KREI

M 178 I 2023. 7. I

한국 농업 특화 CGE 농업경제분석 모형 개발 기초 연구

이명기 · 이용건 · 김정승 · 이두영 · 김재현 · 권오상 · 이승호 · 용희원

한국농촌경제연구원

KREI

M 178 | 2023. 7. |

한국 농업 특화 CGE 농업경제분석 모형 개발 기초 연구

이명기 · 이용건 · 김정승 · 이두영 · 김재현 · 권오상 · 이승호 · 용희원

한국농촌경제연구원

연구 담당

한국농촌경제연구원 연구진

이명기 | 선임연구위원 | 연구 총괄, SAM 작성, GAMS Code 수정, 제1, 2, 6장 집필, 모형 및 결과 검토

이용건 | 부연구위원 | SAM 작성, GAMS Code 수정, 제4, 5장 집필

김정승 | 전문연구원 | SAM 작성, GAMS Code 수정, 제3, 5장 집필

이두영 | 부연구위원 | SAM 작성, 제3장 집필

김재현 | 연구원 | 자료 수집 및 분석

위탁연구 연구진

권오상 | 서울대학교 교수 | CGE 모형 개발, GAMS Code 작성, 모형 및 결과 검토

이승호 | 서울대학교 박사과정 | SAM 작성, 국내외 CGE 모형 연구 개발 동향 분석

용희원 | 서울대학교 석사과정 | 자료 수집 및 분석

기타연구보고 M178

한국 농업 특화 CGE 농업경제분석 모형 개발 기초 연구

등 록 | 제6-0007호(1979. 5. 25.)

발 행 | 2023. 7.

발 행 인 | 한두봉

발 행 처 | 한국농촌경제연구원
우) 58321 전라남도 나주시 빛가람로 601
대표전화 1833-5500

인 쇄 처 | 크리커뮤니케이션

I S B N | 979-11-6149-643-6 95520

※ 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.

머리말

농업을 둘러싼 국내외 경제 환경이 빠르게 변화하고 농업에 대한 영향도 커지고 있으며, 이에 대응하기 위한 다양한 농업 정책이 시행되고 있다. 그러나, 거시경제 변수와 농업 정책의 경제적 파급 효과를 정량적으로 분석할 모형이 미흡한 실정이다.

본 연구는 다양한 경제 환경 변화와 농업 정책이 농업과 국가 경제에 미치는 파급 효과를 정량적으로 분석함으로써 경제 환경 변화에 적절히 대응하기 위한 효과적인 농업 정책 수립에 활용될 수 있는 '기초 한국 농업 특화 1국가 정태 CGE (Computable General Equilibrium) 농업 경제 분석 모형'을 개발하기 위해 수행되었다.

한국 농업의 특성을 반영하기 위해 생산요소인 노동을 고용 노동과 자가 노동으로 구분하였고, 농업 부문에 토지를 생산요소로 포함하였다. 또한, 가계 부문을 농가와 비농가로 구분하고, 농축산업과 전후방 관련 산업을 최대한 세분화함으로써 분석 결과의 유용성을 높이고자 하였다.

본 연구를 통해 개발된 한국 농업 특화 CGE 모형은 향후 다양한 분석 목적에 적합한 CGE 모형을 지속적으로 개발하기 위한 연구에 기초 모형으로 활용될 수 있을 것이다. 본 연구가 실증적 분석 결과에 기반한 농업 정책 발전에 초석이 될 수 있기를 기대한다.

2023. 7.

한국농촌경제연구원장 **한 두 봉**

요 약

□ 연구 목적

○ 본 연구는 다양한 경제 환경 변화와 농업 정책이 농업과 국가 경제에 미치는 파급 효과를 정량적으로 분석함으로써 경제 환경 변화에 적절히 대응하기 위한 효과적인 농업 정책 수립에 활용될 수 있는 '기초 한국 농업 특화 1국가 정태 CGE(Computable General Equilibrium) 농업 경제 분석 모형(이하 '한국 농업 특화 CGE 모형')을 개발하는 것을 목적으로 함. 또한 향후 다양한 분석 목적에 적합한 CGE 모형을 지속적으로 개발하기 위한 연구에 활용될 수 있는 기초 모형을 제공하고자 함.

□ 연구 방법

○ 국내외 CGE 모형 개발 및 운용 사례와 선행연구를 검토하여, '한국 농업 특화 CGE 모형'의 개발 필요성과 모형의 기본 구조와 구성 요소를 제시함.

○ 국내 각종 통계 자료를 활용하여 한국 농업 특성을 반영한 사회계정행렬(Social Accounting Matrix: SAM)을 저자 작성.

○ GAMS(General Algebraic Modeling System)을 활용하여 한국 농업 특화 CGE 모형 코드를 작성하고, 개발 모형의 유용성을 검증하기 위한 모의 시나리오 분석을 실시함.

○ 서울대학교 농경제사회학부 자원·환경경제 연구실 권오상 교수팀과의 위

탁연구를 통한 유기적인 협업을 수행하였으며, 주요 협업 내용은 해외 및 국내 타 분야 CGE 모형 연구 개발 동향 분석, 한국 농업 특화 CGE 모형 개발 방향과 구성 요소 제시, 한국 농업 특화 CGE 모형 GAMS 코드 개발, 워크숍을 통한 한국 농업 특화 CGE 모형 개발 과정에 대한 원내 연구진과의 지식 공유 등임.

□ 연구 결과

○ CGE 모형은 경제구조, 경제행위자들(생산자, 가계, 정부, 해외부문 등)의 행동과 모든 종류의 상품 및 생산요소 시장 균형 등을 나타내는 연립방정식에 실제 경제자료를 반영하여, 정책 및 경제 환경 변화에 따른 주요 변수들(생산, 소비, 소득, 국제무역 등)의 균형 상태에서의 변화를 전망할 수 있게 하는 모형임.

○ CGE 모형은 외부 요인과 정책의 경제 파급효과를 구조적으로 분석할 수 있다는 장점이 있어, 국제기구, 연구기관, 개별 연구자 등은 국제무역, 환경 및 에너지, 조세, R&D 등 많은 분야에서 다양한 모형을 개발하여 활용하고 있음.

○ 그러나, 국내외에 개발되어 활용되고 있는 다양한 CGE 모형은 한국 농업의 특성과 정책적 관심 사항, 자료의 특성을 충분히 반영하고 있지 못한다는 한계를 가짐.

○ 따라서 본 연구는 거시 경제 변수와 농업 정책이 농업과 국가 경제에 미치는 영향을 보다 명확하고 폭넓게 분석하기 위해서 한국 농업의 여러 특징을 포함하는 한국 농업 특화 CGE 모형을 개발하였고 한국 농업 특화 SAM을 구축함.

○ 한국 농업 특화 CGE 모형의 다른 CGE 모형과의 주요 차별점은 첫 번째, 한국 농업의 특성을 반영하기 위해 생산요소인 노동력을 고용 노동과 자가 노동으로 구분하고, 두 가지 유형의 노동 간 대체 관계를 모형에 반영할 수 있도록 하는 계층적 본원적 생산요소 사용구조를 구축함.

