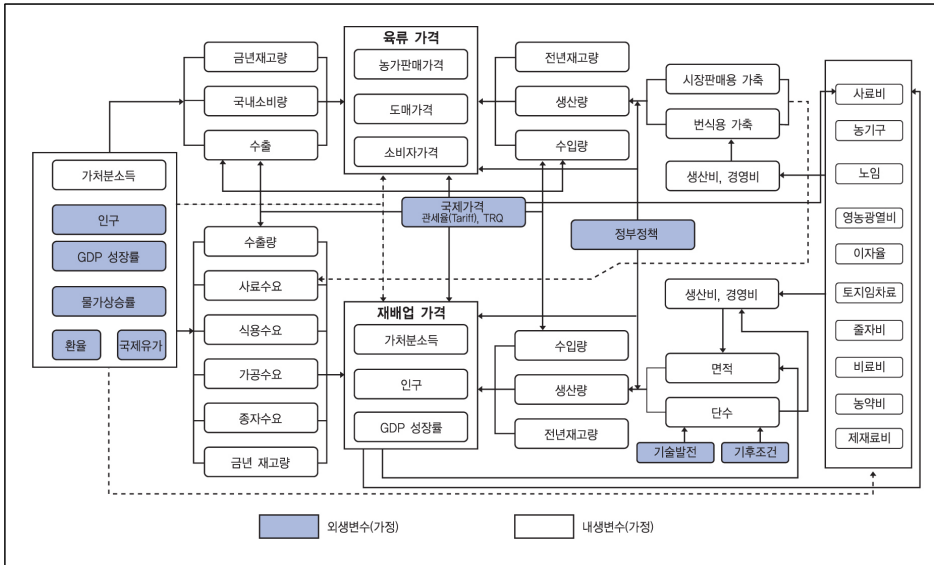
- 과수 작목은 국내에서 생산하는 사과, 배, 복숭아, 포도, 감귤, 단감, 자두, 매실, 참다래와 국내 과수 산업에 영향을 미치는 수입 과일(오렌지, 열대와 열)로 구성되어 있다. 각 작목은 개별 특성을 반영하도록 모형 구조가 설계되어 있고, 수요와 공급에서 서로 대체 가능한 작목 간에는 대체 관계가 반영되도록 구성되어 있다.

○ 축산부문은 한육우, 젓소, 낙농, 돼지, 육계, 산란계, 오리, 벌꿀, 양잠으로 구성되어 있으며, 낙농은 음용유, 치즈, 버터, 분유(조제, 전지, 탈지), 발효유, 연유로 세분류되어 있다.

- 사육마릿수 등 공급 함수는 연령별 생존율 등을 적용한 생물학적 모형으로 설계되어 있으며, 수요 및 수입수요 함수 등의 수요부문 함수는 계량경제모형으로 추정되어 축종별 수급전망 및 균형가격을 도출하도록 구성되어 있다.

○ 농업총량 전망부문은 농업 생산요소 전망치와 품목별·축종별 생산량과 가격 전망치를 이용하여 농업생산액, 농업부가가치, 농가판매가격지수 등의 총량 지표가 계산되도록 구성되어 있다. 경지면적, 재배면적, 경지이용면적, 경지이용률 등 재배업 부문 생산기반 전망과 무역수지(수입, 수출), 자급률 등은 세부 품목으로부터 도출된 전망치를 합산하여 산출되도록 구성되어 있다. 또한, 호당 농업소득, 농외소득, 이전소득 등 농가경제 지표의 전망치가 산출된다.

〈그림 2-1〉 KREI-KASMO 2022 모형의 구조



자료: 한석호 외(2011, p.12).

2. KREI-KASMO 2022 확정적 모형 주요 개선사항

2.1. 자료 갱신⁷⁾

○ 2021년 거시경제지표, 농업총량지표, 농가경제지표, 농업요소가격, 경지면적, 품목별 재배면적, 단수, 생산량, 소비량, 농가판매가격, 도매가격, 소비자 가격 등 실측치를 데이터베이스에 갱신하였다. 또한, 2022년 거시변수는 2022년 3분기까지 발표된 실측치를 이용하여 추정하였으며, 2022년 수출입량과 수출입단가는 2022년 11월까지 수집된 자료를 기반으로 하여 추정한 후 데이터베이스에 갱신하였다.

⁷⁾ KREI-KASMO 모형의 자료 갱신은 매년 진행되는 작업이므로 이전 보고서 내용과 유사함.

○ 2021년 성별·연령별 농가인구를 갱신하면서 이농률 행태방정식과 출생률 및 사망률의 전망치를 갱신함으로써 전망 예측력을 높이하고자 하였다.

- 농가인구전망모형은 농림어업총조사 결과가 공표되는 5년 단위로 농가인구에 영향을 미치는 요인이 확정되며, 출생인구, 사망인구, 이농(귀농)인구의 전망치도 5년 단위로 도출된다.
- 2021년 농림어업조사의 공표치로 업데이트하고, 성별·연령별 이농(귀농)률 행태방정식을 최근 추이를 고려하여 갱신하였다. 또한 통계청에서 추계한 성별·연령별 출생률 및 사망률의 전망치로 갱신함으로써 전망 예측력을 높이하고자 하였다.

2.2. 모형 개선

2.2.1. HSK 코드 갱신

○ 품목별 수입량, 수입단가 계산에 사용되는 HSK 코드 세번의 포괄 범위를 검토하고 갱신하였다.

- 현재 KREI-KASMO에서 품목별 사용하고 있는 HSK 코드와 aT, 농림축산식품부에서 사용하는 품목별 HSK 코드를 비교한 결과 서로 취급하는 세번과 구분 방식의 차이가 나타났다.
- aT 구분 방식을 기준으로 검토한 결과 KREI-KASMO에서 사용하고 있는 HSK 코드 세번이 오분류되었거나, 누락된 세번이 있음을 확인하였다.
- HSK 코드 세번을 품목별로 구분하는 기준을 aT에 맞춰 수정하였으며, 일부 신선 상품만을 대체제로 취급하는 품목에 대해서는 독자적인 기준으로 분류하였다.

- 2022년 업데이트된 HSK 코드 세번을 확인하고, 기존 세번과 매칭하여 각 품목별 새롭게 추가된 세번을 반영하였다.

〈표 2-3〉 KREI-KASMO에서 활용하는 품목별 HSK 코드 수정 내역

품목	수정 전 코드 개수	수정 후 코드 개수	수정 내역
양파	4	6	신규: 2
대파	2	3	신규: 1
쪽파	3	4	신규: 1
생강	5	11	누락: 6
토마토	1	3	신규: 2
열대과일 - 0810류	12	9	중복: 3
단감	3	2	오분류: 1
닭고기	19	22	신규: 3
음용유	-	2	모형 구조 개선으로 인한 신규 추가
홍차	-	2	모형 구조 개선으로 인한 신규 추가
약용작물	18	77	신규: 2, 누락: 57
양잠업	23	31	신규: 2, 누락: 6
과자류	35	37	신규: 1, 누락: 1
식물성유지	94	100	신규: 6
기타 조제 농산물	110	112	신규: 2
주류	49	50	누락: 1
과실 가공품	55	56	누락: 1
그 외 기타 농축산물	608	629	신규: 19, 누락: 3, 중복: 1
기타 신선채소	31	32	신규: 1, 누락: 1, 중복: 1
채소류 가공식품	33	34	누락: 1

자료: 저자 작성.

○ 차 부문 수입 품목 정리

- 기타 수입 품목으로 빠져 있는 홍차 세번(0902.30.0000, 0902.40.0000)을 차에 포함하고 수입 자료 구조를 ‘녹차+마테’에서 ‘녹차+마테+홍차’의 형식으로 변경하였다.

○ 농업총량지표 및 농가경제지표 산출식 구조 변경

- 기존의 항등식 구조의 경우 확률적 모형과 연계하기에 불편하며, 전망치 도출 작업에서도 효율성이 떨어졌기 때문에 산출식을 행태방정식 형태로 구현하여 편의성을 증진하였다.

2.2.2. 쇠고기 수입량 전망 구조 변경

○ 쇠고기 수입량 자료에서 기타 국가 전망 방식을 수정하였다.

- KREI-KASMO에서 쇠고기 수입량은 미국산, 호주산, 기타산으로 구분하고 있으며, 기타산은 다시 뉴질랜드, 캐나다, 멕시코, EU, 칠레, 중국, 일본, 싱가포르, 말레이시아, 아르헨티나, 우루과이, 기타산으로 구분하였다.
- 기타산 쇠고기의 전망치는 기타에 포함되는 세부 국가를 각각 전망한 값의 합으로 나타내었으나, 이러한 방식은 수입량이 굉장히 적은 국가가 과추정되는 경향이 있어 기타산 쇠고기 전체를 전망하고 기타산 내 하위 국가들의 최근 5개년 절사 평균을 기준으로 가중치를 계산하여 전망하였다.

2.2.3. 낙농 모형 구조 변경

□ 낙농 모형 구조 변경의 필요성

○ 현행 제도는 개선된 부분이 있어 KREI-KASMO에 구현된 방식과 상이한 부분이 존재한다.

- 잉여 원유 차등가격제는 현재 초과 원유가격을 리터당 100원으로 정하고 있고, 낙농가에서도 월간 생산량으로는 버퍼 물량 이상의 잉여 원유가 있지만 연간 생산량에서는 상충되어 잉여 원유량이 크게 발생하지 않는다.

- 원유가격 연동제는 2017년 변동원가에 물가상승률을 제거하여 물가상승률이 이중 반영되는 점이 개선되었고 인센티브를 도입하는 방식으로 변경되었다.
 - 따라서 현행 낙농 제도로 모형 구조를 갱신하고 유의미하지 않은 잉여 원유 차등가격제 구조를 제거하여 KREI-KASMO 낙농 부분을 간소화했다.
- 원유가격 결정 체제를 기반으로 낙농 수급 모형을 재구축하였다. 원유는 저장성이 없는 제품이며, 단기적인 생산조절이 어려울 뿐만 아니라 원유의 계절적인 수급불균형이 존재하기 때문에 낙농가는 단기적인 수요변화에 탄력적으로 대응하기 어렵다. 이러한 이유로 원유가격이 생산비를 보상하지 못하는 경우 생산 기반이 불안정해질 수밖에 없는 구조이며 이전부터 정부의 고시 또는 관계자들의 협상으로 원유가격이 결정되었다.
- 2013년 이후에는 원유가격 연동제를 시행하였으며, 현재는 몇 차례 제도 개선을 통해 원유기본가격 + 인센티브(유성분 함량, 위생 등급)의 형태로 가격이 산정되고 있다.
 - KREI-KASMO에 현행 제도를 적용하여 불필요한 자료를 삭제하고 가격 산정 방식을 변경하였으며, 음용유와 관련된 밀크, 크림 세번(0401.10.0000, 0401.20.0000)을 수입 품목에 추가하였다.
- 잉여 원유 차등가격제는 원유 생산과잉 상황이 지속되어 도입된 제도로 낙농 진흥회가 구매한 잉여 원유에 대해 가격을 차등화함으로써 원유와 유제품의 수급 및 가격을 안정시키기 위해 시행된 제도이다.
- 기존 KREI-KASMO는 버퍼 물량을 6%로 설정하여, 생산량이 기준 원유 생산량의 106% 이하면 정상가격을 초과 원유가격으로 하고 106~117%인 경우 정상가격의 70%를 초과 원유가격으로 하며, 117% 이상이면 초과 원유가격을 수입(국제) 가격과 동일한 가격으로 한다.

○ 원유가격 연동제는 단기적인 수요변화에 탄력적으로 대응하기 힘든 낙농가를 보호하기 위해 생산비를 감당할 수 있는 가격으로 원유가격을 책정하는 제도이며, 매년 조정 협상위원회를 통해 원유 기본가격을 산출한다.

- 기존 KREI-KASMO는 원유 기본가격을 기준원가와 변동원가를 구분하여 기준원가는 생산비 증감액을 통해 산출하고 변동원가는 물가상승률을 반영하였다.

□ 낙농 모형 구조 변경 사항

○ 낙농가 원유가격은 ‘원유 기본가격 + 인센티브’로 이루어지며, 인센티브는 유성분 함량과 위생 등급에 따라 결정된다.

- 유성분 함량은 유지방과 유단백 함량을 의미하며, 유지방 함량은 12구간, 유단백 함량은 4구간으로 나누어 차등 지급한다.
- 위생 등급은 체세포수와 세균수로 결정하며, 5등급으로 나누어 인센티브를 책정한다.

○ 인센티브 산출방식을 반영하기에는 낙농가의 성분 자료가 없고 전망 방식이 복잡해지므로 농가당 평균 원유수취가격과 원유 기본가격을 이용하여 인센티브를 산출하였다.

- 농가당 평균 원유수취가격은 낙농진흥회 자료를 사용하였으며, 전망치는 원유 기본가격과 인센티브 전망치의 합으로 계산하였다.
- 원유 기본가격은 낙농진흥회에서 공시하는 가격을 사용하였으며, 전망치는 전년도 원유 기본가격에 1리터당 생산비 차를 합하여 계산하였다.
- 인센티브는 농가당 평균 원유수취가격과 원유 기본가격의 차로 계산하였으며, 전망치는 전년도와 동일하다고 가정하였다.

○ 낙농 농판가격 행태방정식의 설명변수로 농가당 평균 원유수취가격을 사용하여 리터당 가격을 kg당 가격으로 변환하였으며, 낙농 농판가격 변수는 낙농 모형 행태방정식 전반에 활용하였다.

- 낙농 농판가격 행태방정식은 농가당 평균 원유수취가격과 우유 및 유제품 소비자 가격지수로 추정하였으며, 행태방정식을 통해 낙농 농판가격 전망치를 산출하였다.
- 낙농 농판가격은 젖소 도축마릿수, 인공수정두수, 유제품 생산량의 설명변수로 사용되었다.

〈표 2-4〉 유성분 함량별 가격

유지방		유단백	
함량(%)	가격(원/ℓ)	함량(%)	가격(원/ℓ)
3.0 이하	-103.00	3.0 미만	0.00
3.1	-41.20		
3.2	-30.90		
3.3	-20.60	3.0	4.00
3.4	-10.30		
3.5	0.00		
3.6	10.30	3.1	11.65
3.7	20.60		
3.8	30.90		
3.9	41.20	3.2 이상	19.41
4.0	51.50		
4.1 이상	56.65		

자료: 낙농진흥회(2022). 원유가격산정체계 안내 및 유대조건표.

〈표 2-5〉 위생등급별 가격

체세포수			세균수		
등급	구간(㎖당)	가격(원/ℓ)	등급	구간(㎖당)	가격(원/ℓ)
1등급	20만 미만	52.69	1A등급	3만 미만	52.53
2등급	20만~35만 미만	39.25	1B등급	3만~10만 미만	36.05
3등급	35만~50만 미만	0.00	2등급	10만~25만 미만	3.09
4등급	50만~75만 이하	원유 기본가격, 다른 항목(세균수, 유성분) 등급과 관계없이 잉여 원유(탈지분유) 판매가격 지급	3등급	25만~50만 이하	-15.45
5등급	75만 초과		4등급	50만 초과	원유 기본가격, 다른 항목(세균수, 유성분) 등급과 관계없이 잉여 원유(탈지분유) 판매가격 지급

자료: 낙농진흥회(2022). 원유가격산정체계 안내 및 유대조건표.

2.3. 적합성 제고

- 모형에 도입된 정책변수, 외생적 경제변수, 품목별 수요·공급 관련 충격(shock) 등 가상적 시나리오를 설정하고 시뮬레이션을 수행함으로써 (시장) 충격에 따른 모형의 반응 정도 및 방향성 등을 지속적으로 검토하였다.
- 기체결 FTA 개선협상과 TPP, RCEP 등 신규협상과 관련된 시나리오를 관련 연구과제와 연계하여 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 모형의 FTA 효과 분석 능력을 개선하기 위하여 품목별 수급 구조의 검토, HS code를 세분한 수입 수요 함수 개발 등 개선사항을 발굴하였다.

3. KREI-KASMO 2022 주요 활용

3.1. 농업 및 농가경제 전망

- KREI-KASMO 2021 모형 추정치에 대해 농업관측본부의 품목관측팀과 협의하여 주요 품목에 대한 2022~2031년 수급 및 가격 전망치를 도출하였다. 이를 바탕으로 농업총량 및 농가경제지표 전망치를 산출하였으며, 2022년 1월 '농업전망 2022'에 제시하였다.
- 2021~2022년 자료의 실측치와 2022년 농식품 교역자료의 추정치 갱신, 국내외 거시경제지표 전망치 갱신, 국제곡물 및 유가 전망치 갱신, 농가구입가격지수 전망치 갱신 등으로 2023~2032년 주요 품목과 농업총량 및 농가경제지표 전망치를 도출하여 '농업전망 2023'에서 발표할 계획이다.

3.2. 정책분석 지원

- 밭 재배 콩에 직불금을 지급 시 품목 간의 파급영향을 KREI-KASMO 모형을 이용하여 분석하였다.
 - 현재 논 재배 콩에 대해서만 직불금이 지급되는 상황으로 밭 재배 콩에 직불금을 지급 시 콩 및 타 품목에 주는 파급영향을 분석하였으며, 밭 콩의 재배면적 비율은 전체의 80.5%인 것으로 가정하였다.
 - 2021년 직불금 지급 시 2022년 파급영향을 분석하였으며, 1ha당 50만 원, 100만 원, 150만 원을 지급하는 세 가지 시나리오로 분류하였다.
 - 분석 결과, 쌀, 건고추, 콩, 옥수수, 고구마에서 파급효과가 나타났으며, 콩

은 2022년 재배면적이 4.3~18.3% 증가하고, 농가판매가격은 2.9~11.5% 하락할 전망으로 나타났다. 쌀, 건고추, 옥수수, 고구마는 생산 대체재인 콩의 영향으로 2022년 재배면적이 감소하고 농가판매가격은 상승할 전망으로 나타났다.

○ KREI-KASMO를 활용하여 난방용 등유가격 상승에 따른 산업 영향을 분석하였다.

- 2022년 영농광열비가 50%, 100%, 150%, 200% 상승하고, 2023년은 2022년 가격이 유지된다고 가정할 때 토마토, 파프리카, 딸기, 오이, 풋고추, 애호박, 가지, 화훼류의 생산비와 재배면적, 생산량, 도매가격의 변화를 분석하였으며, 각 품목의 22년, 23년 단수는 감소한다고 가정하였다.
- 2022년 생산비 증가로 인해 2023년 대다수 품목들의 재배면적은 베이스라인 대비 감소하였으나, 토마토, 딸기의 경우 생산 대체재의 재배면적 감소 영향으로 재배면적이 증가하였다. 2022년과 2023년 생산량은 베이스라인 대비 감소하였으며, 그로 인해 도매가격은 상승하였다.

○ 파프리카 유통협약(시장격리)의 가격지지 등 경제적 효과를 확인하기 위해 KREI-KASMO에 기반한 사후영향평가 방법론을 사용하여 분석하였다.

- 유통협약(시장격리) 미시행을 시나리오로 상정하고, 유통협약 미시행에 따른 가락시장 반입량 증가 시 가격 하락분을 유통협약의 가격지지 효과로 정의하였으며, 가격 하락 효과는 파프리카의 자체 가격신축성 계수를 이용하여 추정하였다.
- 2015년부터 월별 가락시장 거래실적(거래량, 거래단가 등), 연도별 생산량, 유통협약(시장격리) 실적자료를 이용하여 분석하였다. 파프리카 자체 가격신축성 계수는 -0.952로 윤종열 외(2021)에서 제시한 방법을 참고하

였고, 시나리오는 시장격리 시기를 기준으로 월별 격리물량을 산출하여 설정하였다.

- 분석 결과, 파프리카 유통협약(시장격리)으로 연평균 기준 2020년에는 2.8% (99원/kg), 2019년에는 5.4%(162원/kg) 수준으로 파프리카 가격을 지정한 것으로 분석되었다.

○ 유가, 원자재비 상승 등으로 나타나는 영농재료비에 대한 구매 부담 효과를 확인하기 위해 비료비와 농약비의 상승이 농산물 가격과 농가소득에 미치는 영향효과를 분석하였다.

- 2022년 재료비의 농가구입가격 부담이 작년 대비 50~100% 상승함을 기준 시나리오로 설정하고, 비료비가 올해보다 5~50%, 농약비는 올해보다 5~30% 상승함을 비교 시나리오로 설정하였다.
- 분석 결과, 농업경영비 상승 이외 다른 요인들의 변화가 없다고 가정할 경우, 2022년 경종작물 소득은 2021년 전망치에 비해 20% 내외 감소할 것으로 전망되었다.
- 경종작물 가격 인상률은 영농 형태별 최대 0.5% 내외로 나타났으며, 비료 및 농약비의 인상 요인에 따른 유의미한 농산물 가격 인상 영향은 미미할 것으로 분석되었다.

○ KREI-KASMO를 통해 콩 재배면적 비중 변화와 단수 변화에 따른 농판가격 변화를 분석하였다.

- 논콩 재배를 장려하여 재배면적이 증가할 때 농판가격의 변화를 분석하였으며, 논콩의 단수가 밭콩의 단수보다 크기 때문에 이로 인한 단수 변화를 17~21년 평년 단수를 이용하여 계산하였다.
- 2025년과 2027년 재배면적과 단수의 변화를 시나리오로 설정하였으며,

밭콩의 재배면적이 고정일 때, 전체 면적이 전년 대비 30%, 50%, 80% 증가함에 따른 농판가격의 변화율을 확인하였다.