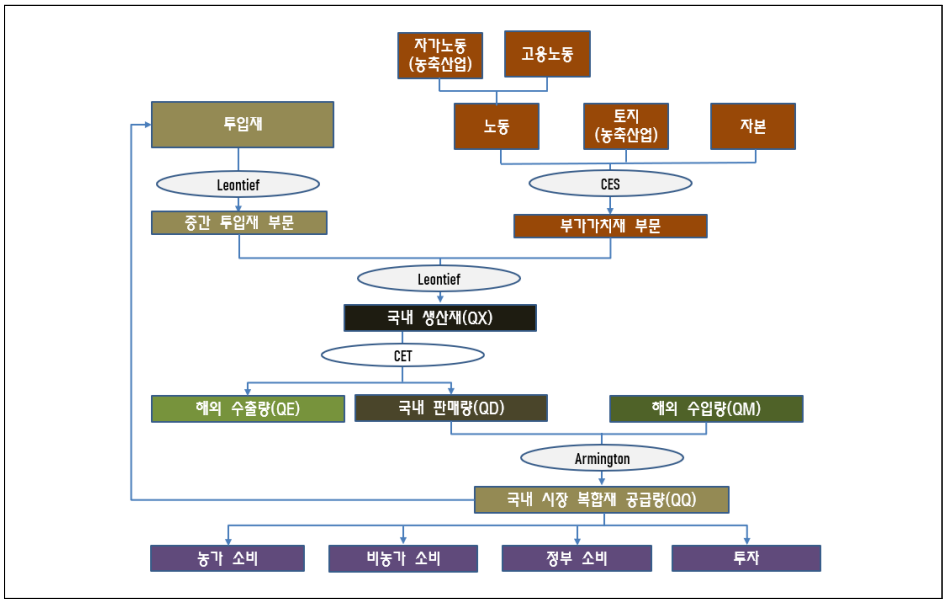
○ 둘째, 토지를 농업 부문 생산요소로 포함함. 가장 중요한 농업생산요소 중 하나인 농지의 공급과 배분을 보다 세밀하게 모형에 반영함. 농지의 부문 간 완전 이동이나 완전 차단을 가정하는 대신 보다 다양한 형태의 부문 간 이동이 이루어질 수 있도록 하였음. 쌀 생산과 기타 밭작물 생산 간의 이동은 밭작물 내의 이동에 비해 제약되도록 계층적(nested) 토지배분모형을 적용함. 또한 토지의 공급이 토지가격의 상대적 크기에 따라 변할 수 있도록 하는 토지공급 부문도 모형에 포함함.

○ 셋째, 가계 부문을 농가와 비농가로 구분함. 이에 따라 정책과 거시 변수 변화가 가계 유형에 따라 비대칭적으로 미치는 영향을 농가와 비농가로 구분하여 파악할 수 있음.

○ 넷째, ‘생산 활동(activities)’과 ‘상품(commodities)’을 구분함으로써 한 가지 활동이 다수의 상품을 생산하거나, 역으로 특정 상품을 다수의 활동에서 공급하는 경우를 분석에 반영할 수 있음.

○ 다섯째, 생산활동 및 상품분류를 농업생산, 후방산업, 전방산업, 기타 산업으로 구분하여 농업과 농업관련산업 등을 포함한 국가 전체 산업을 세밀하게 분석 가능하도록 함. 이와 같이 한국의 농업 구조 특성과 이용 가능한 자료들을 최대한 반영한 한국 농업 특화 CGE 모형을 개발함으로써 분석 결과의 활용성을 높임.

○ 한국 농업 특화 CGE 모형의 기본 구조는 다음과 같음.



○ 전체 생산활동을 72개로 구분하였으며, 농축산업 생산활동은 자가 노동, 고용 노동, 토지, 자본 등 4가지 본원적 생산요소와 투입 복합재로 사용되는 각 상품을 투입해 이루어지며, 비농축산업 생산활동은 자가 노동, 자본 등 2가지 본원적 생산요소만 사용함.

○ 농축산업 생산활동에서는 자가 노동, 고용 노동이 CES(Constant Elasticity of Substitution) 함수를 통해 결합되어 복합노동 생산요소인 노동을 만듦. 이 복합노동 생산요소가 다시 토지 및 자본과 CES 함수를 통해 결합되며, 이로부터 부가가치재(Value Added)가 만들어짐. 국내 생산재 중 국내 공급재와 해외 수입재가 일종의 CES 함수인 Armington 함수를 통해 결합되어 투입 복합재가 만들어짐. 이는 국내 생산재와 해외 수입재가 서로를 완전 대체하지는 않는다는 것을 의미함. 개별 투입 복합재는 생산활동에 중간 투입재로 사용되어 복수의 투입 복합재가 Leontief 결합되어 중간 투입재가 만들어지고, 이 중간 투입재가 생산활동에 투입됨. 부가가치재는 중간 투입재와 CES 혹은 Leontief 결합을 하여 최종 산출물(국내 생산재)을 만듦. 비농축산업 생산활동부문은 고용 노동이 자본과 CES 결합을 해 부가가치재를 만들며, 이 부가가치재가 중간 투입재와 Leontief 혹은 CES 결합함.

○ 농축산업 생산활동 내에서 토지 용도가 개별 생산활동 간에 제한된 대체 혹은 차별화가 있도록 함. 즉, 토지를 쌀 생산과 채소 생산 사이에 이동시키는 것은 특정 기간 내에서는 완전히 자유롭지는 않으며, 용도 간 어느 정도의 차별성이 존재함. 이 때문에 토지의 가격은 모든 생산활동 부문에서 동일하지 않고 쌀 생산을 위한 토지가격, 채소 생산 혹은 여타 용도의 토지가격이

모두 다른 토지가격이 형성됨. 개별 생산활동 간 토지이용 배정은 각 생산활동 내의 토지가격과 전체 토지가격 지수의 비율에 따라 일종의 로짓(logit) 함수를 통해 배정되도록 함. 토지이용 생산활동 내에서 토지 배분은 벼 생산활동, 밭작물 생산활동, 축산물 생산활동 등 3개 부문으로 1차 배분되며, 이어서 각 부문 내에서 세부 생산활동별로 2차 배분됨. 또한 농지의 공급량을 고정시키는 기존 CGE 모형들과 달리 농지 공급함수를 도입함.

○ 국내 생산활동을 통해 생산된 특정 국내 생산재(상품) c의 양은 QX_c인데, 이는 한 가지 또는 복수의 생산활동에 의해 생산됨. QX_c 중 국내 시장에 공급되는 것은 QD_c이며, 수출되는 것은 QE_c임. 국내시장에 공급되는 양과 수출되는 양은 QX_c의 판매가치를 극대화하는 방법으로 이루어지되, QX_c, QD_c, QE_c 간의 물리적 관계는 CET(Constant Elasticity of Transformation) 함수를 통해 결정됨. 국내 시장에 공급된 QD_c는 수입되는 양 QM_c와 Armington 결합되어 QQ_c만큼이 복합재로서 국내 시장에 공급됨.

○ 국내 시장에 공급된 복합재 QQ_c는 농가 및 비농가 소비, 정부소비, 투자, 투입 복합재로 최종 배분됨. 이 각각의 배분행위는 소비자 예산제약 하의 효용극대화, 정부의 목적함수 충족, 투자수요 결정행위, 생산자의 이윤극대화행위를 통해 결정됨.

○ 한국농업특화 CGE 모형의 경제주체는 가계, 생산활동을 하는 기업, 정부, 해외부문으로 구성되어 있음. 가계는 농가와 비농가로 양분되는데, 농가는

자가 노동, 고용 노동, 토지, 자본 등 본원적 생산요소로부터 소득을 얻음. 또한 정부로부터의 이전금으로 소득을 얻음. 비농가는 고용 노동, 자본 등 본원적 생산요소로부터 소득을 얻으며, 정부부터의 이전금으로도 소득을 얻음. 가계는 소득을 소비, 소득세 납부, 저축, 여타 경제주체에 대한 이전금으로 사용함. 소비는 Stone-Geary 효용함수를 가지는 가계가 예산제약하에 효용을 극대화하도록 선택하며, 따라서 LES(Linear Expenditure System) 형태의 수요체계를 사용함.

○ 정부는 세금을 걷고 다른 경제주체로부터 지원금을 받을 수도 있음. 세율은 원칙적으로 종가세로 고정된 것으로 가정함. 정부는 세입을 이용해 스스로 소비하고, 다른 경제주체로 이전하며, 저축을 할 수 있음.

○ 해외부문은 국내의 모든 경제주체와 이전금을 주고받을 수 있음. 해외부문 저축은 국내 경제의 해외에 대한 지불액과 수취액의 차이임.

○ 거시마감에서는 정부 부문의 예산 균형, 해외부문의 경상수지 균형, 저축-투자 균형 방식을 정함. 거시마감에서 고정시키는 변수의 수만큼 내생변수로 전환하는 변수가 만들어져야 하고, 결과적으로 모형 전체의 방정식의 수와 내생변수의 수가 일치하도록 하여야 함. CGE 모형은 특성상 전체 생산요소, 상품 등의 시장 중 하나에서의 균형은 나머지 모든 시장에서 균형이 달성될 때 저절로 달성되어야 함. 즉 Walras 법칙이 성립해야 하며, 한국농업 특화 CGE 모형도 이 법칙을 부여하고 있음.

○ 개발된 한국 농업 특화 CGE 모형의 유용성을 검증하기 위한 모의 시나리오 분석을 함. ① 한국 경제사회가 직면한 메가트렌드 중 하나인 저출산·고령화로 인한 인구 및 노동력 감소의 농업과 국가경제에 미치는 영향을 모의 시나리오 분석함. ② 이상기후로 인한 식량 생산의 불확실, 우크라이나-러시아 전쟁 등으로 인한 국제 곡물 공급망의 불안정 등으로 인해 국제 곡물가, 국제유가 등의 급등이 빈번하게 발생함에 따라 이들 가격 상승이 농업과 국가경제에 미치는 영향을 모의 시나리오 분석함. ③ 저출산·고령화로 인한 노동력 감소와 국제 곡물 가격 상승이 소규모 농가 퇴출 및 대규모화 등 산업 구조가 지속적으로 변하고 있는 양돈산업에 미치는 영향을 모의 시나리오 분석함.

○ 본 연구에서는 다양한 분석 목적에 적합한 CGE 모형을 지속적으로 개발하기 위한 연구에 활용될 수 있는 기초 모형으로서 한국 농업 특화 CGE 모형을 개발함. 토지, 농업용수 등 실물변수를 포함하는 모형, 도 단위 다지역 모형, 농업 부문을 세분화하여 CGE 모형과 결합하는 상·하향 통합 모형, 경제 정책의 계층별 영향 분석을 위한 CGE 모형 분석 결과와 미시 시뮬레이션의 연계, 다국가 모형 또는 동태 모형으로의 확장, 탄성치 추정을 통한 현실화, 정책 영향 분석을 위한 방정식 및 변수의 변경 및 추가 등을 위한 연구가 향후 지속될 필요가 있음.

차 례

제1장 서론

1. 연구의 필요성과 목적 ····· 1
2. 연구내용 및 방법 ····· 6

제2장 CGE 모형의 특징과 국내외 연구개발 동향

1. CGE 모형의 특징 ····· 9
2. 국내외 연구개발 동향 ····· 11
3. 한국 농업 특화 CGE 모형의 필요성 ····· 25

제3장 한국 농업 특화 CGE 모형 구조

1. 모형의 기본 구조 ····· 35
2. GAMS 코드 주요 요소 ····· 50
3. 주요 방정식의 이론적 근거와 파라미터 식별 ····· 78
4. 모형 적용 탄력성 ····· 89
5. 모형의 마감과 기준가격(Numeraire) ····· 92

제4장 한국 농업 특화 SAM 구성과 특징

1. SAM 기본구조와 한국 농업 특화 SAM의 특징 ····· 95
2. 생산활동 및 상품 ····· 100
3. 노동부문 ····· 109
4. 토지부문 ····· 112
5. 가계부문 ····· 114

제5장 모의 시나리오 분석

1. 노동력 변화 영향 분석 ····· 117
2. 국제 원자재 가격 변화 영향 분석 ····· 128
3. 양돈산업 규모별 영향 분석 ····· 136

제6장 요약 및 향후 연구 방향

1. 요약 ····· 151
2. 향후 연구 방향 ····· 153

참고문헌 ····· 159

표 차례

제2장

〈표 2-1〉 향후 KMI-GEM 구축 로드맵(안) ····· 28

제3장

〈표 3-1〉 KREI-1 CGE 모형의 생산활동과 상품 분류(72 활동 - 72 상품) ···· 38
〈표 3-2〉 토지이용 생산활동 내 토지의 부문별 중첩 배분구조 ····· 42
〈표 3-3〉 KREI-1 CGE 모형의 집합 ····· 51
〈표 3-4〉 KREI-1 CGE 모형의 방정식에 사용되는 매개변수 ····· 53
〈표 3-5〉 KREI-1 CGE 모형의 방정식에 사용되는 변수 ····· 55
〈표 3-6〉 KREI-1 CGE 모형의 탄력성 파라미터 ····· 90

제4장

〈표 4-1〉 일반적인 SAM의 구성요소 ····· 97
〈표 4-2〉 한국 농업 특화 SAM의 구성요소 ····· 99
〈표 4-3〉 한국 농업 특화 SAM의 생산활동 및 상품 계정의 농축산업 부문 ··· 100
〈표 4-4〉 한국 농업 특화 SAM의 생산활동 및 상품 계정의
농축산업 전방산업 부문 ····· 101
〈표 4-5〉 한국 농업 특화 SAM의 생산활동 및 상품 계정의
농축산업 후방산업 부문 ····· 102
〈표 4-6〉 한국 농업 특화 SAM의 생산활동 및 상품 계정의
기타 농축산업·농가 관련 산업 ····· 103
〈표 4-7〉 한국 농업 특화 SAM의 생산활동 및 상품 계정의 산업분류[참고] ··· 105
〈표 4-8〉 하나 생산활동 - 복수 상품 산출 관계(예) ····· 108

〈표 4-9〉 2015년 농축산물생산비통계 주요 품목별 노동비 비율 ····· 110
〈표 4-10〉 산업연관표의 주요 농업부문별(품목별) 부가가치 영역 ····· 110
〈표 4-11〉 자가 노동비 산출 예시(벼, 양돈) ····· 111
〈표 4-12〉 2015년 농축산물생산비통계 주요 품목별 토지비용 현황 ····· 112
〈표 4-13〉 토지비용 산출 예시(벼, 양돈) ····· 113
〈표 4-14〉 농가 및 비농가 소비지출 현황 및 비율 ····· 115

제5장

〈표 5-1〉 시나리오 설정(노동 공급 감소) ····· 121
〈표 5-2〉 농축산업 생산량 및 가격 변화(노동 공급 감소) ····· 123
〈표 5-3〉 거시 지표 변화(노동 공급 감소) ····· 126
〈표 5-4〉 연계 산업 생산량 및 가격 변화(노동 공급 감소) ····· 127
〈표 5-5〉 시나리오 설정(국제 원자재 가격 상승) ····· 130
〈표 5-6〉 농축산업 생산량 및 가격 변화(국제 원자재 가격 상승) ····· 132
〈표 5-7〉 거시 지표 변화(국제 원자재 가격 상승) ····· 134
〈표 5-8〉 관련 산업 생산량 및 가격 변화(국제 원자재 가격 상승) ····· 135
〈표 5-9〉 1인당 육류 소비량 추이 ····· 137
〈표 5-10〉 사육 규모별 돼지 사육현황(2015년 기준) ····· 141
〈표 5-11〉 사육 규모별 비육돈 사육비(2015년 기준) ····· 141
〈표 5-12〉 사육 규모별 비육돈 수익성(2015년 기준) ····· 142
〈표 5-13〉 양돈산업 분석을 위한 시나리오 ····· 144
〈표 5-14〉 대내·외 여건 변화가 양돈산업 규모별 생산에 미치는 영향 ····· 146
〈표 5-15〉 대내·외 여건 변화가 양돈산업 상품에 미치는 영향 ····· 147
〈표 5-16〉 대내·외 여건 변화가 양돈산업의 연관산업에 미치는 영향 ····· 148