- 논콩 재배면적 증가로 인한 단수 증가로 생산량이 증가하여 농판가격은 감소하였으며, 25년과 27년 농판가격 변화율은 2025년 재배면적 변화 기준 각각 7.10~15.22%, 7.41~16.02% 하락하였다.

○ 우리나라의 경제성장률 하락에 따른 수요기반의 약화 및 영향효과를 파악하기 위해 최근 경제성장 둔화 정도를 시나리오로 설정하여 농업생산액과 농업부가가치의 변화 수준을 계측하였다.

- 농업전망을 기준으로 우리나라 GDP 성장률이 3.0%를 유지함을 기준 시나리오로 설정하고, IMF가 제공한 GDP 성장률 전망치를 기준으로 GDP 성장률이 2.3%, 2.0% 하락함을 비교 시나리오로 설정하였다.
- 분석 결과, GDP 성장률 하락에 따라 농업생산액은 기준 시나리오 대비 0.55%(재배업 0.22%, 축산업 1.00%), 0.78%(재배업은 0.31%, 축산업 1.44%) 감소할 것으로 나타났다.
- 농업부가가치는 GDP 성장률 하락에 따라 기준 시나리오 대비 0.81%(재배업 0.31%, 축산업 2.72%), 1.16%(재배업 0.44%, 축산업 3.91%) 감소할 것으로 나타났다.

○ 주산지 기상악화 및 공급망 차질 우려로 인한 국제 곡물 가격변화에 따른 농산물 수급 파급 효과 및 농업 분야 영향효과를 계측하기 위해 KREI-KASMO를 활용하여 분석하였다.

- 2020년대 초반까지 안정세를 보였던 국제 곡물 가격이 2020년 후반부터 주산지 기상악화와 공급망 차질 우려 등으로 상승하기 시작하였으며, 러시아-우크라이나 전쟁에 따른 수출 규제 여파로 2022년 초부터 급격한 상승

세에 있다. 이는 밀, 대두, 옥수수 대부분을 수입에 의존하고 있는 우리나라에 사료비, 원자재비 등의 생산비용 증가와 가공식품 가격 상승의 원인이 되었다.

- 국내 쌀과 콩 생산액 및 자급률, 수출입 규모 및 수출입액의 변화를 통해 국제 곡물 가격변화가 농산물 수급에 주는 파급 효과를 확인하였으며, 국제 곡물 가격이 2030~2031년 상승(전년 대비 50%, 100%, 150% 상승)하고, 2032~2040년까지는 하향하는 시나리오를 설정하였다.
- 국제 곡물 가격 상승 시 가격 상승에 따른 소비 위축보다 가격 상승의 영향력이 더욱 크게 나타나 쌀 생산액은 베이스라인 대비 0.3~1.6% 증가하고, 콩 생산액은 4.7~72.3% 증가하였다.
- 국제 곡물 가격 상승 시 쌀 자급률은 0.58% 하락하나 콩 자급률은 7.3~11.3% 상승하였다, 콩 수입량은 8.1~37.0% 감소하며, 수입액은 38.2~302.2% 증가할 것으로 추정되었다.

○ 연구원이나 유관 기관의 과제 및 업무수행에 필요한 경우, KREI-KASMO 모형의 정량적 전망자료를 제공하였다.

제3장

KREI-KASMO 이론적 원리와 운용방식



3

KREI-KASMO 이론적 원리와 운용방식⁸⁾

1. 수급예측 방법론

○ 수급예측 방법론은 수급관련 전문가들의 의견 또는 경험에 의존하는 정성적 방법과 계량경제학적 접근에 의존하는 정량적 방법으로 구분된다.

- 정성적 방법은 정보 보유자의 판단과 소위 관련 시장에 종사하는 전문가들의 의견을 종합하여 관련 시장의 공급, 수요, 가격을 예측하는 방법이며, 대표적인 방법론 중 하나로 델파이 분석이 있다.
- 정량적(계량적 기법) 방법은 통계학 및 경제학의 개념과 이론을 바탕으로 시계열, 횡단면, 패널 자료 등 가용한 자료를 이용하여 수요를 예측하는 방법이다. 정량적 방법은 크게 경제학 이론에 관계없이 자료의 적합도에만 의존하는 Fitting 모형과 경제학 이론에 근거한 인과관계 모형으로 구분될

⁸⁾ KREI-KASMO 2022 모형의 이론적 배경과 운용 원리는 기구축·운용 중인 KREI-KASMO 모형과 동일하기 때문에 이전 보고서 내용과 유사함.

수 있다. 또한 종속변수와 설명변수 간 추정식 형태를 설정하고, 계수를 계측하는 모수(parameter) 추정 방법과 명확한 추정식의 형태를 설정하지 않고 추정하는 비모수(non-parameter) 방법으로 구분된다.

- 미래 수급예측은 세 가지의 오류를 범할 가능성이 높다. 첫째, 정성적 방법에 의해 나타나는 예측 오류가 있다. 관련 시장 전문가의 직관이나 의견이더라도, 객관적인 판단보다는 주관적인 판단이 강하며, 미래 수급에 영향을 미칠 수 있는 많은 양의 설명변수 예측이 어렵기 때문에 정확한 미래 예측을 할 수 없다. 특히 중장기 예측 시, 많은 변수에 대해 현재 상황이 지속될 것이라고 가정하기 때문에 오류가 증폭될 가능성은 더욱 크다. 둘째, 가용한 데이터의 한계로 인해 발생하는 오류이다. 시장의 미래수급 예측을 위해서는 관련 시장의 가능한 많은 양의 자료 확보가 필수적이며, 통합된(aggregated) 자료보다는 세분화(segmented)된 자료 확보가 필요하다. 예를 들어, 생산액 자료를 이용하여 예측하는 것보다는 생산량과 가격 등 세분화된 자료를 이용하여 예측하는 것이 오류를 최소화할 수 있다. 즉, 생산액을 예측하기 위해 생산량과 가격을 별도로 예측한 후 두 변수의 곱으로 생산액을 예측하는 방식이 보다 정확하다. 생산액 변수만을 가지고 예측한다면 미래 예측값의 결정요소인 생산량, 가격 등이 어떻게 변화된 것인지 알 수 없기 때문이다. 마지막으로 가용한 자료를 이용하여 추정한 파라미터값의 편의(biased estimate)로 인해 발생하는 예측 오류가 있다.

- 정성적 방법론은 미래 수급예측에 발생 가능한 오류를 대부분 포함하고 있기 때문에 지양하는 방법론이며, 정량적 방법을 사용하되 상기 세 가지 오류를 범하지 않기 위한 노력을 최대한 기울여야 한다.

2. 시장청산 균형가격

○ 단기 수급관측이 아닌 중장기 수급 모형은 총공급량(Total Supply: TS)과 총수요량(Total Demand: TD)이 동일할 때 시장 청산되는 균형가격(Market clearing price, equilibrium price)이 도출된다는 경제학적 이론에 기반하여 총공급과 총수요를 동시에 고려한 균형모형 형태로 구성되었다.

- 균형가격은 개별 품목의 총공급량과 총수요량이 일치하는 시장청산가격을 의미한다.

총공급량(TS)=국내생산량(Q)+수입량(M)+전년 이월량(BS)

총수요량(TD)=국내수요량(D)+수출량(X)+연말 재고량(ES)

총공급량(TS)=총수요량(TD)

○ 개별 품목은 수요량이 공급량을 초과하여(과잉수요) 가격을 상향 조정하거나, 혹은 공급량이 수요량을 초과하여(과잉공급) 가격을 하향 조정하는 균형 가격 조정계수(equilibrator)를 가지고 있다.

- 품목별 균형가격 조정계수의 크기는 시장청산 균형가격을 적절하게 찾아낼 수 있도록 설정되어야 한다. 통상적으로 크기가 커질수록 균형가격을 찾아내는 속도(speed)는 향상되나, 수급균형의 허용범위 이내로 근접하기 어려울 정도로 조정계수 크기가 크면 수렴하지 못하는 문제가 발생할 수 있으므로 주의해야 한다.

- KREI-KASMO에서 균형가격 도출방법은 미국 미주리대학의 식품농업정책연구소에서 개발한 엑셀 버전을 사용한다.

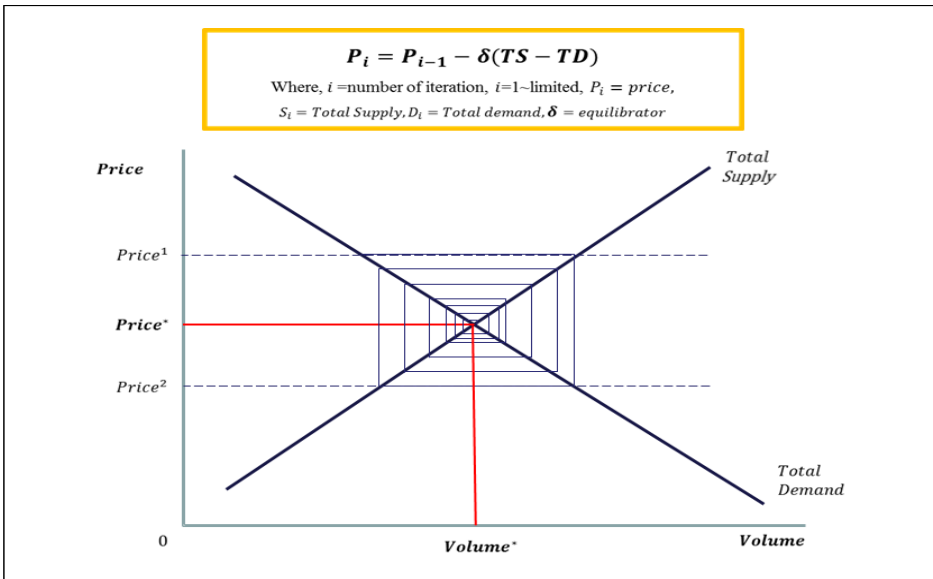
○ 시장청산 균형 가격 도출방법은 다음과 같다. 이전 단계 가격(P_{i-1})에서 초과

공급($TS - TD$)이 발생하면, 음(-)의 부호 때문에 이번 단계 가격(P_i)은 이전 단계 가격(P_{i-1})보다 낮아진다. 반대로, 이전 단계 가격이 낮게 설정되어 초과수요($TD - TS$)가 발생하면, 이번 단계 가격은 이전 단계 가격(P_{i-1})보다 높아지게 된다. 이러한 과정은 수급균형($TS - TD = 0$)이 될 때까지 반복(iteration)된다.

$$P_i = P_{i-1} - \delta(TS_i - TD_i)$$

주: i = 반복횟수, $i = 1 \sim \infty$, P = 가격, TS = 총공급량, TD = 총수요량, δ = 조정계수

〈그림 3-1〉 KREI-KASMO 모형의 균형가격도출



자료: 한석호 외(2015, p.42).

3. 주요 행태방정식 구조 및 추정 방법

3.1. 공급반응함수

○ 농업에서 공급반응함수는 이윤극대화구조(Profit maximizing framework)로부터 유도될 수 있으나, 전국 단위의 통합된 연간 단위로 구축된 KREI-KASMO 모형에서 사용되는 공급반응함수는 개별단위의 이윤극대화구조에서 유도된 것은 아니다. 총공급시스템(aggregate supply system)에서는 개별 생산자의 이윤극대화 관련 제약조건을 완화하고 동질성(homogeneity), 연속성(continuity), 분리성(separability)만을 고려하였다.

- 모든 생산자의 의사결정이 이윤극대화 조건을 따른다고 가정할지라도 모든 생산자가 동일한 공급곡선을 갖는 것은 아니기 때문이다.

○ 경제학 이론에 따르면 모든 산업의 공급(생산)반응함수는 아래와 같은 함수형태로 표현될 수 있으며, 동태적 접근방법(dynamic approach)으로 다시 풀 수 있다.

$$q_t^* = \beta_0 + \beta_1 p_t^* + \beta_2 z_t + e_t \quad (1)$$

주: q_t^* : desired supply, p_t^* : expected price, z_t : other factors, e_t : error term

○ 동태적 접근방식 중 하나는 희망 공급량(desired supply)에 접근하는 실제 공급량(actual supply)의 속도(speed)와 수준(level)을 분석하는 Nerlove(1958)의 부분조정모형(partial adjustment model)을 들 수 있다.

- 조정계수(δ)는 0보다 크고 1보다 작아야 한다. 조정계수가 1보다 크면 랜덤워크(random walk) 현상이 발생하는데, 이는 비정상(non-stationary)

이 되며, 동태적(dynamically)으로 실제 공급량이 희망 공급량에 수렴(convergent)하지 않게 된다. 조정계수가 1에 근접할수록 희망 공급량에 대한 실제 공급량의 조정속도가 빨라지게 되는 반면, 조정계수가 0에 근접할수록 조정속도는 느려진다.

○ 식(2), Nerlove 부분조정모형을 이용하여 동태적 공급반응함수가 구성되며 q_t^* 결과에 대해 함수형태가 결정된다. 부분조정모형은 희망 공급량과 실제 공급량의 속도를 나타내는 모형으로, 식(3)을 식(1)에 대입하면 식(5)의 동태적 공급반응함수형태가 만들어진다.

$$(q_t - q_{t-1}) = \delta(q_t^* - q_{t-1}), \text{ subject to } 0 < \delta < 1 \quad (2)$$

$$q_t^* = \frac{q_t - q_{t-1} + \delta q_{t-1}}{\delta} = \frac{q_t - (1 - \delta)q_{t-1}}{\delta} \quad (3)$$

주: q_t : actual supply, δ : adjustment coefficient

$$\frac{q_t - (1 - \delta)q_{t-1}}{\delta} = \beta_0 + \beta_1 p_t^* + \beta_2 z_t + e_t \quad (4)$$

$$q_t = \delta\beta_0 + \delta\beta_1 p_t^* + \delta\beta_2 z_t + \delta e_t + (1 - \delta)q_{t-1} \quad (5)^9$$

○ 그러나 예상가격(p_t^*)이 여전히 식(5)에 존재하여 함수의 설정이 어렵다. 만약 농가가 단순기대(naive expectation)를 한다고 가정하면, 마팅게일 이론(Martingale theorem)을 이용하거나 Koyck(1954)의 기하학적 분포시차 모형(geometric distributed lag model)으로 해결할 수 있다.

9) 이 함수 형태에서 우리가 고려해야 할 두 가지 중요한 탄력성이 존재한다. 예측가격에 대한 공급의 단기탄력성(short-term elasticity)은 $E_p^q = \partial q_t / \partial p_t^* \times \overline{p_t^*} / \overline{q_t} = \delta\beta_1 \times \overline{p_t^*} / \overline{q_t}$ 이고, 장기탄력성(long-term elasticity)은 E_p^q / δ 이다. 따라서 모든 장기탄력성은 단기탄력성보다 크게 된다.

- 확률적 과정(stochastic process) $\{X_t\}$ 가 마팅게일이라면 t-1기에서 모든 정보를 기본으로 한 t-1기에서의 예상 X_t 는 $E[X_t | \mathcal{F}_{t-1}] = X_{t-1}$ 이 된다. 따라서 마팅게일 과정(Martingale process)이 의미하는 것은 미래가격에 대한 최상의 예측은 현재의 가격이기 때문에 합리적 기대(rational expectation)와 단순기대는 같다는 것이다. 즉 p_t^* 를 p_{t-1} 로 대체하면 된다.
- Cagan의 적응적 기대가설(adaptive expectation)은 Cagan(1956)이 화폐수요모형에 사용하였으며, Friedman의 수요 함수 추정에 사용되어 왔다. 이 모형이 뜻하는 것은 경제 주체(economic players)가 과거의 경험을 바탕으로 미래를 예측한다는 것으로 경험습득을 통해 과거의 기대오차를 고려하여 미래에 적응한다는 것이다. 즉, 과거의 실제치와 기대치의 차이($p_{t-1} - p_{t-1}^*$)에 대한 경험이 미래의 기대치 변화($p_t^* - p_{t-1}^*$)를 조정한다는 것이다.

$$(p_t^* - p_{t-1}^*) = \gamma(p_{t-1} - p_{t-1}^*), \text{ subject to } 0 < \gamma < 1 \quad (6)$$

$$\therefore p_t^* = \gamma p_{t-1} + (1 - \gamma)p_{t-1}^* \quad (7)$$

주: p_t^* : expected price at time t, p_t : actual price at time t, γ : coefficient of expectation

- 그러나 분포시차모형(distributed lag model) 접근방식을 실제 적용하는데 한 가지 제약이 존재한다. 즉, 비선형함수형태로 표현되고, 추정해야 할 파라미터가 많이 존재하기 때문이다. 따라서 단순히 OLS 적용이 어렵기 때문에 Koyck은 기하학적 분포시차모형(geometric distributed lag model, 1954)을 제안하였으며, Koyck's transformation이라고도 불린다.

$$q_t = \beta_0 + \beta_1 p_t^* + e_t$$

$$= \beta_0 + \beta_1 [\gamma p_{t-1} + \gamma(1-\gamma)p_{t-2} + \dots] + e_t \quad (8)$$

$$(1-\gamma)q_{t-1} = (1-\gamma)[\beta_0 + \beta_1 [\gamma p_{t-2} + \gamma(1-\gamma)p_{t-3} + \dots] + e_{t-1}] \quad (9)$$

$$\therefore q_t = \gamma\beta_0 + \gamma\beta_1 p_{t-1} + (1-\gamma)q_{t-1} + e_t - (1-\gamma)e_{t-1} \quad (10)$$

○ 식(10)은 식(8)에서 식(9)을 차분함으로써 유도될 수 있다. 식(10)은 단지 시차종속변수(q_{t-1})와 시차가격변수(p_{t-1})만을 포함하고 있으며, $\gamma = \delta$ 라고 할 때 위 결과는 마팅게일 이론과 동일한 결과임을 알 수 있다.

○ 동태적 공급반응함수형태는 Nerlove의 부분조정모형과 Koyck의 기하학적 분포시차모형을 기본으로 한 Cagan의 적응적 기대가설 모형(adaptive expectation model)을 이용하여 설정할 수 있다.

- 농업부문 모형의 기대생산량은 추정된 단년생 작물의 재배면적(과수, 인삼 등 다년생 작물의 입식면적으로부터 추정된 성목면적) 또는 연령별 사육마릿수로부터 추정된 도축마릿수와 단수(단위면적당 수확량 또는 도체중)의 곱으로 추정한다.

○ KREI-KASMO와 세계 농업전망기관의 국내외 농업 부분균형모형에서 사용되는 공급반응함수의 주요 설명변수는 전기 재배면적(또는 입식면적, 인공수정마릿수), 해당 품목의 기대순수익과 생산대체 품목의 기대순수익이다. 기대순수익은 적응적 기대가설을 기본으로 하여 여러 가지 형태를 취할 수 있다.

- 수익률 개념을 적용하여 품목의 기대가격(전기가격)과 기대단수를 곱한 조수입에 경영비(cost)를 나누어 추산된 기대수익률을 변수로 사용하거나, 조수입에 경영비를 제외해서 추산된 기대소득 형태를 변수로 사용할 수 있다.

- 기대단수는 농업생산의 변동성이 크다는 특징을 고려하여 통상적으로 최근 5개년의 올림픽평균값 또는 3개년 단순평균값을 사용한다.

$$Q_{i,t} = f(Q_{i,t-1}, \frac{E[return_{i,t}]}{E[deflator_t]}, \frac{E[return_{j,t}]}{E[deflator_t]}) \quad (11)$$

$$E[return_{i,t}] = (price_{i,t-1} + policy_{i,t}) \times (moving\ average\ of\ yield_{i,t-1}) - cost_{i,t-1} \quad (12)$$

$$cost_{i,t} = f(\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^m \delta_j \cdot input_{k,t}), \delta_j = weight \quad (13)$$

3.2. 수요 함수

○ 개별 소비자의 최적선택(optimal choice)은 예산제약(budget constraint) 하에서 효용을 극대화(maximizing a consumer's utility)하거나, 지출을 최소화(minimizing expenditure)하며, 경제학에서는 이러한 소비자 최적 선택의 원리 및 이론을 통해 수요 함수를 도출한다.

- KREI-KASMO 모형은 소비자 개개인의 최적선택을 고려하기보다는 국민 전체를 소비자 하나로 통합한 소비이론을 사용한다.
- 일반적으로 통합적 수요 함수는 동질성(homogeneity), 연속성(continuity) 이외의 다른 특성이 존재하지 않는다. 따라서 어느 한 시장의 통합적 수요에 관해서는 개별적 수요 함수 이론의 제약이 존재하지 않는다(Varian, 1992).

○ 어느 한 시장의 통합적 수요 시스템을 구축하기 위해서는 소비자들이 선택할 수 있는 다양한 소비재가 있고, 이러한 소비자들의 구매는 예산에 제약된다. 이에 따라 상당히 많은 상품, 서비스 소비에 대한 개별 가격과 해당 상품의 무수히 많

은 대체 탄성치를 모두 계측해야 하기 때문에 분리성(separability) 개념이 필요하며, 가격의 움직임에 제약을 두는 ‘Hicksian separability’를 사용하였다.