그림 차례

제1장

〈그림 1-1〉 국가 인구 감소와 국가 경제 ····· 5

제2장

〈그림 2-1〉 CGE 모형 작동 구조 ····· 11

제3장

〈그림 3-1〉 한국 농업 특화 CGE 모형 구조 ····· 36
〈그림 3-2〉 농축산업 생산활동의 생산기술 구조 ····· 40
〈그림 3-3〉 상품 부문의 Armington-CET 구조 ····· 44
〈그림 3-4〉 국내 시장 복합재 공급량의 배분 ····· 45
〈그림 3-5〉 한국 농업 특화 CGE 모형의 GAMS 코드 구조 ····· 50
〈그림 3-6〉 모형마감과 기준가격(Numeraire)의 GAMS 코드 예 ····· 94

제5장

〈그림 5-1〉 돼지 사육 및 농장 현황 ····· 137
〈그림 5-2〉 돼지 사육 규모별 농가 수 및 마릿수 비율 ····· 138

1 서론

1. 연구의 필요성과 목적

1.1. 연구 배경과 필요성

❍ 농업을 둘러싼 국내외 경제 환경이 빠르게 변화하고 농업에 대한 영향도 커지고 있음.

- 농산물 등 상품시장 개방 외 자본시장 개방, 서비스시장 개방이 지속됨에 따라 환율, 금리, 경제성장률 등 국내외 다양한 거시 변수의 농업에 대한 영향이 증가하고 있음. 이는 농업이라는 산업이 국가 및 세계 시장경제시스템에 더욱 편입되고 있음을 의미함.
- 저출산, 고령화로 인한 총인구 감소로 국내 내수시장이 축소될 것으로 예상됨. 또한 생산가능인구의 급격한 감소로 인한 노동시장 불균형으로 농업 인력확보의 어려움이 이미 발생하고 있음. 이와 같이 인구 구조 변화의 농업에 대한 영향도 증가하고 있음.

- 기후위기 및 탄소중립, 미중 갈등, 우크라이나 사태, 코로나19 등 국제정세의 불확실성이 증가하는 등 국내 농업에 영향을 미치는 외부 환경의 불확실성 또한 증가하고 있음.
- 디지털·바이오 기술 발달로 농업전후방연관산업의 농업에 대한 영향력이 증가하였음.

❍ 농업을 둘러싼 국내외 경제 환경의 변화 및 이에 대응한 농업 정책의 파급 효과를 분석할 수 있는 모형이 미흡해 농업 정책의 파급 영향을 정량적으로 효과적으로 분석하기 어려움. 이로 인해 농업 정책과 거시 변수 변화의 파급 효과에 대한 엄밀한 정량 분석 자료 제공이 쉽지 않음.

- 농업 정책은 외부 환경 변화에 대응하고 농업의 지속가능성 제고와 성장동력 확보 등을 위해 직불금 확충, 스마트농업 확대, 바이오 산업·고부가 식품산업 육성, 청년농 육성, 온실가스 감축, 농업 생산비 감축, 농식품 수출 확대 등 다양한 정책을 추진하고 있음.

❍ 즉, 다음과 같은 농업 부문에서 중요하게 다루어지고 있는 거시 변수 또는 농업 정책이 농업과 국가 경제(예: GDP, 상품의 가격과 생산량, 생산요소의 가격과 투입량, 가구의 소득 등)에 어떻게, 얼마만큼 영향을 줄 것인가에 대한 정량적 답을 제시하기 위한 분석 모형이 필요함.

- 국제 곡물 가격 상승의 농업과 국가 경제에 대한 파급효과
- 환율, 유가, 금리 변동의 농업과 국가 경제에 대한 파급효과
- 청년농 등 농업 인력 육성 정책의 파급효과
- 공익직불제(전략작물직불제 등)의 농업 전반 및 품목 부문 파급 효과
- 면세유 등 조세지원제도 축소와 대체에너지(재생에너지)산업 육성의 파급효과

- 식품지원제도의 성장과 분배 측면에서의 효과
- 농업부문 숙련·비숙련 외국인력 도입 확대 정책의 파급 효과
- 농업부문 세제 개편의 성장과 분배 효과(예: 고소득 농업인에 대한 소득세 부과와 재원 활용 정책의 성장과 분배 효과)
- 농식품 연구개발 투자 확대의 파급 효과
- 농업부문 ICT 투자 확대의 파급 효과
- 각종 농업부문 보조금 정책(예: 친환경농업직불금, 시설보조, 사료구매자금지원 등등)의 파급효과

❍ KREI-KASMO 모형은 중장기 수급전망 및 정책 시뮬레이션을 목적으로 개발된 농업부문 총괄모형으로, 농산물의 가격 및 수급에 따른 파급효과 및 농축산물 시장개방의 영향효과를 계측하는 연구에 광범위하게 활용되어 왔음.

- KREI-KASMO는 농축산물 74개 품목(재배업 65개, 축잠업 9개)을 대상으로 품목별 수급구조의 특징과 품목 간 생산 및 수요 대체 관계를 반영한 한국 농업부문 총량모형임.
- 122개 실품목의 공급(생산, 수입, 연초재고 등)과 수요(식용, 가공용, 수출, 연말재고 등) 간 수급 균형을 구현한 약 6,500여 개의 함수(방정식 및 항등식)로 구성된 대규모 시뮬레이션 모형으로 국제 무역 관련 정책 시뮬레이션 분석이 용이함.

❍ 농업부문 시장개방 영향평가에 활용되었던 KREI-KASMO 모형과는 별도로, 다양한 농업 정책과 외부 거시 변수의 농업부문 직접효과 및 관련 산업을 포함한 국가 경제에 대한 간접효과를 구체적으로 파악하기 위해서는 추가적인 분석 모형을 개발·운용하는 것이 효과적임.

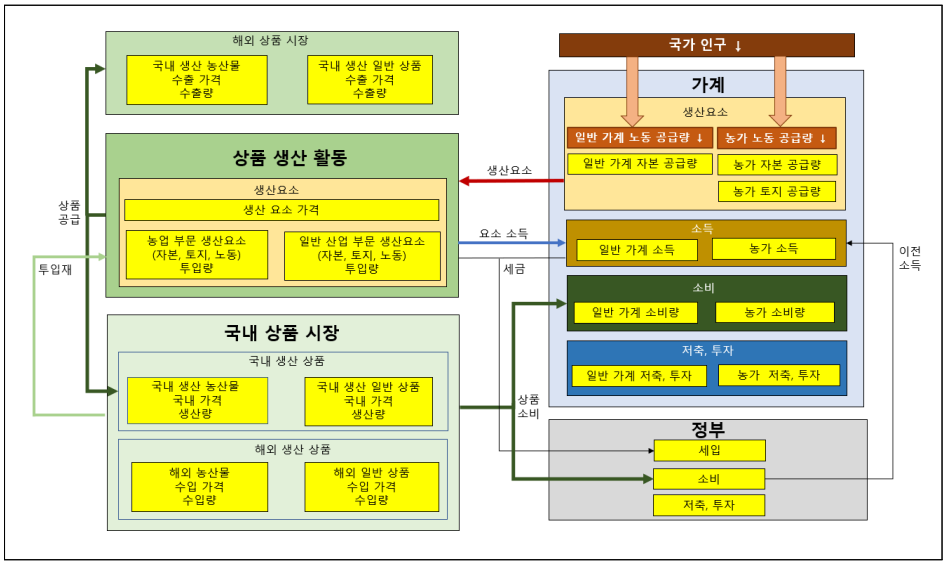
- KREI-KASMO 모형은 부분균형모형을 중심으로 구축된 중장기 수급전망 및 국제 무역 관련 정책 중심의 시뮬레이션 모형으로, 거시경제적 파급효과를 정교하게 분석하기 위한 목적의 모형 운용 및 개선 추진에는 한계가 있음.
- KREI-KASMO 모형의 분석 범위 한계에도 불구하고 농업 정책 및 거시 변수의 파급효과 분석이 KREI-KASMO 모형에 의존하는 경향이 커 분석에 있어 제약이 존재함.