- ‘Hicksian separability’ 개념에 따르면 해당 상품에 대한 수요 연구 시, 소비대체 또는 보완재가 될 수 있는 다른 상품을 무시할 수 있다는 것이다.
- 분리성이란 소비재 전체를 필수적인 소비대체재 또는 보완재가 포함된 부분적인 서브세트(subsets)로 분배하는 의미로서, 소비재 전체가 수요 함수에 포함될 필요가 없다는 의미이다.
- 예를 들어, 쇠고기 수요 함수를 구성할 때 쇠고기의 소비대체재 또는 보완재를 모두 포함시킬 필요가 없다는 것이다. 쇠고기의 소비대체재는 농산물 뿐만 아니라 공산품 등 무수히 많은 소비대체재가 존재하지만, 주요 상품군인 육류 소비재만 소비대체재로 포함해도 무방하다는 것이다.

○ 농산물의 수요 함수를 추정하기 위해 농산물은 일반재(normal good)로 가정하였으며, 농산물 수요 함수가 가져야 할 특징이 영차 동차함수(homogeneous of degree zero)이기 때문에 영차 동차함수로 가정하였다. 또한, 자체 가격 탄성치와 소비대체 탄성치들의 합은 소득 탄성치와 같아야 한다는 이론을 적용하였다.

- 영차 동차함수는 오일러의 정리(Euler’s theorem)에 의해 설명되는데, 특정 상품의 마샬리안(Mashallian) 수요 함수는 $x_i = (p_i, p_j, m)$ 으로 표현될 수 있으며, 오일러 정리를 유도하기 위해서 슬러츠키 분해(Slutsky decomposition)가 필요하다.

$$\frac{\partial x_i(p_i, p_j, m)}{\partial p_i} \frac{p_i}{x_i} + \frac{\partial x_i(p_i, p_j, m)}{\partial p_j} \frac{p_j}{x_i} + \frac{\partial x_i(p_i, p_j, m)}{\partial m} \frac{m}{x_i} = 0 \quad (14)$$

$$E_{ii} + E_{ij} + E_{im} = 0, \sum_j^J E_{ij} + E_m = 0 \quad (15)$$

- 자체 가격 탄성치는 반드시 대체 탄성치보다 커야 하고, 자체 가격 탄성치와 대체 탄성치의 합은 음(-)의 소득탄력성과 같아야 한다는 것을 의미한다.

3.3. 경영비 및 단수 함수

○ (경영비) 농가의 생산의향 품목을 결정할 때 개별 품목의 경영비를 주요 요인으로 고려한다. 따라서 KREI-KASMO 모형은 해당 품목을 생산하는 데 투입되는 경영비 구성항목의 요소를 설명변수로 도입하여 구축하였다.

- 경영비 함수형태는 개별 품목의 경영비 중 각 요소별 투입재가 차지하는 비중을 계산하여 그 비율을 이용하여 함수식을 설정하였다. 비율은 최근 3개년의 구성요소별 투입재 비율을 이용하였다.

○ (단수) 단위면적당 수확량 함수의 추정에는 개별 품목의 생산량에 영향을 미치는 농업기상을 설명변수로 도입하였다. 월별 평균온도, 최저온도, 강수량, 일조시간, 풍속, 태풍 등의 기상 여건을 사용하는데, 품목별로 주산지가 명확한 경우에는 전국 단위 기상이 아닌 해당 지역의 기상을 설명변수로 사용하였으며, 기술적 발전의 대리변수(proxy variable)로 추세(trend)변수를 도입하여 추정하였다. 그 외 자본, 토지, 노동 등 개별농가의 생산성 향상을 위해 투입되는 요소 변수들은 설명변수로 고려하지 않았다.

- 축산물은 대부분 가축시설에서 생육되기 때문에 농업기상에 큰 영향을 받지 않는다. 따라서 기술적 발전을 대표하는 대리변수(proxy variable)로 추세(trend)만을 설명변수로 도입하였다.

- 단수 함수에서는 KREI-KASMO 내 여타 내생변수를 포함하고 있지 않아 단수 함수의 조정 또는 변화가 모형 전체 시스템에 영향을 주지 않는다.
- 중장기 단수 예측치를 설정하는 경우에는 해당 품목의 전문가 의견을 활용하는 경우가 있다.

$$YD_{i,t} = f(temp_{i,t}, rain_{i,t}, sun_{i,t}, wind_{i,t}, trend_t) \quad (16)$$

주: i : 지역, t : 시간, $temp$: 온도, $rain$: 강수량, sun : 일조시간, $wind$: 풍속

- 단년생 경종작물의 생산량 전망치는 추정된 재배면적과 단수(단위면적당 수확량)의 곱으로 추정되며, 다년생 경종작물(인삼, 과수 등)은 추정된 입식면적에서 작물의 생물학적 연수를 적용한 성목(출하)면적과 단수를 곱하여 추정된다.
- 축산물의 생산량 전망치는 추정된 가임마릿수로부터 인공수정마릿수를 추정한 후, 생물학적 가임기간을 통해서 송아지, 새끼돼지 등 마릿수를 추정하였다. 또한 연령별, 암·수를 구분하여 경영비와 판매가격에 따라 도축마릿수는 추정된다. 결정된 도축마릿수에 도체중을 곱하여 지육생산량을 계산하고 여기에 정육률을 적용하여 생산량이 도출된다.
 - 한육우·젖소의 경우, 0~1세, 1~2세, 2세 이상의 암·수 사육마릿수/도축마릿수를 예측하며, 돼지의 경우, 모돈 및 자돈의 사육마릿수와 도축마릿수를 추정하였다.

3.4. 저장량 함수

- 저장성이 있는 품목은 수급균형 및 시장가격을 찾기 위해 저장행위 또는 저장수요를 설명하는 것이 매우 중요하며(Womack, 1976), 저장량의 수준은 수급 구조 및 균형에 있어 중요한 역할을 한다.

- 저장량의 조정은 관련 시장에서 단기 변동성(volatility)을 파악하는 매우 중요한 요소 중 하나이다(Williams & Wright, 1991).

○ 저장 가능한 품목의 저장행위 또는 저장수요를 정의하고 설명하는 데 있어 가장 큰 문제점은 저장이 시장참여자들 중 소수의 그룹에 의해서 실행된다고 하더라도 각 그룹 속에 속한 개별행위자들의 저장목적이 모두 다르다는 것이다.

- 저장수요에 대한 행위 자체는 비슷한 동기가 있을 것으로 추정되며 저장수요는 일반적으로 ① 예방수요(precaution), ② 투기수요(speculation), ③ 거래수요(transaction)의 세 가지 동기와 연관되어 있다(Womack, 1976).

○ KREI-KASMO 모형은 세 가지 요인을 모두 고려한 저장 함수 형식을 사용하고 있다. 거래수요는 직접적으로 생산량의 변동에 따라 변화하며, 투기수요는 적응적 기대가설로 가격에 반영되어 있고, 예방수요는 상수항(절편항, constant)의 크기와 연관되어 있다.

- 가장 간단한 거래수요모형은 저장량이 직접적으로 그리고 비율적으로 생산량과 비례한다는 이론이다(Abramovitz, 1950).

$$ES_t = \alpha \cdot Q_t, \frac{dES_t}{dt} = \alpha \frac{dQ_t}{dt}, 0 < \alpha < 1 \quad (17)$$

주: ES_t =재고량, Q_t =생산량

- 그러나 Goodwin(1947)은 위 모형의 경우, 특정기간 동안 저장회사가 그들만의 균형저장수준으로 조정하려는 행위를 설명하지 못한다는 평가를 했고, Ladd(1963) 역시 저장회사의 경영자는 생산량의 변화보다는 저장회사의 자체적인 예측을 통해 저장량을 계획한다고 주장했다. 이들 주장을 근거로 한 flexible accelerator 모형은 다음과 같으며, 아래의 모형은 부분조정형태에 의해 변화될 수 있다.

$$ES_t^* = \beta_0 + \beta_1 Q_t + e_t \quad (18)$$

$$ES_t - ES_{t-1} = \delta(ES_t^* - ES_{t-1}^*) = \delta[(\beta_0 + \beta_1 Q_t + e_t) - ES_{t-1}] \quad (19)$$

- flexible accelerator 모형 이후 개발된 모형은 modified flexible accelerator model(Lovell, 1961)이다. 이 모형은 처음으로 다음 기에 예상되는 기대가격의 움직임에 따라 저장업자의 투기행위를 모형에 도입하였다.

$$ES_t^* = f(Q_t, P_t^*), \quad P_t^* = (P_t - P_{t-1})/P_{t-1} \quad (20)$$

주: P_t^* =투기동기 또는 미래가격

- Lovell은 이윤투기가 실제가격이 높아지기 전에 여러 상황을 고려하여 수준이상으로 저장량을 증가시키는지, 반대로 실제가격이 낮아지기 전에 수준이하로 저장량을 감소시키는지를 테스트하였다. 하지만 테스트 결과의 파라미터값은 통계적으로 유의하지 않았다. 이 문제점을 해결하기 위해 여러 다른 함수형태로 투기요인을 해석하려는 많은 노력이 있었고 결과적으로 Lovell이 사용한 P_t^* 를 대체하기 위해서 Cagan의 적응적 기대가설을 사용하게 되었다.

$$ES_t = \beta_0 + \beta_1 P_{t+1}^* + \beta_2 Q_t + e_t \quad (21)$$

$$ES_t = \beta_0 \gamma + \beta_1 \gamma p_t + \beta_2 \Delta Q_t + \beta_2 \gamma Q_{t-1} + (1-\gamma)ES_{t-1} + w_t \quad (22)$$

주: $w_t = e_t - (1-\gamma)e_{t-1}$

- 추가적으로 부분조정모형을 식(21)에 추가하면 아래 식과 같이 된다.

$$ES_t^* = \beta_0 + \beta_1 P_{t+1}^* + \beta_2 Q_t + e_t \quad (23)$$

$$ES_t = \beta_0\gamma\delta + \beta_1\gamma\delta P_t + \beta_2\Delta Q_t + \beta_2\gamma\delta Q_{t-1} + [(1-\gamma) + (1-\delta)]ES_{t-1} - (1-\gamma)(1-\delta)ES_{t-2} + z_t \quad (24)$$

주: $z_t = \delta e_t - (1-\gamma)\delta e_{t-1}$

- modified flexible accelerator model은 위에서 설명한 세 가지 저장동기를 모두 포함하고 있다. 거래수요는 직접적으로 생산량(Q_t)의 변동에 따라 변화하며, 투기수요는 적응적기대가설로 반영되어 있다. 마지막으로 예비적 수요(Precautionary demand)는 절편항의 크기와 연관된다.
- 그러나 실제로 위의 이론들은 특정 품목시장을 다루기 위해 개발되지 않았고, 데이터의 부적합성과 희소성의 이유로 실제 적용된 사례는 많지 않다. 선행연구를 통해 과거 함수형태를 살펴보면, 대부분 적응적 기대가설에 근거한 과거가격, 그리고 부분적 조정모형에 근거한 종속변수의 시차변수를 모형 설정에 활용하는 간단한 모형형태가 대부분이었다.

$$ES_t = \beta_0 + \beta_1 P_t + \beta_2 Q_t + \beta_3 ES_{t-1} + e_t \quad (25)$$

주: ES_t =재고량, Q_t =생산량, P_t =가격

3.5. 수입수요 함수

○ 수입수요 함수형태는 개별 품목의 기대수입량이 국내가격과 수입가격에 의해 결정된다고 가정된다. 그러나 실제분석은 몇 가지 함수형태로 적용할 수 있으며 그 예는 다음 식과 같다.

$$import_t = f(domesticprice_t, importprice_t) \quad (26)$$

$$import_t = f(domesticprice_t - importprice_t) \quad (27)$$

$$import_t = f(domestic price_t / import price_t) \quad (28)$$

○ 수입수요 함수 설정 시 주의해야 할 것은 외국산과 국내산에 대한 국내 소비자들의 반응 및 인식이다. 국내 소비자가 국내산과 외국산을 동질(homogeneous)의 제품으로 인식하는지, 아니면 이질(heterogeneous)의 제품으로 인식하느냐에 따라서 전체 모형시스템이 달라진다.

- (동질) 외국산이 국내산과 동질의 제품이면 균형가격 도출과정에서 총공급량에 국내생산량과 수입량이 포함되며, 총소비량도 국내소비량과 수출량이 포함된다.
- (이질) 외국산이 국내산과 이질적이라면 시장균형가격 도출과정에서 국내산 모형과 외국산 모형을 이원화하여 구축되어야 한다. 즉, 총공급량에 국내산만 포함되며, 수요 함수에도 국내산 생산량만 포함된다.
- 외국산에 대한 국내 소비자의 인식에 따라 수요 함수 및 수입수요 함수는 아래 식과 같이 함수형태가 달라진다.

〈표 3-1〉 수입산 제품에 따른 모형구조비교

수입산 동질로 가정	수입산 이질로 가정
* 시장 일원화 총공급=생산량+수입량+전기재고량 총수요=국내수요+수출량+재고량	* 시장을 국내와 수입산으로 이원화 총공급=생산량+전기재고량 총수요=국내수요+수출량+재고량 수입수요=수입공급
$Demand_{i,t}/pop_t = f(price_{i,t}, price_{j,t}, I_t)$ $M_{i,t} = f(price_{i,t}, price_{m,t})$	$Demand_{i,t}/pop_t = f(price_{i,t}, price_{j,t}, price_{m,t}, I_t)$ $M_{i,t} = f(price_{i,t}, price_{m,t}, I_t)$

주: pop =인구수, i =국내산, j =대체재, m =수입산, M =수입량, I =소득

자료: 한석호 외(2015, p.57).

○ 외국산이 국내산과 동질적인지 이질적인지 판단하기 위해서는 수입산 가격과 국내산 가격의 데이터 흐름에 대한 시계열분석이 필요하다. 여기서 수입산

가격은 국내에 수입된 수입단가가 아니라, 국내시장에 실제 판매된 수입산 국내시장가격이 필요하다.

○ KREI-KASMO에서는 동일한 품목인 경우 외국산과 국내산이 동질이라 가정하여 모형을 설계하였다. 즉 외국산과 국내산은 같은 품목군에 포함되며, 단지 소비자는 다른 브랜드로 인식하는 수준으로 별개의 시장이 형성되어 있다고 가정하지 않았다.

- 예를 들어, 스마트폰 시장에서도 소비자는 삼성 제품과 애플 제품에 대해 브랜드상 선호도가 다를 뿐이지 시장이 별도로 분리되었다고 생각하지 않는 것과 같다.

○ 품목별 수입수요 함수형태는 개별 국가의 기대수입량이 ① 국내가격, ② 환율, 관세율, 국내 유통관련 제반비용을 적용한 외국산의 국내 시장가격, ③ 수출경쟁국에서 생산한 농산물의 국내 수입가격에 의해 결정되도록 구성하였다. 품목별/국가별로 수입가격에 대한 자체 가격 탄성치와 수출경쟁국 간의 대체 탄성치를 행렬로 구성하였다.

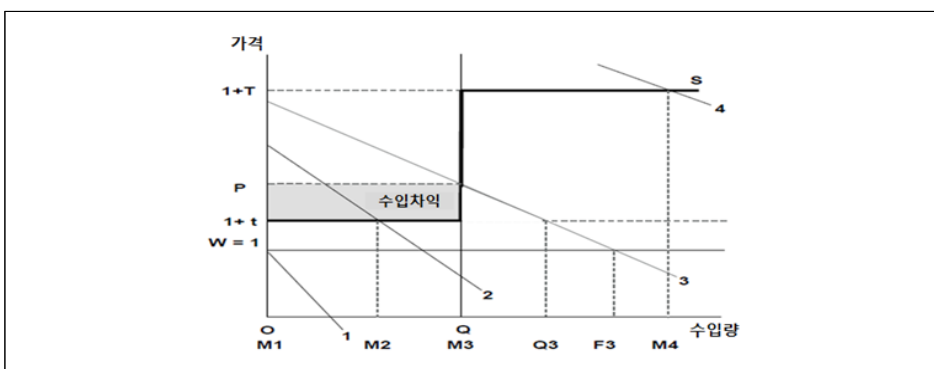
4. 시장개방 영향분석 방법

4.1. 무역자유화 영향평가

○ FTA로 인한 관세철폐로 해외 농산물의 수입증대와 이에 따른 국내 농업생산 감소액 계측은 수입수요 함수로부터 도출되는데 수입량 함수는 국별, 용도별(식용, 사료용)로 구분하여 구축하였다.

- 품목별 수입수요 함수형태는 각 국가별 기대수입량이 국내가격과 환율과 관세를 적용한 해당국의 수입가격, 수입 경쟁국 수입가격에 의해 결정되도록 구성하여, 품목별/국가별로 수입가격에 대한 자체 가격 탄성치와 수입경쟁국 간의 대체 탄성치를 행렬로 구성하였다.
- 우리나라가 여러 FTA를 체결할 경우, 관세철폐가 순차적으로 또는 동시에 이루어질 때 각 수출 국가별 국내시장에서의 수입량 및 시장점유율을 예측하여, 무역창출효과 및 무역전환효과를 산출하였다.
- TRQ 증량에 따른 영향평가 분석 방법은 David W. Skully(2001)의 방법론에 의거하여 네 가지 경우로 분류하여 TRQ 효과 분석을 실시하고, 또한 정부의 추가할당물량도 고려하였다.
- TRQ 제도는 일종의 이중관세제도로써 FTA 협정에 의해 설정된 TRQ 물량 내의 수입물량은 낮은 쿼터내 관세(In-quota tariff)가 적용되며 이를 초과한 수입물량은 높은 쿼터밖 관세(out-quota tariff)를 적용하는 제도이다. 국내 수입수요의 크기와 TRQ 제도에 따른 관세 변화가 수입량에 영향을 미친다.

〈그림 3-2〉 국내 수입수요에 따른 TRQ 영향



자료: 한석호 외(2015, p.53).

- 세계시장가격을 $W(=1)$ 라고 가정할 때 전 세계 수출공급곡선($=S$)은 TRQ 물량($=Q$)까지 쿼터내 관세($1+t$)가 적용되며 이를 초과한 수입물량에는 쿼터밖 관세($1+T$)가 적용되어 공급한다.
- (국내 수입수요가 <1>인 경우) 국내수요량이 쿼터내 관세($1+t$)물량에 미치지 못하여 수입물량($M1$)은 0이 된다.
- (국내 수입수요가 <2>인 경우) 실제 수입량이 현재 TRQ 물량보다 작은 경우, 국내수요량이 쿼터내 관세($1+t$)물량에 미치지 못하여 FTA를 통해 TRQ를 추가 증량해도 수입량이 늘어나지 않는다.
- (국내 수입수요가 <3>인 경우) 실제 수입량과 현재 TRQ 물량이 같은 경우, 추가 TRQ 증량 효과가 있다.
 - 수입수요가 쿼터내 관세와 쿼터밖 관세가 중첩되는 부분에 위치함으로써 만약 TRQ 제도 없이 일반쿼터관세가 적용된다면 수입물량은 $Q3$ 가 되고, 관세가 적용되지 않는 자유무역($W=1$)의 경우 수입물량은 $F3$ 이 된다($M3 = Q < Q3 < F3$, 관세제한효과).
 - 전체 수입량이 국내 수입수요에 비해 적게 수입되기 때문에 수입차익(Rent)이 발생하게 되며, 낮은 쿼터내 관세가 적용되는 TRQ 물량의 수입권을 조건 없이 배분할 경우 수입권을 보유한 기업은 단위 수입물량당 $P-(1+t)$ 만큼의 수입차익을 얻게 된다.
- (국내 수입수요가 <4>인 경우) 실제 수입량이 현재 TRQ 물량보다 많은 경우, 현재 수입량까지는 TRQ 증량 효과가 없으나, 수입량 이상의 TRQ 추가 증량은 효과가 있다.

- 국내 수입수요가 TRQ 물량보다 높아 TRQ 물량 이외의 수입물량에 쿼터 밖 관세를 적용하더라도 국내에서 충분히 수요되는 경우로서 국내 총수입 물량은 M_4 이고 국내가격은 $1+T$ 가 된다.
- 이러한 경우 쿼터내 관세를 적용한 수입물량(Q) 또한, 쿼터밖 관세가 포함된 가격($1+T$)에 판매하여 $T-t = (1+T)-(1+t)$ 의 수입차익을 내는 경우가 발생한다.

○ TRQ 제도에 의해 실제 수입되는 수입물량은 위의 이론적 수입과는 달리 TRQ 물량 내 수입에 따른 여러 부가조건으로 인해 국내외 가격 차이가 있음에도 불구하고 종종 설정된 TRQ 물량 가운데 일부분만이 수입되는 경우가 발생할 수 있다.

- 예를 들어 TRQ 물량 내 수입물량을 확보하기 위한 추가적인 행정비 및 거래비용으로 인해 낮은 쿼터관세가 적용된다 하더라도 실제 수입되는 물량은 TRQ 물량보다 작아질 수 있다.

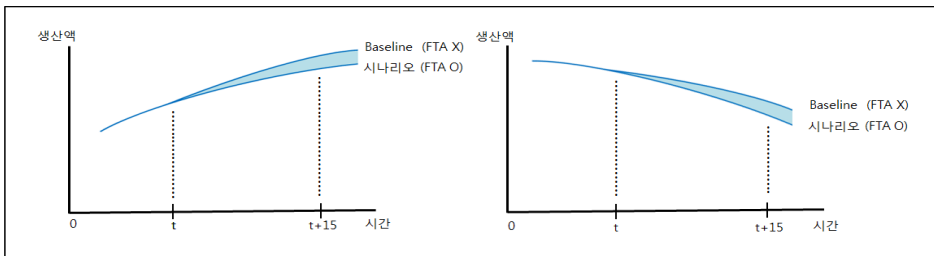
○ 글로벌 TRQ 이외 정부의 추가할당물량이 있을 경우, 신규 TRQ 물량이 정부의 추가할당물량을 넘지 않을 경우, TRQ 증량 효과는 없다.

○ 관세인하 및 TRQ 증량에 따른 FTA 영향평가 분석 방법은 FTA가 발효되지 않았을 경우(베이스라인)를 연차별(15년 또는 20년)로 전망하고, FTA가 발효될 경우(시나리오)의 연차별 전망치를 비교하여 산출하였다.

○ 생산액 피해는 베이스라인 생산액 전망치에서 시나리오 생산액 전망치를 뺀 값이다.

- 관세인하 및 TRQ 증량에 따른 수입량 증가는 초과공급(ES)으로 전환되고, 국내 균형가격은 하락하며, 가격 하락은 동기 또는 차기의 생산량(재배면적, 사육마릿수)을 감소시킨다.
- 균형가격 하락 폭(ΔP)과 생산량 감소 폭(ΔQ)의 곱이 생산액 피해(직접피해 효과)로 도출된다.
- 균형가격 하락(ΔP)은 생산 및 소비대체재가 되는 품목의 가격을 하락시켜 타 품목의 수급균형에 영향(간접피해효과)을 준다.

〈그림 3-3〉 관세인하 및 TRQ 증량에 따른 FTA 영향평가 분석 방법



자료: 한석호 외(2015, p.56).

4.2. FTA 사후평가 모듈¹⁰⁾

- 기체결 FTA 이행에 따른 우리나라 농업부문의 사후영향평가를 위해 FTA 발효 이후 관세하락 및 TRQ 증량이 포함된 베이스라인(실제치)과 FTA가 반영되지 않은 시나리오(가정)의 수급 및 가격 전망치를 이용하여 FTA의 경제적 영향평가를 위한 분석 모듈을 개발하였다.

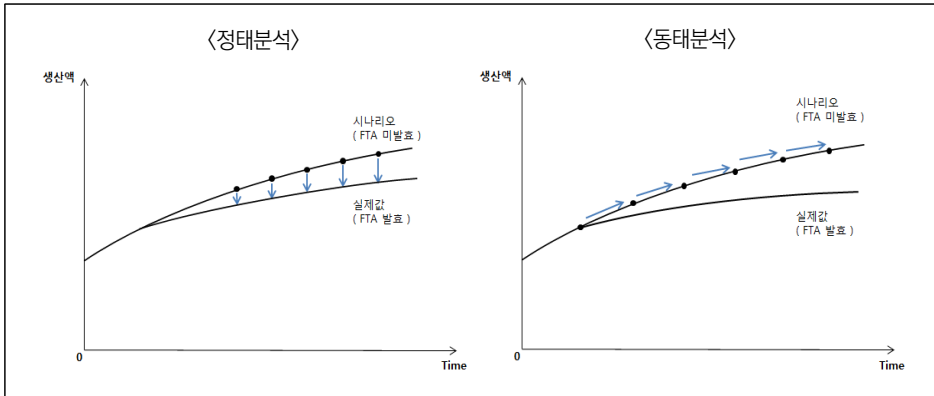
¹⁰⁾ 한석호 외. (2015).

- 일부 선행연구 결과와 같이 FTA 발효 이전과 발효 이후의 수입량 및 가격 비교는 사실상 정확한 영향평가가 될 수 없다. FTA 발효 이후 설령 수입량이 줄어들었다고 하더라도, 이는 수출국의 기상이변 및 병해충 발생 등 수급상황의 변화로 수입단가가 상승하거나, 환율 등 거시지표의 변화가 주요 원인일 수 있으며, 관세율 하락 효과만이라고 단정할 수 없기 때문이다.
- 또한, 어느 특정 상대국 FTA로 인한 관세인하 및 TRQ 증량에 대한 사후평가이므로, 특정 상대국의 품목별 관세율 및 TRQ만의 영향분석을 해야 하므로, 시나리오는 FTA 발효시점에서부터 특정 상대국의 품목별 관세율 및 TRQ가 FTA 발효 이전과 동일한 것으로 가정하여 시뮬레이션을 해야 한다.

○ 동태적 사후 경제적 영향평가 시뮬레이션 모듈을 개발하여 삽입·추가하였으며 기체결 FTA 이행 국가별·품목별 수입량, 수입단가, 관세율, TRQ 등의 데이터 구축 및 수출입수요 함수를 개발하였다. 또한, 메가 FTA를 대비해 기체결 국가뿐만 아니라 메가 FTA 국가들도 포함시켜 국가별로 세분화하고 영향분석의 틀을 넓혔다.

- FTA 발효 이후, 기존 생산액 변화의 사후적 영향평가는 상대적으로 정태분석 추정결과가 동태분석 추정결과보다 편의(bias)가 발생할 가능성이 높다.
- 정태분석(static analysis)은 매년 실제 값에 탄성치를 이용하여 관세인하 효과를 각각 독립적으로 계측한 반면, 동태분석(dynamic analysis)은 당해 연도의 관세인하효과 값이 차기 연도의 기준값이 되고 여기에 해당 연도의 관세인하효과가 추가되어 영향을 미치는 분석 방법을 의미한다. 따라서 FTA 사후영향평가 시 상대적으로 정태분석 추정결과가 동태분석 추정결과보다 작게 분석될 가능성이 존재한다.
- 이는 <그림 3-4>와 같이 정태분석 방법이 각 연도별 효과만 분석하며, 생산 및 소비대체 효과를 계측하는 데 한계가 있기 때문이다.

〈그림 3-4〉 정태분석 및 동태분석의 분석방법론 비교



자료: 한석호 외(2015, p.63).

○ 사후 영향평가에서, 모형에서 사용하는 품목별/수급별 행태방정식(single behavior equation)의 탄성치를 이용하여 과거 FTA 발효시점에서 마지막 시행시점까지를 예측(forward forecasting)하였을 때, 행태방정식별 실제값(Y)과 예측치($\hat{Y}$)를 비교한다면 오차($e_t = Y_t - \hat{Y}_t$)가 발생되는데, 이와 같은 각 행태방정식별 오차항(e_t)을 각 행태방정식에 고정값으로 적용(합산)하여, 과거 특정 FTA 발효시점을 기준으로 다시 예측함으로써 사후 FTA 경제적 영향(시뮬레이션)을 계측해야 한다. 오차항(e_t)의 존재는 각 행태방정식별 주요 설명변수 이외 다른 요인을 포함하지 못한 결과이며, 오차항이 영(0)이면 사실상 항등식이 된다. 따라서 단일 행태방정식(single behavior equation)에 포함된 오차항(e_t)을 적용한 시나리오 분석 방법은 다음과 같다.

- 1) 과거 FTA 발효시점에서 마지막 시행시점까지의 예측(forward forecasting)을 하였을 때, 각 행태방정식별 실제값(Y)과 예측치($\hat{Y}$)를 비교하여 오차($e_t = Y_t - \hat{Y}_t$)항을 계산한다.
- 2) 모든 행태방정식의 오차항(e_t)을 고정한 후, 과거 특정 FTA 발효시점을 기준

으로 현재까지 다시 수급 및 가격을 예측할 경우, 수급 및 가격의 실제치(확정치)와 시뮬레이션 값(전망치)이 동일함을 확인한다.

3) 특정 기체결 FTA의 시나리오(FTA 미체결)를 시뮬레이션한다. 즉, 과거 특정 FTA 발효시점을 기준으로 다시 수급 및 가격을 예측함으로써 사후 FTA 경제적 영향분석을 시도한다.

- 각 행태방정식별 시뮬레이션 값(시나리오)은 시나리오 추정치($\hat{Y}_{s,t}$)에 오차항(e_t)을 더하여 계산한다.

- 단, 시나리오는 특정 FTA 국가의 관세율과 TRQ는 발효 이전 수준으로 고정하는 것을 가정한다.

4) 영향평가는 베이스라인(Y)과 시나리오($\hat{Y}_s + e_t$)의 차이이다.

- 이와 같이 특정 기체결 FTA 영향을 분석할 때, 각 행태방정식에 포함된 오차항(e_t)을 고정시켜, 과거 특정 FTA 발효시점을 기준으로 다시 수급 및 가격을 예측하는 이유는 각각의 단일 행태방정식에 포함된 설명변수 이외의 변동성은 고정시키고, 행태방정식에 포함된 각각의 설명변수의 탄성치에 대한 순수한 변화를 보기 위함이다.

- 실제분석에서 외생변수(관세율 및 TRQ)가 동일하고 행태방정식별로 오차항(e_t)을 고정시킬 경우, 과거 특정 FTA 발효시점을 기준으로 현재까지 다시 수급 및 가격을 예측한다고 하더라도 수급 및 가격의 실제치(확정치)와 시뮬레이션 값(전망치)이 동일하게 된다.

○ 기체결 FTA의 사후영향평가는 특정 FTA에 관하여 관세인하 및 TRQ 증량에 따른 FTA 영향평가 분석 방법은 특정 FTA 발효시점에서 마지막 시행시점까지의 실제치가 베이스라인이 되며, 시나리오(특정 FTA 미발효)를 적용한

FTA 발효시점에서 마지막 시행시점까지의 시뮬레이션 값, 즉, 전망치가 시나리오 결과값이 된다. 이 두 결과값의 차이(베이스라인 - 시나리오)가 특정 FTA의 영향평가 값이 되는 것이다. 예컨대 생산액을 대상으로 비교할 경우, 베이스라인(FTA 체결)의 생산액에서 시나리오(FTA 미체결)의 생산액을 차감하면 그 결과가 특정 FTA의 영향평가결과로 생산피해액이 된다.

- 동태적 사후영향평가모듈은 FTA 이행 기간 중 특정 FTA만을 평가하는 것으로, 특정 FTA가 발효되지 않았을 경우, 기존 다른 FTA들과 연계하여 무역창출효과와 무역전환효과를 계측하고 국내 농업의 수급 및 가격변화를 동태적으로 계측하는 것이다. 예를 들어, 15개의 FTA가 동시에 이행될 경우, 예컨대 순수한 한·미 FTA 효과(관세인하 및 TRQ) 증감만을 계측한다.

5. 연산연도/마케팅연도 적용

- 중장기 수급전망모형은 품목별 생육 특성 및 기간에 따라 구축되어야 한다. 즉, 수급자료는 해당 품목의 생육기간, 재배력에 맞게 구축되어야 한다.
 - KREI-KASMO에 포함된 품목의 데이터는 생물학적 요인(정식시기와 수확시기를 고려한 재배력)을 반영한 연산연도 또는 마케팅연도를 고려하여 구축되어 있다.
 - 예를 들어 농가가 5월에 정식을 하고 10월에 수확을 하여, 11월부터 다음 해 10월까지 시장에서 유통된다면 해당 작물 연산연도(marketing year, 마케팅연도)는 11월부터 다음 해 10월까지가 된다.
- 연산연도 개념은 모형 설정에 있어 매우 중요하며, 가격데이터를 회계연도(calendar year)로 사용할 경우, 측정오류(measurement error)가 발생하

게 되어 회귀방정식으로 추정된 파라미터가 편의를 가지며(biased), 또한 샘플의 개수가 무한히 늘어난다고 하더라도 불일치성(inconsistency)이 발생된다.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1^* + u, \quad x_1 = x_1^* + e \quad (29)$$

$$y = \beta_0 + \beta_1 (x_1 - e) + u = \beta_0 + \beta_1 x_1 + (u - \beta_1 e) \quad (30)$$

$$E(u, x_1) = \text{cov}(u, x_1) = 0 \quad (31)$$

$$E(e, x_1) = \text{cov}(e, x_1) = 0 \quad (32)$$

주: x_1^* : actual value, x_1 : observed value, e : measurement error

○ 측정오류에 따른 문제는 두 가지 형태로 나누어질 수 있으며 첫 번째 경우는 측정오류와 설명변수 간에 상관관계가 존재하지 않을 경우이다<식(32)>. 이 경우에는 추정된 파라미터들이 모두 불편추정치(unbiased)이고 일치성을 가진다. 그 이유는 우리가 이미 식(31, 32)을 가정했기 때문이다. 그러나 문제는 식(30)의 분산이 식(29)의 분산보다 크다는 데 있다. 즉, 비효율성(inefficiency)의 문제가 발생된다.

$$\text{var}(u - \beta_1 e) = \sigma_u^2 + \beta_1^2 \sigma_e^2 > \sigma_u^2 \quad (33)$$

○ 두 번째 경우는 측정오류와 설명변수 사이에 상관관계가 존재할 경우이다. 계량경제학자들은 흔히 이 경우를 classical Error-In-Variable(EIV)이라고 부른다. 이 경우의 문제점은 아무리 샘플 개수가 늘어난다고 하더라도 행태방정식에 포함된 추정치 또는 파라미터들은 편의가 있고 불일치성이 존재한다.

$$\text{cov}(e, x_1) = \text{cov}(x_1^* + e, e) = \sigma_e^2 \neq 0, \quad \text{where, } \text{cov}(x_1^*, e) = 0, \quad \text{cov}(e^2) = \sigma_e^2$$

$$\text{cov}(x_1, u - \beta_1 e) = -\beta_1 \sigma_e^2 \neq 0$$

$$\begin{aligned}
plim(\hat{\beta}_1) &= \beta_1 + \frac{cov(x_1, u - \beta_1 e)}{var(x_1)} \\
&= \beta_1 + \frac{-\beta_1 \sigma_e^2}{\sigma_{x_1}^2 + \sigma_e^2} = \beta_1 \left(1 - \frac{\sigma_e^2}{\sigma_{x_1}^2 + \sigma_e^2}\right) = \beta_1 \left[\frac{\sigma_{x_1}^2}{\sigma_{x_1}^2 + \sigma_e^2}\right] \\
\therefore \quad \hat{\beta}_1 &\xrightarrow{p} \beta_1 \left[\frac{\sigma_{x_1}^2}{\sigma_{x_1}^2 + \sigma_e^2}\right]
\end{aligned}$$

제4장

KREI-KASMO 2022 확률적 모형 개선 연구



4

KREI-KASMO 2022 확률적 모형 개선 연구

1. 확률적 농업 전망모형의 필요성

○ KREI-KASMO 모형은 확정적(deterministic) 모형으로, 전망치에 불확실성을 반영하기 어렵다는 한계가 존재한다.

- 점 추정치(point estimate)로 나타내는 전망은 실제 시장에 존재하는 위험(risk)과 불확실성을 고려하기 어렵다. 예를 들어, 확정적 모형을 이용해 도출된 쌀 가격이 목표가격보다 높을 것이라 예상될 때, 기상에 따른 단수의 증가 또는 국내 수요의 감소 등의 불확실성으로 인해 쌀 가격이 목표가격에 미치지 못하는 것은 고려되지 않는다. 즉, 확정적 모형은 불확실성을 모형에 반영하는 데 한계가 있다.
- 확정적 모형은 점 추정치를 이용해 정부 정책 영향평가를 수행하는데 이때 편의(bias)가 존재할 수 있다. 하지만 확률적 모형은 확률분포 형태로 된 전망 값을 바탕으로 영향분석을 진행하기 때문에 분석 및 연구에서 나타날 수 있는 편의(bias)를 예방할 수 있다.

○ 이런 점에서 확정적 모형을 보완하는 하나의 방안으로 확률적(stochastic) 모형을 제시할 수 있다.

- 확률적 모형은 불확실성을 특정 변수에 반영하여 확률분포를 구하고, 분포를 이용해 도출된 다수의 확률값을 모형에 대입한 뒤, 시장청산 과정을 반복 시행해 예상 가능 구간(range)으로 전망치를 도출할 수 있다.
- 확률분포는 주로 상관관계(correlation)가 높은 변수들을 이용해 다변량 분포(multivariate distribution)를 생성하여 변수 간 상관성을 다변량분포에 내재시킨다.
- KREI-KASMO 모형의 거시경제변수는 다양한 대내외 기관이 공표한 전망치를 외생변수로써 이용하고 있지만, 거시경제변수에 존재하는 불확실성을 반영하기 위해서는 과거 자료를 바탕으로 확률분포를 생성해 이를 모형에 적용하여 전망치의 예상되는 구간을 도출해야 한다.
- 확률적 모형을 이용하면 국내 농업에 영향을 미치는 다양한 불확실성 요인들을 고려하여 품목별 가격, 수급, 농업 농가경제지표 및 총량지표의 전망치를 구간으로 도출할 수 있다.

○ (확정적 모형 보완) 확률적 모형은 확정적 베이스라인을 바탕으로 구동이 되는 만큼 확정적 모형이 필수적이다. 확정적 모형은 엑셀을 이용하기 때문에 데이터 수정 및 입력이 편리하고 모형 관리가 용이하다. 하지만 엑셀의 구조적인 한계로 모형의 구조를 확인하기 위해서 개별적인 셀의 수식을 확인해야 하며, 오류가 발생하였을 시 문제 파악에 어려움이 있어 오류가 존재하는 상태로 운용이 될 수 있다. 하지만 확률적 모형을 구축 및 운용하면 확정적 모형에서 오류가 발생하였을 때 오류를 파악하는 데 큰 도움을 줄 수 있다. 기본적으로 확률적 모형과 확정적 모형이 동일하게 구축이 되어야 하기 때문에 확률적 모형 구축과정에서 확정적 모형의 구조 파악 및 구축이 이뤄지며, 해당 과

정 진행 시 확정적 모형에 존재하던 구조적인 오류들을 파악할 수 있다. 확률적 모형이 구축 완료된 이후 모형 운용과정에서도 확정적 모형의 오류 파악이 가능하다. 확정적 모형 운용 중 운용자의 실수 및 데이터의 문제로 오류가 발생하였다면, 해당 데이터를 이용하는 확률적 모형은 구동되지 않거나, 균형이 완벽하지 않은 것으로 나타난다. 이때 오류 또는 불균형이 발생하는 변수가 통계프로그램상에 나타나기 때문에 오류 발생 지점과 발생 원인을 상대적으로 쉽게 파악할 수 있다. 실제로 KREI-KASMO 확률적 모형을 구축 및 운용하는 과정에서 확정적 모형에 존재하던 오류들을 발견하여 확정적 모형 담당자와 논의하여 수정하였다. 이처럼 확률적 모형은 확정적 모형이 필수적으로 선행되어야 하지만, 확률적 모형을 운용함으로써 확정적 모형의 개선에 도움을 줄 수 있어 상호 보완으로 운용이 가능하다.

2. 확률적 모형 구축 절차

- (확정적 모형 구축) 확률적 모형을 구축하기 위해서는 필수적으로 확정적 모형과 전망치가 존재해야 한다. 확정적 모형과 점 추정치의 전망 값이 선행되어야 해당 확정적 모형의 구조를 바탕으로 확률적 모형을 구축할 수 있다. 따라서 확률적 모형을 구축하기 위해서는 확정적 모형을 이용한 전망과 베이스라인 설정은 필수적으로 선행되어야 한다. 실제로 확률적 모형을 운용하고 있는 해외기관들은 확정적 모형과 확률적 모형을 동시에 운용하고 있다.
- (확정적 모형 자료 취합) 확정적 모형에 존재하는 탄성치, 데이터, 계수, 오차항 등 모든 자료를 취합한다. 해당 자료들은 확정적 모형과 확률적 모형에서 완벽하게 일치해야 하며, 만일 두 모형의 자료에 차이가 존재하면 전망의 방향성이 다르게 설정될 수 있다.

○ (확률적 모형 구축) 확정적 모형을 통계프로그램¹¹⁾에 구축한 뒤 검증해야 한다. 확정적 모형에 존재하는 모든 데이터를 바탕으로 동일한 모형의 구조를 통계프로그램에 구축한다.

- 구축된 확률적 모형과 확정적 모형은 정확하게 일치하여야 하며, 일치 여부는 종속변수의 결정계수와 적합 통계량을 통해 확인할 수 있다.

○ (불확실성 부여) 정규 코플러를 이용해 확률변수 간 종속성을 부여한 후 정규 분포로부터 확률변수값을 추출하였다. 이번 연구에서는 확률변수를 거시변수와 단수로 나누어 진행하였다,

- 거시변수(환율, 유가, 밀 국제 가격, 옥수수 국제 가격, 대두 국제 가격)의 경우는 2023년 한 개 연도를 대상으로 5×5 상관 관계행렬을 도출하였다. 이때 평균은 KREI-KASMO 확정적 모형 전망치, 표준편차는 과거 데이터로부터 정규분포를 추출하였다. 생성된 분포를 이용하여 각기 다른 불확실성을 가지고 있는 500개의 거시 확률변수를 도출하였다.
- 단수의 경우 2023~2032년 10년의 기간을 대상으로 품목군별로 $n \times n$ 상관행렬을 도출하였다. 이때 평균은 KREI-KASMO 확정적 모형 전망치, 표준편차는 과거 데이터로부터 정규분포를 추출하였다. 생성된 분포를 이용하여 각기 다른 불확실성을 가지고 있는 500개의 단수 확률변수를 도출하였다.