❍ 국가 인구 감소의 영향을 예를 들어 설명하면 다음과 같음.

- 한 국가 경제는 가계, 정부, 상품 생산 활동을 하는 기업, 해외 등으로 이루어짐. 각 주체들의 생산, 소비 등의 경제 활동 속에서 생산요소 시장과 상품 시장에서 균형 가격, 균형 공급량(=소비량) 등이 결정됨.
- 즉, 한 국가의 경제는 모든 주체들, 모든 생산요소, 모든 상품이 정도의 차이는 있으나 상호 영향을 주고받으므로, 경제에 영향을 주는 거시 변수 또는 정책의 효과를 분석할 때는 이를 고려해야 함.
- 〈그림 1-1〉에서와 같이 국가 인구 감소는 국가 경제 전체에 영향을 미침.
- 국가 인구 감소는 노동 공급량을 줄이고, 상품 생산 활동, 국내 상품시장, 가계, 정부 등 모든 부문에 영향을 줌. 그 결과 노동을 포함한 모든 생산요소의 균형 가격과 각 상품 생산에서의 균형 투입량, 국내 상품 시장에서의 균형 가격과 균형 생산량(=소비량) 등이 새롭게 결정됨. 또한 가계의 소득, 정부의 세입과 소비 등도 새로운 균형값을 가지게 됨.
- 연산가능일반균형(Computable General Equilibrium: CGE) 모형은 이와 같은 한 국가 모든 경제 주체, 주체의 경제 활동, 생산요소, 상품 등을 함께 고려한 균형 상태를 구함으로써 거시 변수 또는 정책의 파급 효과를 분석한다는 점에서 KREI-KASMO 모형과의 그 차이점이 뚜렷함.

❍ 따라서 거시 변수 변화 또는 농업 정책이 농업을 포함한 국가 경제 전반에 미치는 파급 효과를 분석하기 위해서는 한국 농업의 특성을 고려한 CGE 모형 개발이 필요함.

〈그림 1-1〉 국가 인구 감소와 국가 경제



자료: 저자 작성.

1.2. 연구 목적

❍ 이 연구는 다양한 경제 환경 변화와 농업 정책이 농업과 국가 경제에 미치는 파급 효과를 정량적으로 분석함으로써 경제 환경 변화에 적절히 대응하기 위한 효과적인 농업 정책 수립에 활용될 수 있는 '기초 한국 농업 특화 1국가 정태 CGE 농업 경제 분석 모형(이하 '한국 농업 특화 CGE 모형')을 개발하는 것을 목적으로 함.

○ 또한 향후 다양한 분석 목적에 적합하게 CGE 모형을 지속적으로 개발하기 위한 연구에 활용될 수 있는 기초 모형을 제공하고자 함.

2. 연구내용 및 방법

2.1. 연구내용

○ 제2장에서 연산가능일반균형 모형 특징, 국내외 연구개발 동향 등을 살펴보고, 한국 농업 특화 CGE 모형 개발의 필요성을 제시함.

○ 제3장에서는 한국 농업 특화 CGE 모형의 기본 구조와 구성요소 등을 설명함.

○ 제4장에서는 한국 농업 특화 SAM의 특징과 구축방법 등을 설명함.

○ 제5장에서는 개발된 한국 농업 특화 CGE 모형의 유용성을 밝히기 위해 노동력 공급 변화 영향 분석, 국제 곡물과 원유 가격 변화 영향 분석, 양돈산업의 규모별 영향 분석 등 모의 시나리오 분석을 함.

○ 제6장에서는 연구내용을 요약하고 향후 한국 농업 특화 CGE 모형 개발 방향을 제시함.

2.2. 연구방법

❍ CGE 모형 관련 국내외 개발 및 운용 사례와 선행연구를 검토하여, 한국 농업 특화 CGE 모형의 개발 필요성과 모형의 기본 구조 및 구성 요소를 제시함.

- CGE 모형의 특징, 구조, 요소 등에 대한 이론을 검토함.
- 국내외에서 개발·운용되고 있는 CGE 모형 사례와 선행연구를 검토함.

❍ 국내 각종 통계 자료를 활용하여 한국 농업 특성을 반영한 사회계정행렬(Social Accounting Matrix: SAM)을 작성함.

❍ GAMS(General Algebraic Modeling System)를 활용하여 한국 농업 특화 CGE 모형 코드를 작성하고 개발 모형의 유용성을 제고를 위한 모의 시나리오 분석을 실시함.

❍ 서울대학교 농경제사회학부 자원·환경경제 연구실 권오상 교수팀과의 위탁연구를 통한 유기적인 협업을 수행하였으며, 주요 협업 내용은 다음과 같음.

- 해외 및 국내 타 분야 CGE 모형 연구 개발 동향 분석
- 한국 농업 특화 CGE 모형 개발 방향과 구성 요소 제시
- 한국 농업 특화 CGE 모형 GAMS 코드 개발
- 워크숍을 통한 한국 농업 특화 CGE 모형 개발 과정에 대한 원내 연구진과의 지식 공유

2 CGE 모형의 특징과 국내외 연구개발 동향

1. CGE 모형의 특징[1)]

❍ 연산가능일반균형 모형은 경제이론과 실제 경제자료를 결합하여 정책이나 경제 환경 변화의 효과를 시뮬레이션할 수 있는 대규모 수리모형임.

❍ CGE 모형은 경제구조, 경제행위자들(생산자, 가계, 정부, 해외부문 등)의 행동과 모든 종류의 상품 및 생산요소 시장 균형 등을 나타내는 연립방정식에 실제 경제자료를 반영하여, 정책 및 경제 환경 변화에 따른 주요 변수들(생산, 소비, 소득, 국제무역 등)의 변화를 전망할 수 있게 하는 모형임.

- CGE 모형은 예를 들어 농업부문의 생산과 소비행위만을 분석하는 부문모형(Sectoral model) 혹은 부분균형모형(Partial equilibrium model)과는 달리 경제 전체를 분석대상으로 하며, 각 부문/시장 간의 연계관계를 모

1) 본 장의 내용은 서울대학교 권오상 교수 연구팀이 수행한 위탁과제 '1국가 정태 CGE 모형 개발 기초연구'의 내용과 본 연구진의 연구 내용을 종합하여 저자 작성.

두 분석할 수 있는 일반균형모형임. 또한 산출물은 물론 생산요소 시장도 동시에 분석에 반영함.

- 부문 간의 연계관계를 분석하지만 재화가 부문 간에 배분되는 수요 위주의 모형인 투입산출분석(Input output analysis)과는 달리 CGE 모형은 균형 상태에서의 수요와 공급을 모두 분석하며, 생산능력을 결정하는 자원제약 문제까지도 분석에 반영할 수 있는 보다 일반적이고 현실적인 분석방법임.