○ (시뮬레이션) 정규분포를 이용해 생성한 500개의 확률변수를 구축된 확률적 모형에 대입하여 500번의 시장청산 과정을 진행하고 500개의 결과값을 도출한다. 이는 각기 다른 확률변수 500개를 이용하여 확정적 모형을 500번 돌린 것과 동일하다.

¹¹⁾ KREI-KASMO 확률적 모형을 구축하기 위해 사용한 통계프로그램은 SAS임. FAPRI-MU 역시 SAS를 이용해 확률적 모형을 운용하고 있음.

- 올해 연구는 거시, 단수, 단수(교역 제한) 세 가지 버전으로 시뮬레이션을 진행하였으며 세 개의 결과 세트를 도출하였다.

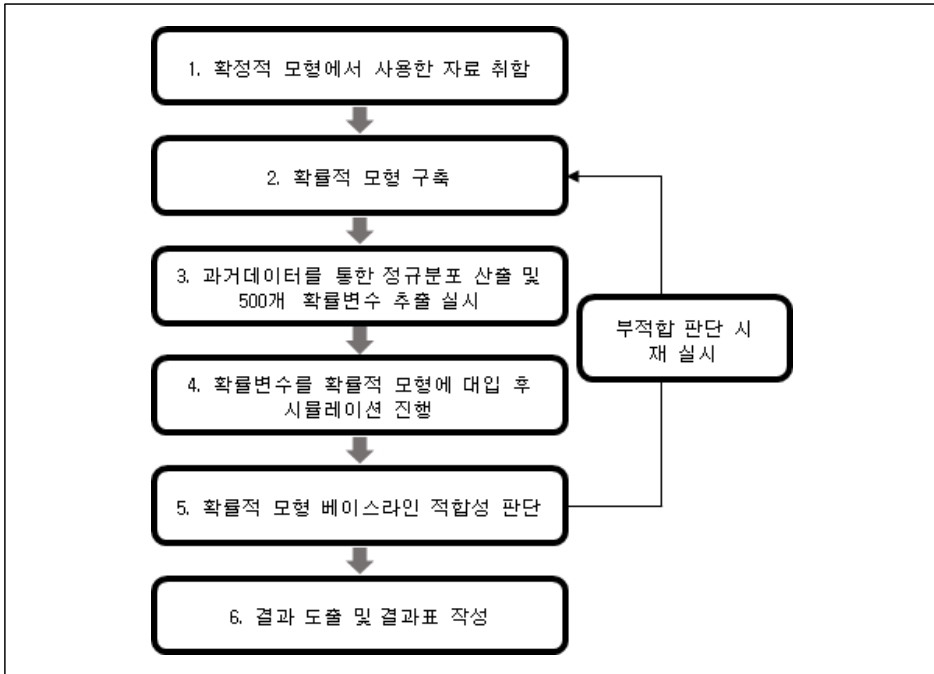
○ (확률 전망치 검증) 시뮬레이션을 수행하여 도출된 500개 결괏값의 평균값을 확정적 모형의 전망치와 비교한다.

- 확정적 모형의 평균값을 이용했기 때문에 확률적 모형의 전망치 평균값은 확정적 모형의 전망치와 유사한 값을 가진다. 이번 연구에서의 시뮬레이션 결과 역시 세 가지 버전 모두 확정적 모형 전망치와 확률적 모형의 평균이 유사한 것으로 나타났다.

○ (결과표 도출) 500개 확률적 전망치를 이용해 기초 통계량을 확인하고, 평균 값과 10분위 전망치를 확인한다. 이때 특정 분위 구간이 적용한 확률변수에 불확실성이 존재할 때 발생할 가능성이 있는 구간이라고 할 수 있으며, 보편적으로 10분위에서 90분위 전망치 구간을 이용한다.

- 구간의 범위는 명확하게 정해진 것이 아니다. 연구진의 논의를 통해 적절한 범위로 설정할 수 있다. 올해 KREI-KASMO 2022 확률적 모형은 5~95%, 25~75% 구간을 나누어 구현하였다.

〈그림 4-1〉 KREI-KASMO 확률적 모형 구축 절차



자료: 저자 작성.

3. KREI-KASMO 확률적(stochastic) 모형 구축 연구

3.1. 확률적 모형의 확장

○ 전년도 연구에서 구축한 확률적 모형의 방정식을 수정·보완하였으며, 미구축 품목의 수급 모형을 SAS 프로그램으로 구현하였다. 또한 품목별 가격지수 상승식을 추가하였으며, 총량 부분 항등식 중 비용을 행태방정식화하였다.

○ (품목 모형) 2021년 구축하였던 확률적 모형 품목 28개 이외에 미구축되어 있던 품목인 한육우, 낙농, 당근의 행태방정식을 SAS 프로그램에 구현하였다.

〈표 4-1〉 KREI-KASMO 2022 확률적 모형의 구축 현황

품목		작물
곡물		쌀, 보리, 밀, 옥수수, 콩, 감자(봄, 고랭지, 가을), 고구마
채소	엽채	배추(봄, 고랭지, 가을, 시설), 양배추
	과채	수박, 참외, 오이, 호박, 토마토, 딸기, 풋고추, 파프리카
	근채	무(봄, 고랭지, 가을, 시설), 당근
	양념 채소	마늘, 건고추, 양파, 대파
과일		사과, 배, 포도, 복숭아, 감귤, 단감
육류		한육우, 낙농, 돼지, 육계, 산란계(계란), 오리
기타		참깨, 들깨, 김치(봄, 고랭지, 가을, 시설)

자료: 저자 작성.

○ (거시확률변수 관련 항등식) 거시변수 간 항등식을 입력하여 거시확률변수 (유가, 환율)의 변화가 개별 품목 모형에 반영되도록 하였으며, 국제 곡물 수입 가격지수 항등식을 구축하여 국제 곡물 가격(밀, 옥수수, 대두 국제 가격)이 개별 품목 모형에 반영될 수 있도록 하였다.

○ (농가경제 및 기타 항등식) 기존에 항등식으로 구축되어 있던 경상비를 행태 방정식 형태로 수정하여 해당 부분을 SAS 통계프로그램 코드를 수정하였으며, 각 품목의 가격지수를 SAS 통계프로그램으로 구축하였다.

3.2. 시뮬레이션 구축 및 결과 도출

○ (품목 선정) 일부 품목의 경우 시뮬레이션 진행 시 모형 구동에 문제가 발생해 모형의 구조를 수정하고 일부 품목을 제외하였다. 보리, 콩의 경우 식용 수요를 이용하여 균형가격을 도출하는데, 이때 다른 품목과 구조적인 차이에서 문제가 발생해 거시변수 적용 시 모형 구동에 오류가 발생하여 시뮬레이션 진행을 위해 올해 연구에선 제외하고 진행하였다. 육류의 경우 t+1기의 값이 이용

되고 있는데 SAS 통계프로그램의 한계로 미래값을 적용할 수 없어 육류 또한 올해 연구에서는 제외하였다.

〈표 4-2〉 KREI-KASMO 2022 확률적 모형 시뮬레이션 진행 품목

품목		작물
곡물		쌀, 보리, 옥수수
채소	엽채	배추(봄, 고랭지, 가을, 시설)
	과채	수박, 참외, 오이, 호박, 토마토, 딸기, 풋고추, 파프리카
	근채	무(봄, 고랭지, 가을, 시설), 당근
	양념 채소	마늘, 건고추, 양파, 대파
과일		사과, 배, 포도, 복숭아, 감귤, 단감

자료: 저자 작성.

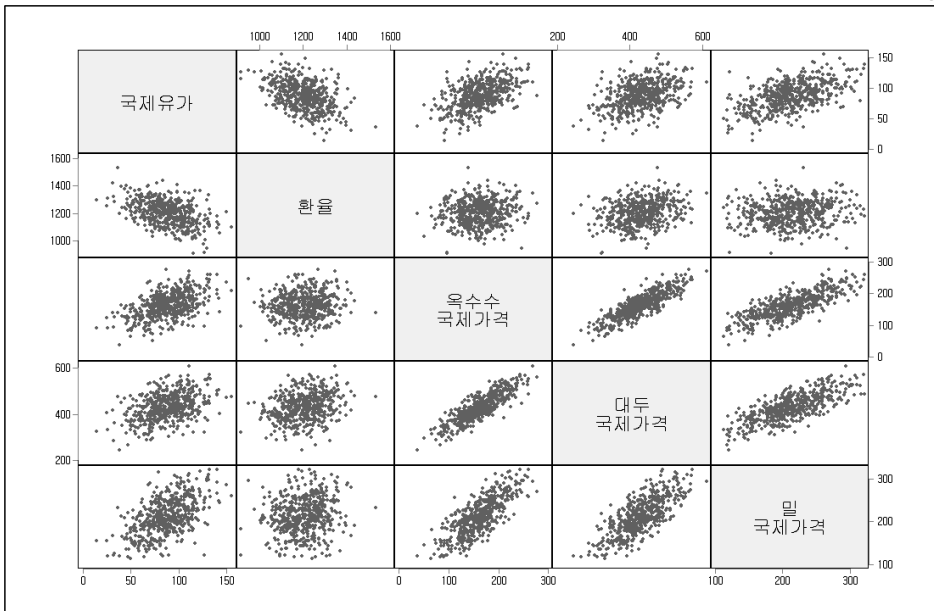
○ (모형 구조 수정) 단수 확률변수를 이용한 시뮬레이션의 경우 모형의 말단에서 확률변수가 작용하기 때문에 모형 내의 변수 간 연결이 원활하지 않아도 큰 문제 없이 구동된다. 하지만 거시 확률변수를 이용한 시뮬레이션의 경우 모형의 시작에 반영되어 시뮬레이션이 진행되기 때문에 변수 간 연결이 완벽하지 않다면 모형 구동 시 오류가 발생한다. 따라서 시뮬레이션 구동을 위해 거시변수와 국제 곡물 관련 항등식을 추가하였고 각 품목에 미구축되어 있던 항등식들을 추가하여 시뮬레이션을 진행하였다.

○ (거시 확률변수 도출) 거시변수의 특정 연도에 충격이 발생하는 것을 고려해 2023년 한 개 연도¹²⁾를 가지고 확률변수를 도출하였다. 불확실성을 적용한 거시변수는 유가, 환율, 옥수수 국제 가격, 밀 국제 가격, 콩 국제 가격으로 해당 변수들의 과거 데이터를 이용하여 5X5인 상관 관계행렬을 구하였다. 정규 코풀러를 사용하였으며, 평균은 KREI-KASMO 전망치를, 표준편차는 과거 데이터의 추세 제거한 표준편차를 이용하였다.

¹²⁾ 시간에 따른 상관관계가 존재할 시 이전 기들과의 상관관계를 고려할 수 있는 시점 간 상관관계(intertemporal Correlation)를 이용해야 함.

〈그림 4-2〉 KREI-KASMO 2022 확률적 모형 거시 확률변수 산점도행렬

단위: 달러/배럴, 원/달러, 달러/kg



자료: 저자 작성.

- 〈그림 4-2〉는 거시 확률변수 간의 산점도행렬으로 각 확률변수 간 상관관계를 파악할 수 있다. 특히 국제 곡물 간의 정의 상관관계가 두드러지게 보이며, 국제 유가와 환율 사이에는 음의 상관관계가 관찰된다.

○ (단수 확률변수 도출) 단수의 경우 개별 연도가 서로 독립적으로 작용한다고 판단해 10년(2023~2032년)의 기간에 해당하는 확률변수를 도출하였다. 모든 품목의 단수에 불확실성을 부여하였으며, 추세 제거된 데이터를 이용해서 각 품목군끼리의 상관 관계행렬¹³⁾¹⁴⁾을 구하였다. 정규 코플러를 사용하였으

13) 각 작물의 성격별로 상관관계가 다르게 나타나며, 이는 비슷한 재배환경, 파종 시기 등이 영향을 크게 미치기 때문에 같은 품목군으로 나누어 상관 관계행렬을 도출하였음. 실제로 각 품목군끼리는 상대적으로 높은 상관관계를 보이지만, 품목군이 다를 경우 상관관계가 낮은 것으로 나타났음. 하지만 엽채와 근채의 경우 재배 시기가 모두 다르기 때문에 비슷한 재배 시기의 품목군과 엮는 것을 논의해 봐야 할 필요가 있음.

며, 평균은 KREI-KASMO 전망치를, 표준편차는 추세 제거된 데이터의 표준편차를 이용하였다.

- 단수의 경우 기술 발전에 따라 지속적으로 증가하는 경향을 보인다. 품목별 사이의 상관관계만을 고려하기 위해서는 각 연도별 자료의 시간 추세를 제거해 특정 연도로 정규화시킬 필요성이 있다. 시간 추세를 제거하고 데이터를 정규화하는 방법은 비례방법과 부가방법이 있는데 본 연구에서는 부가방법을 이용하였다.
- 부가방법을 이용하여 시간 추세를 제거하는 방법은 다음과 같다. 식(35)처럼 단수를 시간(T)에 대해 회귀분석한다. 그다음 잔차와 적합 값을 도출한다.

$$YD_t = \beta_0 + \beta_1 T + \dots + \beta_n T^n + e_t : (\widehat{YD}_t, \hat{e}_t) \quad (35)$$

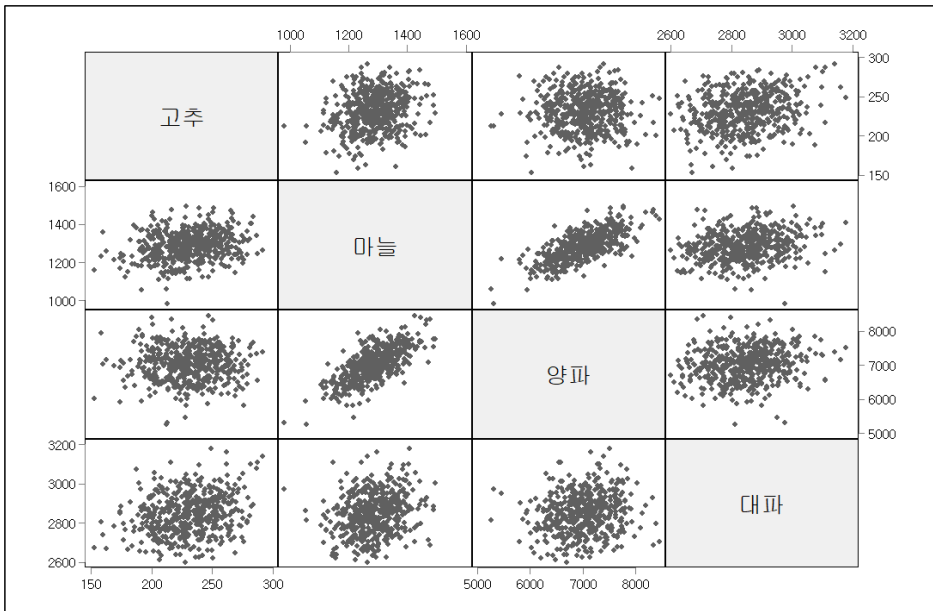
- 도출된 잔차와 적합 값을 이용하여 특정 연도를 기준으로 정규화된 단수를 도출한다. 본 연구에서는 2023년도를 기준으로 정규화된 단수의 상관관계를 도출하였다.

$$\widetilde{YD}_t = \widehat{YD}_{2023t} + \hat{e}_t \quad (36)$$

¹⁴⁾ 곡물(쌀, 옥수수, 보리), 엽채(봄배추, 가을배추, 고랭지배추, 시설패추), 근채(봄무, 가을무, 고랭지무, 시설패, 당근), 양념(고추, 마늘, 양파, 대파), 과채(수박, 참외, 오이, 호박, 토마토, 딸기, 풋고추, 파프리카), 과일(사과, 배, 포도, 복숭아, 감귤, 단감)

〈그림 4-3〉 KREI-KASMO 2022 확률적 모형 단위 확률변수 산점도행렬(양념 채소)

단위: ha



자료: 저자 작성.

- 〈그림 4-3〉은 양념 채소 단위 확률변수 간의 산점도행렬이며, 재배의 유사성이 높은 마늘과 양파의 정의 상관관계가 관찰되지만, 다른 작물에서는 눈에 띄는 상관관계가 관찰되지 않았다.

○ (시뮬레이션 진행) 500번의 시뮬레이션은 거시 확률변수와 단위 확률변수로 나누어 진행하였다. 거시 확률변수의 경우 추가적인 수정 없이 시뮬레이션을 진행하였으며, 단위 확률변수의 경우 두 가지 방법으로 시뮬레이션을 진행하였는데, 거시 확률변수와 동일하게 추가적인 수정 없이 한 번, 교역(수입, 수출) 관련 변수를 확정적 모형의 베이스라인으로 고정하여 한 번 진행하여 총 3개의 다른 시뮬레이션 결과를 도출하였다.

○ (결과 검증 및 결과표 도출) 세 개의 시뮬레이션 결과 모두 확정적 모형의 평

균과 유사한 값이 도출된 것을 확인하였다. 해당 결과를 토대로 확률밴드를 포함한 그래프를 작성하였고 다음 절에 나올 확률적 모형의 활용방안에 대해 강구하였다.

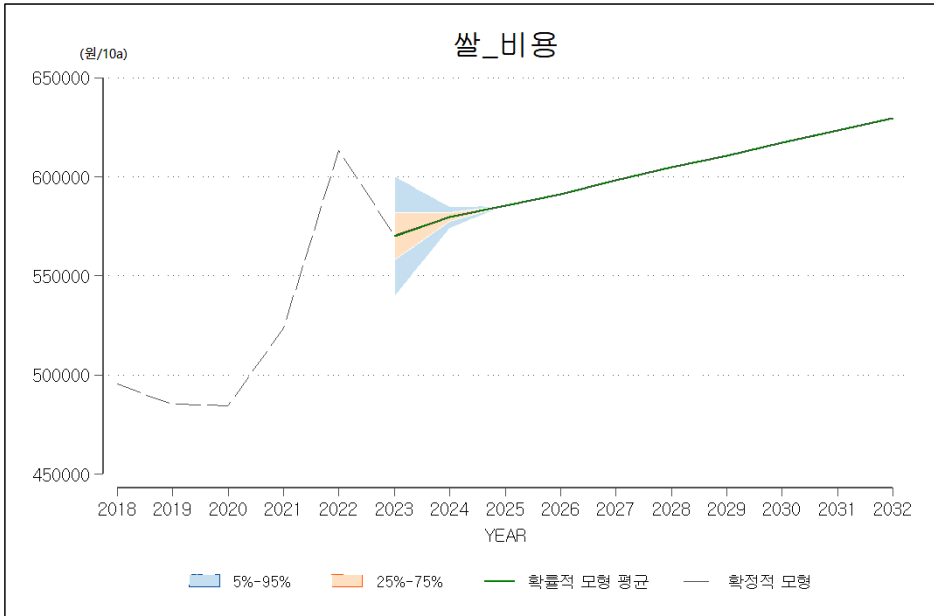
4. KREI-KASMO 확률적(stochastic) 모형 활용 예

4.1. 거시 확률변수 적용

- 확률적 모형은 농업 분야에서 다양하게 활용이 가능하다. 거시변수를 확률변수로 설정할 경우 대외 경제 여건 변화에 따른 충격이 국내 농업 분야의 미치는 파급경로를 파악하는 데 용이하며 이는 처음에는 주로 경영비 변화로 나타난다. 이후 경영비의 변화가 생산물 가격과 생산에 어떠한 영향을 미치는지 파악이 가능하다. 따라서 궁극적으로는 농업 분야 부가가치에 미치는 영향을 계측할 수 있다.
- 따라서 이번 연구에서는 거시변수의 변화가 쌀 경영비→쌀 가격→쌀 부문 부가가치→차년도 쌀 재배면적→차년도 쌀 생산량에 미치는 영향을 순차적으로 살펴보았다.¹⁵⁾
- 최종적으로는 거시변수 변화의 파급영향이 품목 부류별로 상이할 수 있기 때문에 품목 부류별 부가가치의 변화를 제시하였다.

¹⁵⁾ 현재 모든 품목의 확률적 모형이 구축된 것은 아니지만, 다양한 품목의 많은 변수들이 존재하기 때문에 모든 변수의 결과를 보여주는 것은 한계가 있음. 따라서 가장 대표 품목이며, 중요한 품목이라고 할 수 있는 쌀에 대해서 확률변수의 파급효과가 진행되는 방향을 따라 분석 결과를 제시하였음. 추가적인 결과 자료는 연구진(김준호 연구원)에게 요청 시 제공하도록 할 것임.

〈그림 4-4〉 쌀 비용 확률밴드(거시 확률변수)

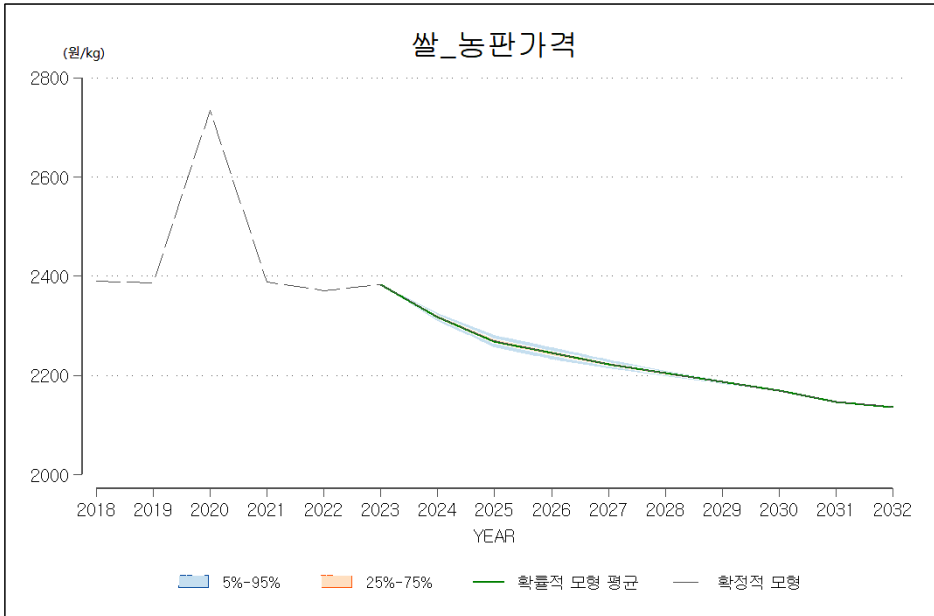


자료: 저자 작성.

○ 거시변수의 변화에 따른 쌀 경영비의 변화를 살펴보면 거시 충격이 발생한 2023년도에 가장 큰 변동 폭을 보인다. 주로 국제 유가가 감소하여 대외 거시 조건이 우호적인 경우 경영비는 감소하는 반면, 반대의 경우 경영비는 증가하는 것을 살펴볼 수 있다. 2023년 이후에는 경영비의 변동 폭은 점차 감소하고 2025년 이후에는 확정적 모형 전망치로 수렴하는 것을 볼 수 있다. 이는 거시 충격이 시간이 지남에 따라 사라지는 벡터자귀회귀모형의 충격반응 함수형태와 유사하다.

- 2023년 기준 전망치 평균 비용은 10a당 567만 원으로 산출되었다. 하위 5%는 539만 4,000원, 상위 5%는 600만 4,000원으로 전망되었다. 하위 5%에서는 전망치 평균보다 약 5.4% 낮았으며 상위 5%에서는 5.3% 높았다. 2023년도의 대외 거시 충격은 2024년까지 지속되었으나 그 충격은 미미하였다.

〈그림 4-5〉 쌀 농가 판매가격 확률밴드(거시 확률변수)

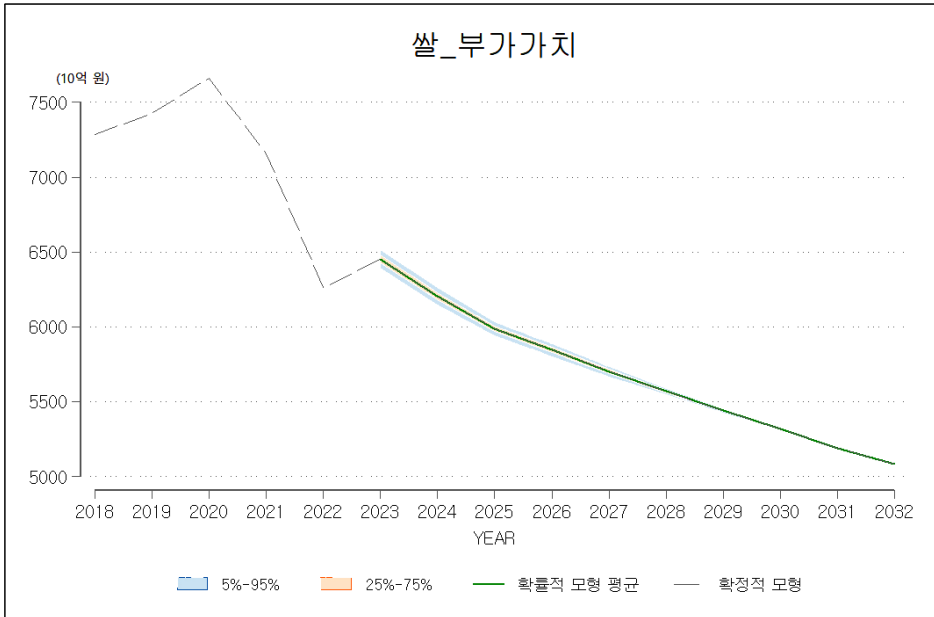


자료: 저자 작성.

○ 쌀 농가 판매가격은 거시변수의 충격에도 거의 영향을 받지 않고 있다. 이는 쌀 가격은 수요와 공급에 의해 지배를 받고 있다는 것을 의미하며 비용이 가격으로 전이가 되지 않음을 나타낸다. 따라서 농업인은 대외 여건 변화로 인해 비용이 상승할지라도 그 충격을 오로지 감당해야 한다. 이 결과는 농업 분야의 이중 압박(경영비 상승과 가격 하락)이 발생하는 현상이 일부분을 설명하고 있다.

- 2024년 기준 전망치 평균 농가 판매가격은 kg당 2,318원으로 산출되었으며 하위 5%는 2,309원, 상위 5%는 2,327원으로 전망되었다. 하위 5%에서는 전망치 평균보다 약 0.4% 낮았으며 상위 5%에서는 0.4% 높았다. 2023년도의 대외 거시 충격은 2030년까지 지속되었으나 그 충격은 매우 미미하였으며, 2025~2026년 충격이 가장 큰 것으로 나타났다.

〈그림 4-6〉 쌀 부가가치 확률밴드(거시 확률변수)

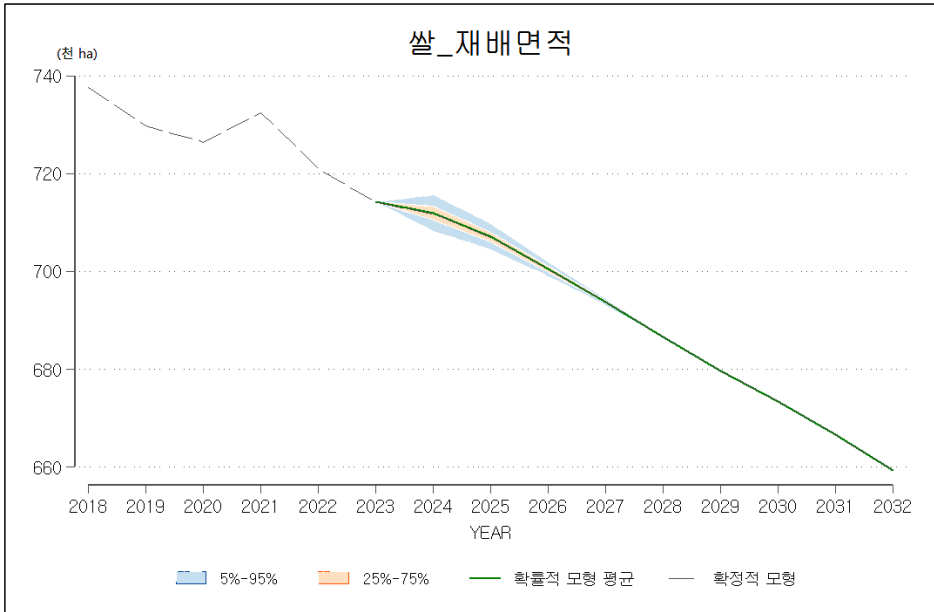


자료: 저자 작성.

○ 쌀 부가가치 전망치는 대외 거시변수에 충격이 온 2023년에 가장 큰 변화를 보이나 그 변동범위는 미미하였다.

- 2023년 기준 부가가치의 평균 전망치는 6조 4,538억 원으로 산출되었으며, 하위 5%는 6조 3,917억 원, 상위 5%는 6조 5,162억 원으로 전망되었다. 하위 5%에서는 전망치 평균보다 약 1.0% 낮았으며 상위 5%에서는 1.0% 높았다. 2023년도의 대외 거시 충격은 2031년까지 지속되었으나 그 충격은 매우 미미하였다.

〈그림 4-7〉 쌀 재배면적 확률밴드(거시 확률변수)

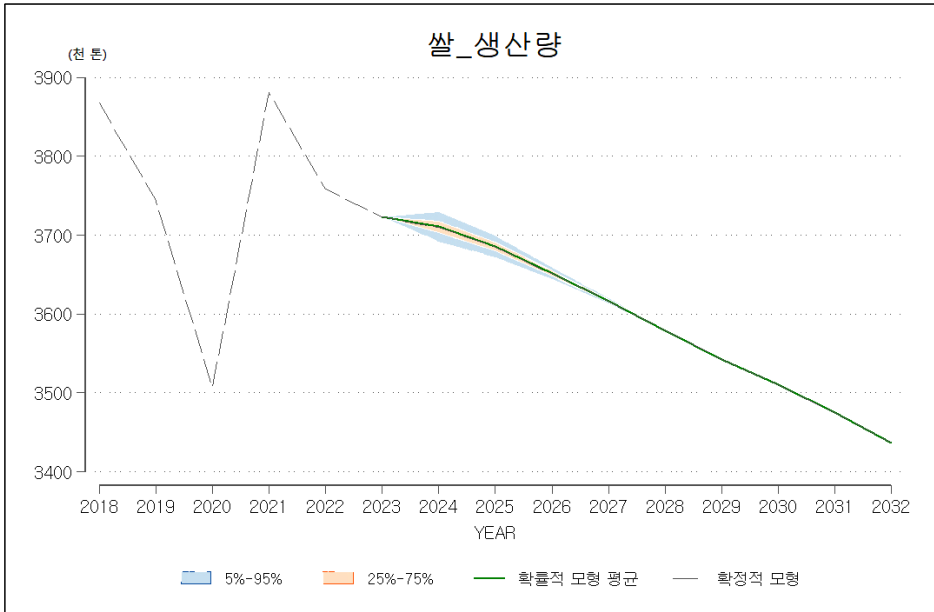


자료: 저자 작성.

○ 거시변수의 변화에 따른 쌀 재배면적의 변화를 살펴보면 거시 충격이 발생한 2023년도는 고정되어 있어 변화가 없었으며, 2024년 이후 변동이 있었으나 변동범위는 미미하였다. 이는 현실적으로 대외적인 거시 충격이 발생하더라도 쌀 작목 변경의 어려움을 단적으로 보여준다.

- 쌀 재배면적은 차년도인 2024년 전망치 평균은 71만 2,000ha로 산출되었다. 하위 5%는 70만 8,000ha, 상위 5%는 71만 6,000ha로 산출되어 전망치 평균과 큰 차이를 보이지는 않았다. 거시 충격 발생으로 인한 재배면적 변화는 약 4년간 지속되었으나 매우 미미했다.

〈그림 4-8〉 쌀 생산량 확률밴드(거시 확률변수)

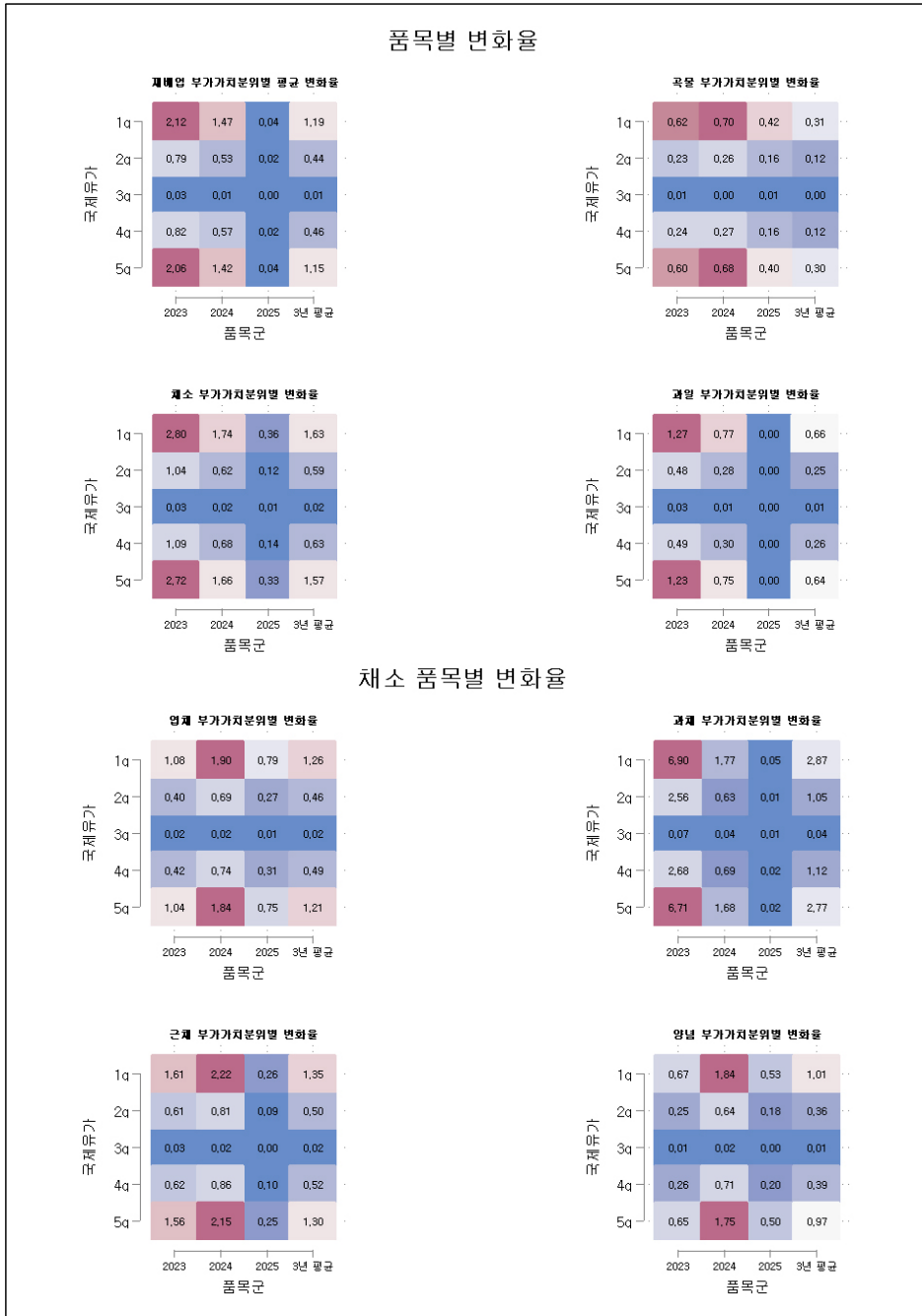


자료: 저자 작성.

○ 거시변수의 변화에 따른 쌀 생산량의 변화를 살펴보면 거시 충격이 발생한 2023년도는 경작면적이 고정되어 있어 변화가 없었으며, 2024년 이후 변동이 있었으나 변동범위는 미미하였다.

- 2024년 기준 전망치 평균 생산량은 371만 톤으로 산출되었으며 하위 5%는 369만 톤, 상위 5%는 373만 톤으로 전망되었다. 하위 5%에서는 전망치 평균보다 약 0.5% 낮았으며 상위 5%에서는 0.5% 높았다. 2023년도의 대외 거시 충격은 2027년까지 지속되었으나 그 충격은 매우 미미하였다.

〈그림 4-9〉 유가에 따른 품목별 부가가치 변화율 히트맵

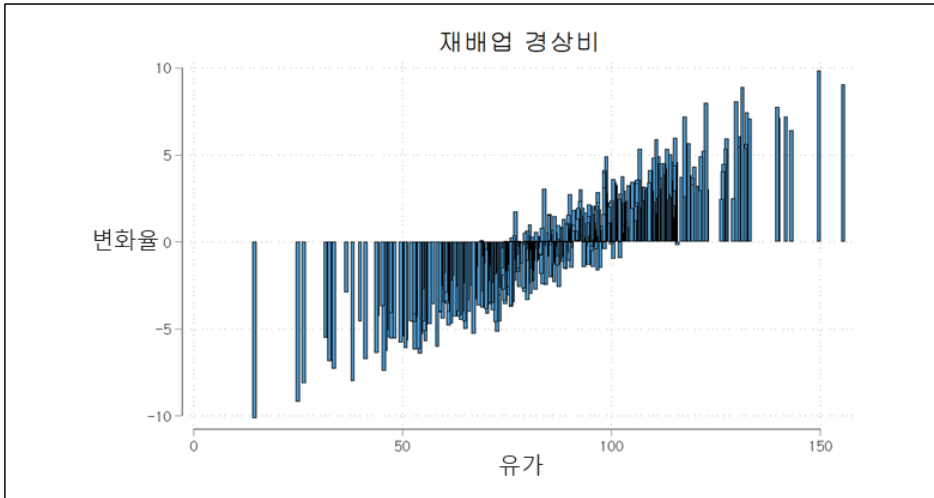


자료: 저자 작성.

○ (부류별 부가가치 차이) 대외 거시변수의 변화는 부류별로 미치는 영향을 달리하고 있다. 곡물류, 과일류, 채소류로 구분하여 살펴본 결과 곡물류 부가가치는 거시변수의 영향이 미미한 반면, 과일류는 곡물류보다는 부가가치의 변화율 폭이 더 컸다. 채소류의 경우는 부가가치 변화폭이 타 부류보다 훨씬 크게 나타났다. 이는 채소 농가들이 유가 변동에 의해 경영비 변동이 크기 때문이다. 따라서 채소 품목군 농가들은 타 품목군 농가들보다 대외 거시변수 변화에 따라 경영 여건이 좌지우지됨을 알 수 있다. 특히 과채 부가가치 변화폭이 크게 나타나고 있는데 이는 시설재배가 주를 이루는 과채 품목들이 대외적인 거시 충격에 크게 영향을 받는 것으로 파악할 수 있다. 또한 과채의 경우 충격이 바로 오는 것으로 나타나고 있지만, 다른 채소 품목군의 경우 충격이 발생한 다음 연도에 충격이 더 크게 나타나는 것으로 확인할 수 있었다.

○ (다양한 확률변수 고려) 확률적 모형은 다양한 거시변수를 확률변수화시켰기 때문에 확정적 모형의 시나리오 분석과 달리 유가 하락(증가)이 무조건 경영비의 하락(증가)으로 이어지지 않는다. 즉 경영비에 영향을 미칠 수 있는 환율까지 동시에 고려되기 때문에 유가 하락(상승)에 따른 경영비 하락(상승)이 다른 확률변수(환율)의 영향으로 상쇄될 수 있으며, <그림 4-10>에서 이러한 모습을 확인할 수 있다. 확정적 모형에서 유가의 상승(하락)은 경영비의 상승(하락)으로 이어지지만, 확률적 모형에서는 다른 확률변수에 의해 다른 방향성이 나타날 수도 있다. 즉 다양한 거시 요인의 복합적 변화가 경영비에 어떠한 영향을 미칠지를 파악할 수 있다. 이는 기존 KREI-KASMO 확정적 모형과 확률적 모형의 가장 큰 차별성이며, 확률적 모형은 대외 거시 여건 변화에 따른 국내 농업 분야의 영향에 대한 정보전달에 유연성을 부과할 수 있다.

〈그림 4-10〉 유가에 따른 재배업 경상비 변화율

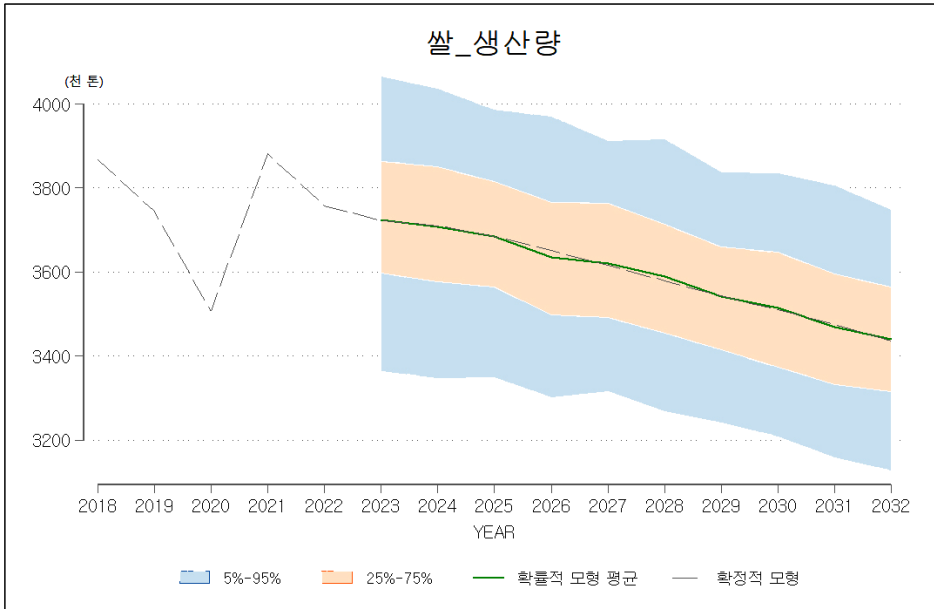


자료: 저자 작성.

4.2. 단수 확률변수 적용 활용안

○ (확률밴드 도출) 단수는 생산량에 영향을 미치는 가장 중요한 요인이다. 특히 경지면적이 고정될 경우 단수만이 생산량에 영향을 미칠 수 있다. 따라서 단수를 확률변수로 적용 시 생산량, 즉 공급량 변화에 따른 품목 가격과 이에 따른 품목 부가가치 변화를 살펴볼 수 있다.