❍ CGE 모형은 현실 경제의 전체 모습을 최대한 재현하지만 기본적으로 가격이나 생산성의 불확실성을 반영하지 않는 비확률적(Deterministic) 모형이라는 한계를 가짐. 반면 거시경제모형, 특히 동태확률일반균형(Dynamic Stochastic General Equilibrium: DSGE) 모형은 일반균형모형이면서 경기변동이나 생산성 변화의 불확실한 영향을 반영하는 장점이 있음. 하지만 DSGE 모형은 경제 내 생산 및 소비 부문을 극단적으로 통합하여 분석함에 반해, CGE 모형은 모형의 수리적 안정성과 컴퓨터가 해를 구하는 능력에 있어 장애가 없는 한 얼마든지 세분화된 부문을 분석에 반영할 수 있음.

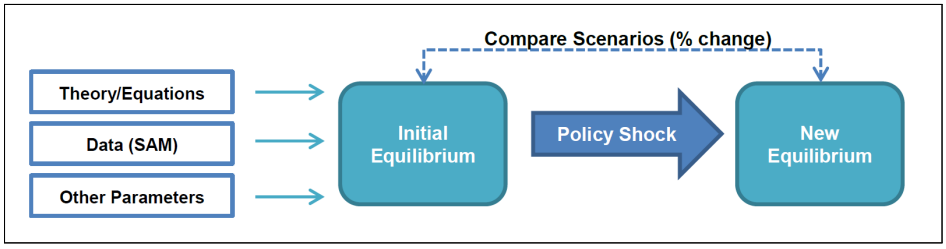
❍ 국제식량정책연구소(International Food Policy Research Institute: IFPRI)는 정책연구 분석을 위해 CGE 모형을 활용하고 있으며, Löfgren et al.(2002)의 표준 IFPRI 모형(Standard IFPRI model)을 제공하고 있음. 본 연구는 표준 IFRPI 모형을 기반으로 한국 농업 특화 CGE 모형을 구축함.

2. 국내외 연구개발 동향

2.1. 들어가며

❍ CGE 모형이 구축되고 정책분석에 사용되는 과정은 〈그림 2-1〉과 같이 요약할 수 있음.

〈그림 2-1〉 CGE 모형 작동 구조



자료: The Office of the Chief Economic Adviser(2015).

❍ 경제이론, 경제자료(SAM 등), 기타 파라미터로 구성되는 CGE 모형이 구축되면 모형은 기준 연도(BAU) 혹은 기준선(Baseline)의 경제 변수 모두를 정확히 균형 값으로 구현해낼 수 있어야 하며, 이 기준선의 균형을 초기균형(Initial equilibrium)이라 부를 수 있음. 여기에 경제 환경 또는 정책의 변화가 발생하면 CGE 모형은 새로운 균형(New equilibrium)을 찾아내며, 초기균형과 새로운 균형에서의 주요 경제변수들의 값을 비교하여 정책의 효과를 분석함.

❍ 이렇게 작동되는 CGE 모형은 몇 가지 방식으로 분류할 수 있음. 분류기준으로는 1) Johansen(1960) 형의 로그-선형화된 모형을 사용하는지 아니면 Adelman-Robinson(1978) 형의 비선형 연립방정식을 사용하는지, 2) 모형이 정태모형인지 동태모형인지, 3) 1국가 모형인지 글로벌(Global) 모형인

지, 4) 1국가 1지역 모형인지 1국가 다지역 모형인지, 5) 완전경쟁시장 모형인지 불완전경쟁시장 모형인지, 6) 계량경제 추정식에 의존하는 모형인지 아닌지, 7) 확률모형인지 아닌지, 8) 상·하향 통합모형인지의 여부 등을 적용할 수 있음.[2)]

2.2. Johansen모형과 Adelman-Robinson모형

❍ CGE 모형의 방정식 구성은 크게 Johansen(1960) 형의 선형 근사된 형태 또는 Adelman & Robinson(1978) 형의 비선형 연립방정식 형태의 두 가지 방식 중 하나로 이루어짐.

❍ 경제 내의 균형식이나 행태방정식은 다음과 같은 m개의 방정식으로 구성된 연립 비선형방정식으로 나타낼 수 있음.

$$F(X, Y) = 0$$

❍ X는 외생변수의 벡터이고 Y는 균형식을 충족하는 내생변수의 벡터임. 이렇게 다수의 방정식으로 구성된 비선형 연립방정식의 근을 수치적 방법을 이용해 바로 구해내는 것이 Adelman & Robinson(1978)의 방법임.

- 이들의 연구는 방정식 계산 과정뿐 아니라 각 개별행위자의 행태방정식을 설정하고 균형식을 도출하며, SAM을 모형에 반영하는 과정 등에 있어서도 현재 표준적으로 사용되고 있는 방식을 제안함.[3)] IFPRI 모형을 포함하는 대다수의 현존하는 CGE 모형들은 이들의 방법을 따르고 있음.

---

2) 이들 CGE 모형의 일부에 대한 보다 자세한 검토는 Dixon & Jorgenson(2013)에서 얻을 수 있음.

3) 이 연구는 특히 당시 구조변화를 거듭하는 개발도상국 경제였던 한국 경제를 그 분석대상으로 했다는 점에 있어서도 큰 의미를 가지며, Adelman 교수는 한국의 초기 경제개발과정에 상당한 자문을 하였음.

❍ Johansen(1960)의 방법은 연립방정식을 선형화하는 방법으로서, 음함수정리를 적용하는 다음 관계를 활용함.

$$\Delta Y = B(\overline{X}, \overline{Y}) \cdot \Delta X$$

단, $B(\overline{X}, \overline{Y}) = - F_Y(\overline{X}, \overline{Y})^{-1} F_X(\overline{X}, \overline{Y})$

$(\overline{X}, \overline{Y})$: 기준선에서의 변수값

- 따라서 정책변화가 ΔX만큼 발생할 때의 새로운 내생변수값은 다음처럼 선형 근사되어 결정됨.

$$Y^1 = \overline{Y} + B(\overline{X}, \overline{Y}) \cdot \Delta X$$

- 대개의 경우 내생변수의 변화량 자체보다는 변화율에 관심이 있으므로 이 방법을 실제로 실행할 때에는 변수들을 먼저 로그-변환함. 그리고 $(\overline{X}, \overline{Y})$에서의 외생변수의 변화 ΔX를 2구간 이상으로 세분한 후 선형 근사법을 반복 적용하여 기준선에서 단 한 번 근사함에 따른 편의(Bias)를 줄이려는 시도도 하고 있음.[4)]
- 변형·확장된 형태의 Johansen 알고리즘을 적용하는 대표적인 모형으로 GTAP(Global Trade Analysis Project) 모형이 있으며, ORANI, MONASH (Dixon & Rimmer, 2002) 등 호주 전문가들이 오래전부터 개발해 사용하고 있는 잘 알려진 CGE 모형들도 이 알고리즘에 기반을 두고 있음.

4) Johansen(1960) 알고리즘의 구체적인 적용 절차에 관해서는 Dixon et al.(2013)에서 설명하고 있음.

2.3. 정태모형과 동태모형

❍ 정태 CGE 모형은 특정 시점에 있어서의 기준선을 재현하는 일반균형모형임.

- 여기에 〈그림 2-1〉에서와 같은 정책 충격(Policy shock)이 도입되면 그로 인해 발생하는 내생변수의 변화를 도출하지만, 그러한 새로운 균형이 도출되는 데에 어느 정도의 시간이 걸리는지, 그리고 최종적인 균형점에 도달하기 전 내생변수들이 어떤 변화과정을 거치는지에 대해서는 검토하지 않는 한계점이 존재함.