〈그림 4-11〉 쌀 생산량 확률밴드(단수 확률변수)

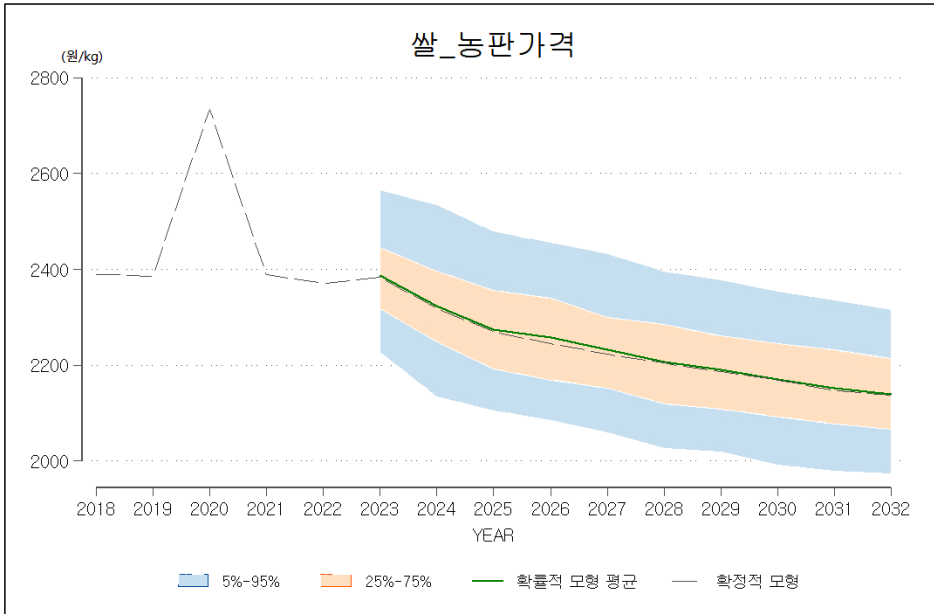


자료: 저자 작성.

○ (쌀 생산량) 단수의 확률변수화는 단수 변화에 따라 쌀 생산량 변화를 도출할 수 있다. 연간 쌀 생산량의 변동 폭은 상대적으로 일정하게 유지되었다. 그 이유는 확률변수 적용 시 동일한 표준편차를 적용하였기 때문이다. 쌀 생산량은 점차 감소하고 있는데 이는 경지면적이 꾸준히 감소하는 것이 반영되었기 때문이다.

- 2023년 기준 쌀 생산량 전망치 평균은 약 372만 4,000톤으로 산출되었는데 하위 5%에서는 336만 4,000톤, 상위 5%에서는 406만 7,000톤으로 전망되었다. 하위 5%에서는 전망치 평균보다 약 9.7% 낮았으며 상위 5%에서는 9.2% 높았다. 10년 전망 동안 전망치 평균보다 하위 5%는 8.4~9.7% 낮았으며, 상위 5%는 8.1~9.7% 높았다.

〈그림 4-12〉 쌀 농가 판매가격 확률밴드(단수 확률변수)

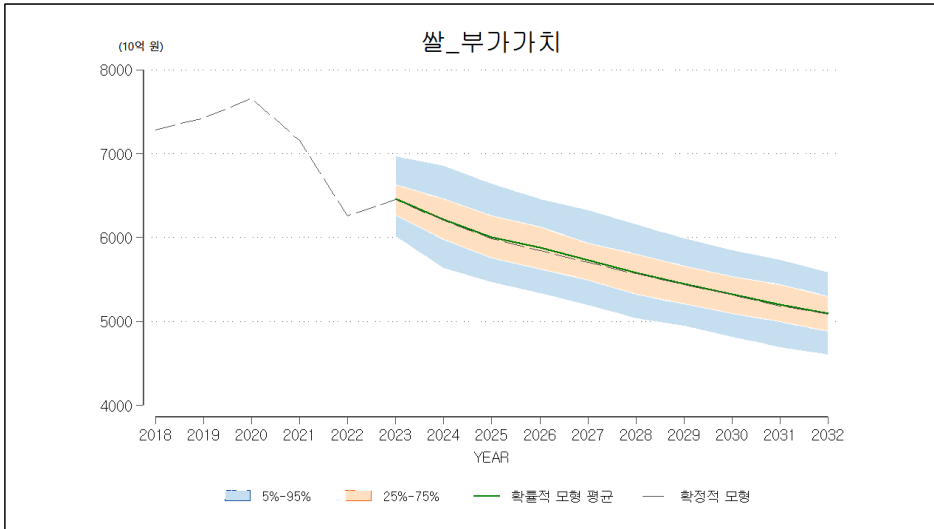


자료: 저자 작성.

○ (쌀 농판가격) 단수의 변화는 궁극적으로 시장 공급량을 변화시키고 농가 수 취가격을 변화시킨다.

- 2023년 기준 평균 농가 판매가격은 kg당 2,387원으로 전망된다. 하위 5%의 경우 2,228원으로 전망치의 평균보다 6.7% 낮은 것으로 나타났으며 상위 5%의 경우 7.6% 높은 것으로 나타났다. 연간 전망치 밴드는 큰 차이는 보이지 않으나 하위 5%에서는 전망치 평균보다 6.7~8.2% 낮았으며 상위 5%에서는 7.6~9.1% 높게 나타났다.

〈그림 4-13〉 쌀 부가가치 확률밴드(단수 확률변수)



자료: 저자 작성.

○ (쌀 부가가치) 쌀 공급량과 수취가격의 변화는 궁극적으로 경영수지를 나타내는 쌀 부가가치를 변화시킨다. 거시변수와 비교했을 부가가치의 확률밴드가 단수에서 더 넓은 범위로 나타나기 때문에 쌀 농가의 경영수지에 영향을 주는 요인은 쌀 단수가 더 크게 나타났다.

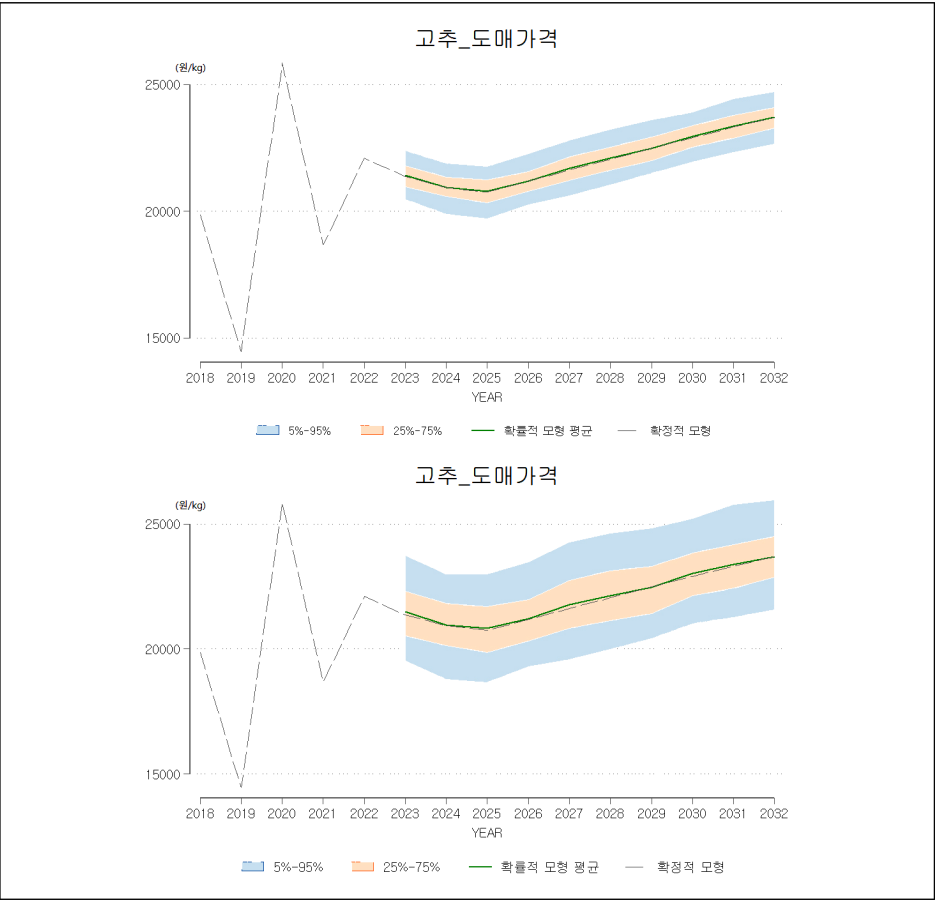
- 2023년 기준 쌀 부가가치는 평균 수준에서 약 6조 4,603억 원으로 산출되었는데 하위 5%에서는 6조 9억 원, 상위 5%에서는 6조 9,716억 원으로 계측되었다. 하위 5%에서는 전망치 평균보다 약 7.0% 낮았으며 상위 5%에서는 7.9% 높았다. 10년 전망 동안 전망치 평균보다 하위 5%는 7.0~ 9.8% 낮았으며, 상위 5%는 7.9~10.5% 높았다.

○ (특정 상황 고정) 단수 확률적 모형은 특정 국가와의 대외 무역에 마찰이 생겼을 경우, 예컨대 교역이 제한될 경우 국내 품목 가격에 어떠한 영향을 미칠 것 인지를 전망해 볼 수 있다. 이 연구에서는 해외 수입 의존도가 높은 고추로 교역제한이 고추 도매가격에 미치는 영향을 살펴보았다. 분석 결과 국제 교역이

자유로울 경우 도매가격의 확률밴드는 좁았으나, 국제 교역이 제한될 경우 고추 단위 변화에 따라 가격밴드가 넓어지는 것을 확인하였다.

○ (다양한 정책분석) 확률적 모형은 이 장에서 제시한 활용 예 이외에도 확정적 모형에서 분석할 수 있는 모든 분석이 가능하다. 그 이유는 앞서 제시했듯이 확률적 모형은 확률변수로 설정된 값을 변경한 후 확정적 모형을 반복해서 분석하기 때문이다.

〈그림 4-14〉 모형 기준 결과 & 교역 제한 결과 비교



자료: 저자 작성.

제5장

결론 및 추진계획



5

결론 및 추진계획

1. KREI-KASMO 2022 운용 및 개발 연구

- 올해 연구에서는 자료 갱신, 품목별 HSK 코드 세번의 포괄 범위 검토 및 갱신, 낙농 수급 모형 재구축, 쇠고기, 차 수입량 전망 방식 수정, 농업총량지표 및 농가경제지표 산출식 구조 변경을 수행하였다.
- 수급 및 가격자료, 교역자료, 거시경제지표 등을 수집하고, 이를 기반으로 KREI-KASMO의 데이터베이스를 최신화하였다. 또한 2021년 농림어업 조사 결과가 공표되어, 성별·연령별 농가인구 최신 자료로 수정하고 이농률 행태방정식을 조정한 후, 전망치를 재설정하였다.
- HSK 코드 세번을 일부 품목을 제외하고 aT 기준에 맞춰 품목별로 구분하였으며, 그 외 품목은 독자적인 기준으로 분류하였다.
- 전문가 자문회의를 통해 현행 낙농 수급 방식을 모형에 반영하였다.
- 기타산 쇠고기 수입량 전망 구조를 수정하여 일부 수입량이 과추정되는 문

제를 해결하였으며, 기타 수입으로 빠져 있는 홍차 세번을 수입 품목에 추가하였다.

- 항등식 구조로 이루어진 농업총량지표 및 농가경제지표 산출식 구조를 변경하여 농업 전망치 산출의 편의성과 정밀성을 높였다.

○ KREI-KASMO의 전망 예측력을 개선하고 현실 설명력을 높이기 위해서는 지속적으로 모형 구조의 검토와 개선 작업을 수행해야 한다.

- 지속적으로 개별 행태방정식의 구조와 형태를 검토하여, 품목 사이에 생산 대체 관계에 있는 품목군을 수정함으로써 전체 재배면적 및 부류별 재배면적의 현실 설명력을 높여야 한다.
- KREI-KASMO 총량 부문에 통계청의 생산액 산출방식을 반영해야 한다. 농가경제 지표에서는 농업소득, 농업외소득, 이전소득, 비경상소득 등의 소득 관련 행태방정식을 구성·추정한 후, 현재 운용 중인 KREI-KASMO의 전망치와 비교하여 수정 보완할 필요가 있다.
- 전망의 신뢰도를 높이기 위해서는 매년 주기적인 데이터 업데이트 작업과 함께 개별 품목의 행태방정식 재추정 작업을 주기적으로(약 5년 단위) 수행하는 것이 모형 운용에 바람직하다.

○ 관세인하 등 시장개방, 새로운 농업정책 등 다양한 외부 경제적 충격(shock)에 대해 시뮬레이션을 수행하여 정책적 활용도와 적합성을 높여야 한다. 대내외 경제적 충격에 따른 모형의 영향분석 결과를 면밀히 살펴봐야 한다.

- 역내포괄적경제동반자협정(RCEP), 환태평양경제동반자협정(CPTPP) 등 다양한 메가 FTA에 대한 논의가 지속되고 있으며, 누적 원산지, 규제의 조화, 비관세조치의 완화 등 양자 간 FTA와는 차별화된 이슈가 존재한다. 이들의 영향분석 결과를 정량적으로 분석 가능한 이론적 방법론을 정립해야 한다.

- 통계청, 한국은행, 농림축산식품부 등 농업통계 유관 기관과 유기적인 협력 체제를 구축해 농가경제 및 농업총량지표 전망치의 예측력을 개선해야 한다.
 - 매년 통계청, 한국은행, 농림축산식품부 등이 확정치를 발표하면, KREI-KASMO의 추정치 또는 전망치와 비교하여 차이를 확인하고 차이가 발생한 원인을 검토하여 이를 줄이기 위한 방안을 모색해야 한다.
 - 또한 농업통계를 공표하는 기관이 항목별로 차이가 존재하기 때문에 유관 기관으로 구성된 협의체를 구성하여 산출 방법을 공유할 필요가 있다.

2. 확률적 모형 개발 연구

- 총 미구축되어 있던 품목의 수급 모형과 거시 관련 변수 및 총량 지표 전망치 도출에 사용되는 행태방정식을 SAS 프로그램에 구현함으로써 확률적 모형을 이용한 전망의 기반을 마련하였다.
 - 전년도 연구에서 주요 농축산물 중 한육우와 젓소(낙농품)는 작년 연구 진행 시 KREI-KASMO 내 수급 구조를 결정하지 못해 확률적 모형으로 구현하지 못하였다. 올해 연구를 진행하며 구축한 35개의 품목의 확률적 모형을 수정·보완하고, 작년 연구에서 구축하지 못한 한육우, 낙농, 당근의 수급 모형을 SAS 프로그램에 구현하였다.
 - 또한 경상비, 수입 곡물 가격, 거시변수와 관련된 행태방정식을 SAS 프로그램에 구현하여 거시적 충격이 농가경제에 미치는 영향을 파악할 수 있도록 하였다.
- 올해 확률적 모형을 통해 거시변수와 단수를 확률변수로 지정하여 실제 시뮬레이션을 진행하였다. 작년 구축한 품목 중 일부 문제가 발생하는 품목을 제

외한 24개 품목의 시뮬레이션을 진행하였으며, 확률적 모형 개발 연구를 통해 확률적 모형을 이용한 전망의 기초적인 토대를 구축하였다. 확률적 모형을 이용해 시뮬레이션을 진행한 결과 확률적 모형은 농업 분야에서 다양하게 활용 가능할 것으로 판단되었다. 그러나 확률적 모형을 본격적으로 운용하기 위해서는 일부 미구축 품목을 SAS 프로그램으로 구현하고 미적용된 품목들을 포함시켜 시뮬레이션을 진행하는 등 양적 확대를 하는 동시에 시뮬레이션 횟수를 늘리고, 단수와 거시변수를 동시에 고려할 수 있도록 하는 질적 확대도 필요하다. 뿐만 아니라, 현재 일부 품목에 적용되고 있는 미래값($t+1$)을 고려하기 위해서 모형 전체의 시점을 한 기씩 앞당길 필요가 있으며, 모형의 고도화를 위해 확률변수 추출 관련 방법론도 논의할 필요가 있다.

- 확률적 모형을 이용한 시뮬레이션은 거시와 단수 확률변수로 나누어 진행하였으며, 연구진 간 논의를 통해 정규 코폴러를 이용하여 확률변수를 추출하였다. 거시 충격은 2023년에 충격이 발생한 것으로 가정하여 한 개 연도만 확률변수를 적용하였으며, 단수의 경우 10년에 확률변수를 적용하였다.
- 거시의 충격은 경영비 충격이 가격에 영향을 미쳐 품목 전반에 영향을 미치는 것으로 파악되었으며, 단수 충격은 단수 변화에 따른 생산비 변화가 가격에 영향을 미쳐 품목 전반에 영향을 미치는 것으로 나타났다.
- 대외적인 거시 충격은 비용에 영향을 주지만 다른 변수에 미치는 영향은 상대적으로 미미한 것으로 나타났으며, 그 충격의 크기는 품목군별로 다르게 나타났다. 상대적으로 비용에 큰 영향을 받는 채소 특히, 과채가 대외적인 충격에 민감하게 반응하는 것으로 나타났다.
- 단수 확률변수는 모형치 그대로 반영한 시뮬레이션, 교역(수입, 수출)을 확정적 모형 전망치로 고정한 시뮬레이션 두 가지로 나누어 시뮬레이션을 진행하였다. 이때 교역을 모형치로 고정한 경우 확률 밴드의 크기가 더 크게 나왔으며, 이는 교역이 단수 변화에 따른 영향을 흡수하지 못하고 국내 시장에서 모든 충격을 흡수한 것으로 여러 분석에 활용 가능할 것으로 보인다.

- 확률적 모형은 다양한 거시변수를 확률변수로 만들었기 때문에 확정적 모형의 시나리오와 달리 여러 가지 상황을 고려할 수 있으며, 이는 확률적 모형이 대외 거시 여건 변화에 따른 국내 농업 분야의 영향에 대한 정보전달에 유연성을 부과할 수 있는 것을 의미한다.
- KREI-KASMO 내에 존재하는 거의 모든 주요 품목의 행태방정식은 대부분 SAS 프로그램으로 구현되었지만, 확률적 모형의 완성도 및 활용도의 증진을 위해서는 주요 품목 이외에 KREI-KASMO를 구성하는 74개 모든 품목을 모두 구현하는 것이 필요하다.
- 거시 확률변수는 모형의 맨 앞단에서 작용해 모형 전체에 영향을 미치기 때문에 변수 간 연결이 매끄럽지 못하면, 거시 확률변수의 충격이 모형에 제대로 반영될 수 없을 뿐 아니라 모형의 구동이 어려워진다. 따라서 확률적 모형의 운용을 위해서는 KREI-KASMO에 존재하는 변수 간 연결 관계를 면밀하게 파악하고 확률적 모형에 적용할 필요가 있다.

○ 앞서 설명한 것처럼 확률적 모형은 확정적 모형에서 분석할 수 있는 모든 분석이 가능하고 발전된 결과와 다양한 상황을 고려할 수 있지만, 확정적 모형의 베이스라인이 필수적으로 선행되어야 하며, 확정적 모형 역시 엑셀이라는 프로그램의 특성상 데이터 편집 및 모형의 관리가 편리하다는 장점이 있기 때문에 확률적 모형과 확정적 모형은 반드시 공존해야 한다.

○ 확률적 모형을 개발·운용 중인 해외기관과 네트워크를 구축해 유기적인 협업 관계를 지속함으로써 확률적 모형과 관련된 자문을 얻어야 한다.

- 확률적 모형을 개발하려는 시도는 FAPRI-MU에서 처음 시작하였으며, USDA-ERS와 OECD-FAO는 공동연구를 통해 확정적 모형에서 확률적 모형으로 전환하였다. 이들은 베이스라인 설정 시, 기관 간 협의를 통해 최종 전망치의 적합성을 판단하며 전망 결과를 수시로 공유하고 있다.¹⁶⁾

- 현재 확률적 모형을 운용하는 기관들은 공동연구 수행, 정기적인 모형 세미나 개최 등으로 모형전문가로 구성된 네트워크를 구축하여 확률적 모형의 방법론을 개선을 위해 협업하고 있다.
- World outlook conference나 FAPRI baseline review 등 확률적 모형 운용기관에서 진행하는 워크숍에 참석하여 확률적 모형의 고도화를 위한 네트워크를 구축해 확률적 모형의 질적 향상을 통한 신뢰도 확보를 추진해야 한다.

3. 추진계획

○ 2023년 연구에서는 2024년부터 확률적 전망치 발표와 농업정책 영향분석에 활용할 수 있도록 확률적 모형의 개발을 완료하고자 한다.

- 2023년 연구에서는 KREI-KASMO 개선 연구뿐만 아니라 확률적 모형의 효율적인 운용을 위한 질적 개선 작업과 동시에 시뮬레이션이 진행되고 있지 않은 품목을 늘리는 양적 확대를 수행할 계획이다.
- 부문별로 구축된 확률적 모형의 안정성을 점검하고 미구축된 품목들을 확률적 모형에 포함할 예정이다.
- 현재 내생변수로 설정된 변수들의 적절성을 점검하여 확률적 모형의 신뢰도를 제고한다.
- 거시확률변수 추출 시 고도화를 위해 추세 제거가 아닌 시계열 계량모형을 활용한다.

¹⁶⁾ 각 기관은 확률적 모형으로부터 전망치를 도출하여 USDA-ERS는 매년 2월, FAPRI-MU는 3월, OECD-FAO는 7월에 발표함.

- 거시변수는 특정 연도에 충격이 발생하면 충격의 영향은 점차 약해지나 이후 연도까지 지속되는 경향이 있기 때문에 이를 고려하기 위해 $N \times N$ 상관관계행렬을 $(N \times T) \times (N \times T)$ 상관관계 행렬로 확장한다.
- 농업전망 2024부터 중장기 전망 베이스라인을 확률분포로 발표할 수 있도록 STATA와 연계한 분석 툴을 개발한다.
- 대내외 정책 시뮬레이션 수요에 대응하여 확률적 모형을 분석모형의 기본 툴(tool)로 활용함을 목표로 한 모형 안에 확률변수인 거시변수와 단수를 통합하고 Iteration 횟수를 500개에서 10만 개까지 확대한다.
- 확률적 모형은 KREI-KASMO의 확정적 모형을 바탕으로 개발 및 운용되기 때문에 KREI-KASMO 확정적 모형의 구조 검토와 개선 작업은 확률적 모형의 개선 연구와 함께 2024년 이후에도 지속적으로 수행되어야 한다.

Stata 코드 예문

□ 추세 제거

○ 본문에서 설명한 대로 부가방법을 이용하여 추세를 제거하였고 Stata 코드는 다음과 같다.

```
gen t=_n
gen tsq = t^2
gen tcu = t^3

reg d122yd t tsq
predict t122yd, res
sum d122yd
return list
sca d122yd_hat = r(mean)
gen d122yd_adt = d122yd[43]+t122yd
reg d122yd_adt t
twoway tsline d122yd || tsline d122yd_adt
```

○ 김태후 외(2017)에 의하면 확률변수 간 상관관계를 부여하는 과정에 정규 코풀러를 이용하였다. 코풀러는 결합 다변량 분포함수를 확률변수 사이의 주변

분포 함수로 나타낸 함수이다. 코플러의 수학적 정의는 다음과 같다. n 개의 연속적인 확률변수 벡터 $(X_1, \dots, X_n)$ 가 존재할 때, 누적분포 함수는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$(F(X_1), \dots, F(X_n)) = (U_1, \dots, U_n)$$

- 이때 $F(X_n)$ 은 확률변수의 누적분포 함수이고, U_n 은 누적일양분포 함수이다. $F(X_n)$ 과 U_n 는 동일하며, 확률변수 벡터 $(X_1, \dots, X_n)$ 의 코플러 함수는 Sklar 정리(1973)에 의해 확률변수의 누적분포함수벡터 $(F(X_1), \dots, F(X_n))$ 와 누적일양분포 함수 벡터 $(U_1, \dots, U_n)$ 를 통해 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} C(u_1, \dots, u_n) &= P(U_1 \leq u_1, \dots, U_n \leq u_n) = P(F_1(X_1) \leq u_1, \dots, F_n(X_n) \leq u_n) \\ &= P(X_1 \leq F^{-1}(u_1), \dots, X_n \leq F^{-1}(u_n)) = P(F_X \leq F_1^{-1}(u_1), \dots, X_n \leq F_n^{-1}(u_n)) \end{aligned}$$

- 위 식의 코플러 함수는 확률변수 사이의 종속성에 대한 모든 정보를 포함하고 있으며, 일반적인 종속성을 나타내는 피어슨 상관계수보다 더 유연하다는 특징이 있다.

○ 본 연구에서 이용한 정규 코플러를 이용해 500개의 확률변수를 도출한 Stata 코드는 다음과 같다.

```
sum d110yd_adt
return list
sca d110yd_sd = r(sd)
sca d110yd_min = r(min)
sca d110yd_max = r(max)
sca a110yd = 521.260515324886
```

```

sum d121yd_adt
return list
sca d121yd_sd = r(sd)
sca d121yd_min = r(min)
sca d121yd_max = r(max)
sca a121yd_2023 = 308.875134801669
sca a121yd_2024 = 309.746241780853
sca a121yd_2025 = 310.617351551477
sca a121yd_2026 = 311.488446159579
sca a121yd_2027 = 312.359525022280
sca a121yd_2028 = 313.230604955651
sca a121yd_2029 = 314.101686895010
sca a121yd_2030 = 314.972775083808
sca a121yd_2031 = 315.843860194414
sca a121yd_2032 = 316.714941935526
sca a121yd_2033 = 317.586026114987
sca a121yd_2034 = 318.457110551945
sca a121yd_2035 = 319.328194441382
sca a121yd_2036 = 320.199278454842
sca a121yd_2037 = 321.070362411283
sca a121yd_2038 = 321.941446408175

```

```

sum d122yd_adt
return list
sca d122yd_sd = r(sd)
sca d122yd_min = r(min)

```



```

sca d122yd_max = r(max)
sca a122yd_2023 = 284.265193990861
sca a122yd_2024 = 284.20570167916
sca a122yd_2025 = 285.16813440665
sca a122yd_2026 = 286.519554724907
sca a122yd_2027 = 288.019040057689
sca a122yd_2028 = 289.57488515373
sca a122yd_2029 = 291.152183142777
sca a122yd_2030 = 292.737647003924
sca a122yd_2031 = 294.326219138958
sca a122yd_2032 = 295.915974413582
sca a122yd_2033 = 297.506180040826
sca a122yd_2034 = 299.096557091191
sca a122yd_2035 = 300.686999392396
sca a122yd_2036 = 302.277466530811
sca a122yd_2037 = 303.867943123312
sca a122yd_2038 = 305.458423314434

```

```

sum d131yd_adt
return list
sca d131yd_sd = r(sd)
sca d131yd_min = r(min)
sca d131yd_max = r(max)
sca a131yd_2023 = 590.521126605843
sca a131yd_2024 = 591.694626812338
sca a131yd_2025 = 592.867927776641

```

```

sca a131yd_2026 = 594.041191985797
sca a131yd_2027 = 595.214504835592
sca a131yd_2028 = 596.387807608835
sca a131yd_2029 = 597.561116693247
sca a131yd_2030 = 598.734421489875
sca a131yd_2031 = 599.907725555374
sca a131yd_2032 = 601.081031225890
sca a131yd_2033 = 602.254336424444
sca a131yd_2034 = 603.427642008176
sca a131yd_2035 = 604.600947281498
sca a131yd_2036 = 605.774252589968
sca a131yd_2037 = 606.947557941020
sca a131yd_2038 = 608.12086327184

```

```

sum d141yd_adt
return list
sca d141yd_sd = r(sd)
sca d141yd_min = r(min)
sca d141yd_max = r(max)
sca a141yd_2023 = 182.776795073372
sca a141yd_2024 = 184.056232638886
sca a141yd_2025 = 185.344626267358
sca a141yd_2026 = 186.64203865123
sca a141yd_2027 = 187.948532921788
sca a141yd_2028 = 189.264172652241
sca a141yd_2029 = 190.589021860806

```

```

sca a141yd_2030 = 191.923145013832
sca a141yd_2031 = 193.266607028929
sca a141yd_2032 = 194.619473278131
sca a141yd_2033 = 195.981809591078
sca a141yd_2034 = 197.353682258216
sca a141yd_2035 = 198.735158034023
sca a141yd_2036 = 200.126304140261
sca a141yd_2037 = 201.527188269243
sca a141yd_2038 = 202.937878587128

```

```

sum d151yd_1_adt
return list
sca d151yd_1_sd = r(sd)
sca d151yd_1_min = r(min)
sca d151yd_1_max = r(max)
sca a151yd_1_2023 = 2450.51040707229
sca a151yd_1_2024 = 2457.86193829351
sca a151yd_1_2025 = 2465.23552410839
sca a151yd_1_2026 = 2472.63123068071
sca a151yd_1_2027 = 2480.04912437276
sca a151yd_1_2028 = 2487.48927174587
sca a151yd_1_2029 = 2494.95173956111
sca a151yd_1_2030 = 2502.43659477979
sca a151yd_1_2031 = 2509.94390456413
sca a151yd_1_2032 = 2517.47373627783
sca a151yd_1_2033 = 2525.02615748666

```

```

sca a151yd_1_2034 = 2532.60123595912
sca a151yd_1_2035 = 2540.199039667
sca a151yd_1_2036 = 2547.819636786
sca a151yd_1_2037 = 2555.46309569635
sca a151yd_1_2038 = 2563.12948498344

```

```

sum d151yd_2_adt
return list
sca d151yd_2_sd = r(sd)
sca d151yd_2_min = r(min)
sca d151yd_2_max = r(max)
sca a151yd_2_2023 = 3275.15775034294
sca a151yd_2_2024 = 3291.53353909465
sca a151yd_2_2025 = 3307.99120679012
sca a151yd_2_2026 = 3324.53116282407
sca a151yd_2_2027 = 3341.15381863819
sca a151yd_2_2028 = 3357.85958773138
sca a151yd_2_2029 = 3374.64888567004
sca a151yd_2_2030 = 3391.52213009839
sca a151yd_2_2031 = 3408.47974074888
sca a151yd_2_2032 = 3425.52213945263
sca a151yd_2_2033 = 3442.64975014989
sca a151yd_2_2034 = 3459.86299890064
sca a151yd_2_2035 = 3477.16231389514
sca a151yd_2_2036 = 3494.54812546462
sca a151yd_2_2037 = 3512.02086609194

```

```
sca a151yd_2_2038 = 3529.5809704224
```

```
sum d151yd_3_adt
```

```
return list
```

```
sca d151yd_3_sd = r(sd)
```

```
sca d151yd_3_min = r(min)
```

```
sca d151yd_3_max = r(max)
```

```
sca a151yd_3_2023 = 1640.70876346951
```

```
sca a151yd_3_2024 = 1648.91230728686
```

```
sca a151yd_3_2025 = 1657.1568688233
```

```
sca a151yd_3_2026 = 1665.44265316741
```

```
sca a151yd_3_2027 = 1673.76986643325
```

```
sca a151yd_3_2028 = 1682.13871576541
```

```
sca a151yd_3_2029 = 1690.54940934424
```

```
sca a151yd_3_2030 = 1699.00215639096
```

```
sca a151yd_3_2031 = 1707.49716717292
```

```
sca a151yd_3_2032 = 1716.03465300878
```

```
sca a151yd_3_2033 = 1724.61482627382
```

```
sca a151yd_3_2034 = 1733.23790040519
```

```
sca a151yd_3_2035 = 1741.90408990722
```

```
sca a151yd_3_2036 = 1750.61361035676
```

```
sca a151yd_3_2037 = 1759.36667840854
```

```
sca a151yd_3_2038 = 1768.16351180058
```

```
sum d152yd_adt
```

```
return list
```

```

sca d152yd_sd = r(sd)
sca d152yd_min = r(min)
sca d152yd_max = r(max)
sca a152yd_2023 = 1584.3603300127
sca a152yd_2024 = 1586.3603300127
sca a152yd_2025 = 1588.3603300127
sca a152yd_2026 = 1590.3603300127
sca a152yd_2027 = 1592.3603300127
sca a152yd_2028 = 1594.3603300127
sca a152yd_2029 = 1596.3603300127
sca a152yd_2030 = 1598.3603300127
sca a152yd_2031 = 1600.3603300127
sca a152yd_2032 = 1602.3603300127
sca a152yd_2033 = 1604.3603300127
sca a152yd_2034 = 1606.3603300127
sca a152yd_2035 = 1608.3603300127
sca a152yd_2036 = 1610.3603300127
sca a152yd_2037 = 1612.3603300127
sca a152yd_2038 = 1614.3603300127

set seed 1234
set obs 500
corr d110yd_adt d121yd_adt d122yd_adt d131yd_adt d141yd_adt ///
    d151yd_1_adt d151yd_2_adt d151yd_3_adt d152yd_adt
return list
mat cg_1 = r(C)

```

```
mat list cg_1
```

```
forvalue i=2023/2038 {  
drawnorm d110yd_adt_`i' d121yd_adt_`i' d122yd_adt_`i' ///  
d131yd_adt_`i' d141yd_adt_`i' d151yd_1_adt_`i' ///  
d151yd_2_adt_`i' d151yd_3_adt_`i' d152yd_adt_`i', corr(cg_1) }
```

```
forvalue i=2023/2038 {  
  
gen m110_`i' = normal(d110yd_adt_`i')  
gen m121_`i' = normal(d121yd_adt_`i')  
gen m122_`i' = normal(d122yd_adt_`i')  
gen m131_`i' = normal(d131yd_adt_`i')  
gen m141_`i' = normal(d141yd_adt_`i')  
gen m151_1_`i' = normal(d151yd_1_adt_`i')  
gen m151_2_`i' = normal(d151yd_2_adt_`i')  
gen m151_3_`i' = normal(d151yd_3_adt_`i')  
gen m152_`i' = normal(d152yd_adt_`i') }
```

```
forvalue i=2023/2038{  
gen d110yd_`i' = a110yd+d110yd_sd*invnormal(m110_`i')  
gen d121yd_`i' = a121yd_`i' +d121yd_sd*invnormal(m121_`i')  
gen d122yd_`i' = a122yd_`i' +d122yd_sd*invnormal(m122_`i')  
gen d131yd_`i' = a131yd_`i' +d131yd_sd*invnormal(m131_`i')  
gen d141yd_`i' = a141yd_`i' +d141yd_sd*invnormal(m141_`i')  
gen d151yd_1_`i' ///  

```

```

= a151yd_1_`i' +d151yd_1_sd*invnormal(m151_1_`i')
gen d151yd_2_`i' ///
= a151yd_2_`i' +d151yd_2_sd*invnormal(m151_2_`i')
gen d151yd_3_`i' ///
= a151yd_3_`i' +d151yd_3_sd*invnormal(m151_3_`i')
gen d152yd_`i' = a152yd_`i' +d152yd_sd*invnormal(m152_`i') }

```


참고문헌

- 김경덕, 김태훈, 전상곤, 이정환. (1999). 농업전망시물레이션모형 KREI-ASMO99. 한국농촌경제연구원.
- 김명환, 이대섭, 김태훈, 김배성, 조영수, 이용호, 윤태연. (2006). 농업부문 전망모형 KREI-ASMO 2006 보완 및 운용에 관한 연구. 한국농촌경제연구원.
- 김명환, 권오복, 이대섭, 김태훈, 조영수. (2007a). 농업부문 전망모형 KREI-ASMO 2007 보완 및 운용에 관한 연구. 한국농촌경제연구원.
- 김명환, 권오복, 이대섭, 김태훈, 조영수, 류상모, 신유선, 박상미. (2007b). 농업부문 전망모형 구축 연구(1/2차연도). 한국농촌경제연구원.
- 김명환, 권오복, 이대섭, 김태훈, 조영수, 박상미. (2008). 농업부문 전망모형 구축 연구. 한국농촌경제연구원.
- 김명환, 한석호, 조재성, 김태우. (2012). 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2012 운용·개발 연구. 한국농촌경제연구원.
- 김명환, 한석호, 조재성, 김태우, 이창수. (2013). 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2013 운용·개발 연구. 한국농촌경제연구원.
- 김배성, 서진교, 이병훈. (2003). 농업부문 전망모형 KREI-ASMO 2003 개발연구. 한국농촌경제연구원.
- 김태후, 김성섭, 서상택. (2017). “스튜던트 T 코플라 모델을 이용한 지역별 쌀 생산량의 공간적 종속성 추정.” 농업경제연구. 58(3). pp.25-44. 한국농업경제학회.
- 박지연, 김태우. (2014). 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2014 운용·개발 연구. 한국농촌경제연구원.
- 서홍석, 김충현. (2016). 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2016 운용·개발 연구. 한국농촌경제연구원.
- 서홍석, 김충현, 노수정, 이연옥. (2017). 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2017 운용·개발 연구. 한국농촌경제연구원.
- 서홍석, 김충현, 김문희. (2018). 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2018 운용·개발 연구. 한국농촌경제연구원.
- 서홍석, 순병민, 김충현, 김문희. (2019). 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2019 운용·개발 연구. 한국농촌경제연구원.
- 서홍석, 김충현, 김준호. (2020a). 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2020 운용·개발 연구. 한국농촌경제연구원.

- 서홍석, 성명환, 김충현, 김준호, 순병민. (2020b). 확률적 농업부문 전망모형 개발을 위한 기초연구. 한국농촌경제연구원.
- 서홍석, 김태후, 김준호. (2021). 곡물 시장 중심의 확률적 농업정책분석 모형 개발 및 운영. 한국농촌경제 연구원.
- 윤종열, 박기환, 강형준. (2021). 파프리카 산업의 가치사슬 분석과 과제. 한국농촌경제 연구원.
- 조재환, 성명환, 사공용. (1994). 농업부문 총량지표중장기 전망. 한국농촌경제 연구원.
- 조재환, 성명환, 사공용. (1995). 농업부문 총량지표 전망모형 이용지침서. 한국농촌경제 연구원.
- 한석호, 김명환, 이정민, 반현정. (2010). 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2010 운용·개발 연구. 한국농촌경제연구원.
- 한석호, 김명환, 승준호, 반현정, 김태우, 신성철. (2011). 농업부문 전망모형 KREI-KASMO 2011 운용·개발 연구. 한국농촌경제연구원.
- 한석호, 정민국, 남경수, 정호연, 이수환. (2015). 기 체결 FTA 사후영향평가모형 개발을 위한 기초연구. 한국농촌경제연구원.
- 한석호. (2015). “농가인구예측 모형 개발 및 중장기 전망.” 한국산학기술학회논문지. 16(6). pp.3797-3806. 한국산학기술학회.
- Abramovitz, M. (1950). Inventories and Business Cycles, With Special Reference to Manufacturers' Inventories. National Bureau Economic Research, New York.
- Brown et al. (2008). Korea Agricultural Simulation Model and Livestock Quarterly Model. M91, FAPRI, KREI.
- Goodwin, R. M. (1947). Dynamical coupling with especial reference to markets having production lags. *Econometrica*, Journal of the Econometric Society, 181-204.
- IHS Global Insight Inc. (2022). Global Insight's World Overview 2023.
- Cagan, P. (1956). The monetary dynamics of hyperinflation. *Studies in the Quantity Theory of Money*.
- Koyck, L.M. (1954). *Distributed Lags and Investment Analysis*. Amsterdam: North Holland Publishing Company.
- Ladd, D. R. (1963). *Contemporary corporate accounting and the public*. RD Irwin.
- Lovell, M.C. (1961). “Factors Determining Manufacturing Inventory Investment.” *Inventory Fluctuations and Economic Stabilization*. Joint Economic Committee, 87th Congress 1st Session, Part II.

- Nerlove, M. (1958). Distributed Lags and Demand Analysis for Agricultural and Other Commodities. U.S Department of Agricultural Handbook. 141. p.121.
- Skully, D. W. (2001). Liberalizing tariff-rate quotas. Agricultural Policy Reform in the WTO—The Road Ahead. Market and Trade, 59.
- Sklar, A.(1973). Random Variables, Joint Distributions, and Copulas. Kybernetika. pp. 449-460.
- Thurman, W.N. (1986). “Endogeneity Testing in a Supply and Demand Framework.” The Review of Economics and Statistics. 68(4). pp.638-646.
- U.S. Energy Information Administration(EIA). (2022). International Energy Outlook 2023 with projections to 2050.
- Varian, H. R., & Varian, H. R.. (1992). Microeconomic Analysis: 3rd edition. New York: W. W. Norton & Company, Inc.
- Williams, J.C. & B.D. Wright. (1991). Storage and Commodity Markets. Cambridge: Cambridge University Press.
- Womack, A. W. (1976). The US Demand for Corn, Sorghum, Oats and Barley: An Econometric Analysis (No. 1690-2016-137310).
- 낙농진흥회. (2022). 원유가격산정체계 안내 미 유대조건표.
- 농림축산식품부. (각 연도). 농림축산식품 주요통계.
- 농림축산식품부. (각 연도). 양정자료.
- 농촌진흥청. (각 연도). 농축산물소득자료집.
- 농협중앙회. (각 연도). 축산물 수급 및 가격자료.
- 한국은행. (각 연도). 경제전망보고서.

〈참고 인터넷 사이트〉

- 농수산물유통공사 aT KAMIS(<http://www.kamis.co.kr>). 검색일: 2022. 11. 23.
- 농수산물유통공사 KATI(<http://www.kati.net>). 검색일: 2022. 11. 24.
- 농업관측 통계시스템 KREI OASIS(<http://oasis.krei.re.kr>). 검색일: 2022. 12. 9.
- 통계청 국가통계포털(<http://kosis.kr>). 검색일: 2022. 12. 9.
- 한국무역협회 무역통계(<http://stat.kita.net>). 검색일: 2022. 11. 16.
- 한국은행 경제통계시스템(<http://ecos.bok.or.kr>). 검색일: 2022. 11. 21.

KREI

www.krei.re.kr

확률적 농업정책분석 모형
개발 및 운용 2022



한국농촌경제연구원

전라남도 나주시 빛가람로 601
T. 1833-5500 F. 061) 820-2211



9 791161 496207
ISBN 979-11-6149-620-7