❍ 반면 동태모형은 시간이 지나면서 발생하는 변수들의 동태적 변화 경로를 분석하며, 따라서 매 시점 t별로 균형이 다음과 같이 형성된다고 간주함.

$$F(X(t), Y(t)) = 0$$

❍ 이러한 동태 균형식을 도출하고 모형에 반영하는 데에는 크게 세 가지 방법이 있음. 첫 번째는 축차적 동태모형(Recursive dynamic model)으로서, 현존하는 대부분의 동태 CGE 모형은 이 계열에 속함. 축차적 동태모형은 매 연도에 있어 성립하는 정태균형을 연도별로 도출하는데, 다만 앞선 연도의 균형에서 정해지는 투자행위와 감가상각에 따라서 자본량이 변경되고, 이후 연도에는 이 늘어난 자본량을 정태균형을 결정하는 자원부존량 조건으로 받아서 당해 연도의 새로운 정태균형을 도출함. 그리고 또 다른 본원적 생산요소인 노동의 경우 통상적으로 그 증가율을 외생적으로 반영함. 현재 다수의 기관이나 국가, 혹은 개인 연구자들이 활용하는 CGE 모형들이 모두 이러한 구조를 가지고 있음.

❍ 두 번째 유형의 동태 최적화모형인 완전예견 동태모형(Perfect foresight dynamic model)은 기업 혹은 기업과 소비자 모두가 현재부터 미래까지의

순편익의 할인합을 극대화하는 완전한 의미의 동태 최적화를 실행한다고 가정하며, 여기에 정태적인 시장균형조건과 정부의 행위 등을 반영하여 동태균형을 도출함. 무한시점(Infinite horizon)의 의사결정 문제를 유한차원의 최적화문제로 전환하기 위해 특정 시점이 지난 후에는 경제는 정책충격 후에 새로운 균제상태(Steady state)에 도달하며, 그 이후의 경제변수들은 균제상태에서의 값을 유지한다고 가정함. 축차적 동태모형이 동태최적화 과정 없이 서로 인접한 두 연도 간의 정태균형을 연속적으로 연계해서 사용하는, 따라서 엄밀한 의미에서는 동태모형이라 할 수 없음에 반해 완전예견 모형은 동태 최적화를 명시적으로 반영한다는 장점을 가짐. 하지만 완전예견 동태모형은 모형식별과 해를 찾는 과정의 난도가 상대적으로 높으며, 따라서 부문의 세분화에 제한이 있을 수 있음. 또한 특정 연도에 균형상태에 도달한다고 가정해야 하는 문제도 가지고 있음. 완전예견 모형은 국제기구나 국가기관 등에서는 잘 사용되지 않으며, 개인 연구자들이 개발해 활용하는 경우는 여러 번 있었음(예: Lau et al., 2002).

❍ 마지막 세 번째 동태모형은 세대교차모형(Overlapping Generations Model: OLG)임. 이는 거시경제연구에서 개발되어온 OLG 모형을 CGE 형태로 변형하여 적용하는 것임(Zodrow & Diamond, 2013). 명칭 그대로 경제 내 구성원을 여러 세대로 구분하고 세대 간의 상호작용을 허용하는 동태모형이 만들어지는데, 모형의 특성상 연금제도나 조세제도, 세대 간 소득분배, 인구변동의 영향 등을 분석하는 데 유용함. 모형의 복잡성이 높고 주로 적용되는 경제 문제들도 한정되기 때문에 다른 CGE 모형과 달리 중간재 사용을 통한 산업 부문 간의 상호작용은 대체로 포함하지 않고, 본원적 생산요소인 자본과 노동을 주 생산요소로 간주하는 형태를 취함.

❍ 이상 설명한 바와 같이 동태모형은 정태모형에 비하면 내생변수의 동태적 변화과정을 분석할 수 있다는 장점을 가짐. 하지만 많은 경우 다수 연도에 있어

서 모형의 균형이 안정성을 지니기 위해서는 자본, 노동, 토지 등의 본원적 생산요소가 일종의 균형성장(Balanced growth)을 한다고 가정하는데, 이 가정은 물론 비현실적임. 아울러 최초 연도뿐 아니라 장기간의 연도별 기준선을 모두 가지고 있어야 하는데, 특히 농업부문의 경우 여타 부문만큼 생산량이 늘어날 수 없기 때문에 균형성장을 유지하면서 그 기준선을 충족하도록 모형을 구축하기가 어려운 점이 있음.

❍ 반면 정태모형은 비록 변수들의 동태적 변화경로를 추적할 수는 없지만 여전히 다 기간에 걸친 정책효과 분석에 활용될 수 있음. 이를 위해 먼저 예를 들어 10년 후의 GDP, 자본량 변수 등을 전망치에 맞게 외생적으로 결정되도록 하고, 대신 그 변수 숫자만큼의 생산성지수 등과 같은 내생변수를 도입하여 10년 후 기준선을 달성하기 위해 새로 도입된 내생변수들이 어떤 값을 지녀야 하는지를 도출함. 이어서 정책효과 분석을 위해서는 생산성지수와 같은 내생변수의 계산된 값을 파라미터로 전환하고, 대신 GDP, 자본량 등을 다시 내생변수로 전환한 모형을 풀어 10년 후의 경제가 정책충격에 의해 기준선 대비 어떤 변화를 겪게 되는지 분석할 수 있음.

2.4. 1국가 모형과 글로벌 모형

❍ 1국가 모형은 특정 국가경제의 균형을 개방경제를 가정한 상태에서 분석하는 방법으로, 1국가의 내부 균형과 다른 국가들과의 수출입 관련 균형이 달성되도록 하는 CGE 모형임.

❍ 글로벌 모형은 전 세계 모든 경제를 다수의 국가 혹은 지역으로 구성되도록 하며, 각 지역/국가의 내부 균형과 전 세계 교역 등의 균형을 동시에 달성하도록 하는 모형임.

- 따라서 글로벌 모형은 특정 국가 내의 부문 간 상호작용은 물론이고 국가/지역 간 상호작용까지 분석할 수 있다는 장점이 있음. 글로벌 모형은 성격상 국제 통상문제나 기후변화 공동대응 노력 등의 영향을 분석하는 데 있어 큰 장점을 가짐.
- 글로벌 모형은 각 국가/지역 경제가 연계된 형태이기 때문에 글로벌 SAM을 필요로 하며, 국가 간 교역자료, 국가 간 상품수송과 관련된 자료, 나아가 국가 간 자본이동에 대한 자료 등을 필요로 함. 경우에 따라서는 국제 이민 분석을 위해서 인구의 이동을 분석하기도 함.

❍ 현재 가동되는 거의 모든 글로벌 CGE 모형은 GTAP의 DB를 SAM 구축에 사용하고 있음. GTAP DB는 원래 Purdue 대학 연구진들이 Uruguay Round (UR) 협상 효과 등을 분석하기 위해 개발하였으나, 현재에는 기후변화 관련 연구, 인구이동 연구 등 다분야에 사용되고 있음. 현재 DB 11이 발간되어 있으며 상업적으로 판매되는 DB임. GTAP DB 11은 2017년이 기준 연도이며, 전 세계 141개국과 19개 통합지역 각각의 65개 부문의 기록을 포함하고 있어 전 세계 GDP의 99.1%를 반영함.[5] GTAP은 DB를 판매하면서 동시에 Johansen(1960) 알고리즘에 기반을 둔 글로벌 CGE 모형, 즉 GTAP CGE 모형도 제공하고 있음.[6]

❍ 글로벌 CGE 모형은 정태적일 수도 있고, 앞에서 설명한 축차적 분석법에 따른 동태모형일 수도 있음. GTAP CGE 모형은 정태모형이지만 GDyn이라는 동태 GTAP CGE 모형도 개발되어 있음. 국제 연구 연합체인 Partnership for Economic Policy(PEP)는 1국가 정태모형, 1국가 동태모형, 정태 글로

5) GTAP 데이터베이스(https://jgea.org/ojs/index.php/jgea/article/view/181/221), 검색일: 2023. 4. 10.

6) GTAP(https://www.gtap.agecon.purdue.edu/), 검색일: 2023. 6 .20.

벌 모형, 동태 글로벌 모형 등 여러 형태의 CGE 모형을 개발하여 보급하기도 함.[7] 또한 OECD ENV-Linkages 모형,[8] IFPRI의 MIRAGRODEP 모형,[9] IAMC(Integrated Assessment Modelling Consortium)의 ENVISAGE 모형[10] 등이 모두 글로벌 축자적 동태 CGE 모형들임.

2.5. 1국가 다지역 모형

❍ 단일 국가의 CGE 모형에도 다수 지역이 포함되도록 할 수 있음. 예를 들면 한국의 경우 도별 균형을 가지면서도 도 지역 간의 경제행위까지 포함하도록 모형을 구축할 수 있음. 이를 위해서는 지역 단위의 SAM이 모두 필요하며, 지역 간 경제교류 자료도 활용되어야 함.

❍ ORANI, MONASH 등 호주에서 개발된 CGE 모형들이 이렇게 다지역 구조를 가지고 있으며, 이 모형들은 중국을 포함하는 여러 국가에 변형·적용되기도 하였음. 다지역 모형에 대한 보다 자세한 설명은 Giesecke & Madden (2013)에서 얻을 수 있음.

7) pep(https://www.pep-net.org/), 검색일: 2023. 6. 20.
8) OECD ilibrary(https://www.oecd-ilibrary.org/environment-and-sustainable-development/an-overview-of-the-oecd-env-linkages-model_5jz2qck2b2vd-en), 검색일: 2023. 6. 20.
9) IAMC(https://www.iamconsortium.org/resources/model-resources/envisage-environmental-impact-and-sustainability-applied-general-equilibrium-model/), 검색일: 2023. 6. 20.
10) IAMC(https://www.iamconsortium.org/resources/model-resources/envisage-environmental-impact-and-sustainability-applied-general-equilibrium-model/), 검색일: 2023. 6. 20.

2.6. 불완전경쟁 CGE 모형

❍ 전통적으로 CGE 모형은 모든 상품이나 자원의 시장이 완전경쟁시장의 구조를 가지며, 또한 동시에 생산기술이 규모수익불변(Constant Returns to Scale)의 특성을 가진다고 가정함.[11] 이 두 가정 때문에 생산된 상품의 가치는 정확히 소비자나 자원보유자, 정부나 해외부문 등 경제 주체들이 얻는 소득의 합과 일치하게 됨. 즉 생산자들은 0의 이윤을 얻음.

❍ 경제 내 적어도 일부 부문에서 불완전경쟁이 뚜렷하게 존재하면 불완전경쟁 구조를 CGE 모형에 도입할 수 있음. 특정 시장의 시장점유율 자료 등을 활용하여 독점력을 가진 몇 개의 기업이 존재하는 모형을 구축할 수 있는데, 이때에는 기업 이윤이 0이 아니므로 발생하는 이윤의 일부를 고정비용으로 반영하여 시장 균형을 도출함. 불완전경쟁 모형에는 여러 형태의 과점이나 독점적 경쟁시장 구조를 도입할 수 있음(Francois et al., 2013).

❍ 불완전경쟁시장 모형과 관련하여 최근 CGE 모형 개발자들이 크게 주목한 것은 소위 Melitz 모형(Melitz, 2003)임. Melitz 모형은 신무역이론(New trade theory)을 대표하는 이론모형으로서, 독점적 경쟁시장과 규모수익증가라는 가정을 도입한 후, 각국 생산자들이 생산하는 제품이나 브랜드가 서로 불완전대체 되는 것을 가정함. 따라서 심지어 부존자원이나 기술면에서 서로 유사한 국가 간에도 브랜드의 다양성 때문에 교역이 이루어지며, 또한 산업 간은 물론 산업 내 국제교역이 이루어지는 행위도 분석할 수 있음. 그리고 경제 충격이 발생할 경우 산업 전체 생산량이나 교역량은 물론, 산업 내 생산자의 구성까지 달라짐. 이러한 Melitz의 이론구조를 CGE 모형에 반영하려는 다수의 시도가 있어 왔음(Balisteri & Rutherford, 2013).

11) 예를 들어, 통상의 CGE 모형에서 사용하는 CES 생산함수는 투입량을 모두 λ배 증가시키면 생산량도 λ배 증가하는 1차 동차 생산함수로, 규모수익불변특성을 가짐.

2.7. 계량경제 추정모형

❍ 대부분의 CGE 모형은 행태방정식을 구성하는 파라미터의 값 등을 SAM이 가지고 있는 정보를 이용해 계산(Calibration)하여 사용하며, SAM이 식별해 낼 수 없는 탄력성 추정치(예: 수요함수의 자기가격 탄력성, 생산요소 간의 대체탄력성 등)의 경우 계량모형을 활용한 기존 연구 결과를 반영해 외부에서 공급받음.

❍ 일부 CGE 모형은 생산자와 소비자의 행태방정식을 모두 계량경제학적 기법을 이용해 직접 추정하고, 이를 일반균형모형에 적용해 정책효과를 분석함.

- SAM에서 계산되는 파라미터는 통계적 근거를 제공하지 못하는 점(Point) 추정치이고, 외부에서 추정된 탄력성은 구축하려는 CGE 모형의 구조와 일관성을 확보한 상태에서 얻어진 것이 아니기 때문에 CGE 모형 분석에서 사용되는 이러한 관례는 문제점으로 지적될 수 있음.
- 반면 계량경제 추정기법을 적용하는 분석법은 CGE 모형 자체와 일관성을 가지는 행태방정식을 다년간의 실제 경제자료를 이용해 먼저 추정한 후, 이를 일반균형모형에 반영하기 때문에 모형 전체의 내적 정합성이 뛰어나다는 장점을 가짐. 아울러 추정치와 추정식의 통계적 성질을 감안하여 정책효과를 분석하기 때문에 그 통계적 유의수준 등을 시뮬레이션에 반영할 수 있다는 큰 장점을 가짐.

❍ 이러한 계량경제 CGE 모형의 대표적 예로서 Jorgenson et al.(2013)의 IGEM (Intertemporal General Equilibrium Model)을 들 수 있음.

- IGEM은 미국에서의 환경정책효과 분석을 위해 개발된 모형으로서, 미국 경제 35개 부문의 생산, 소비, 시장 균형 및 정부 정책이 반영되는 동태모

형임. 이러한 모형의 구축을 위해서는 자료 자체를 계량 분석이 가능하도록 먼저 정비·구축하여야 하며, 분석과정에서도 많은 시간과 노력이 소요됨. 생산요소의 수량 및 가격지수의 구축에 오랫동안 노력해왔고, 생산자 행위와 소비자 행위의 모형 추정에 많은 기여를 한 Dale Jorgenson 교수와 그 연구진의 장기간에 걸친 연구 경험이 반영된 모형이라 할 수 있음.

2.8. 확률 일반균형모형

❍ Jorgenson et al.(2013)의 IGEM 모형이 파라미터의 추정 등에 있어 엄밀한 계량경제학적 분석법을 사용하기는 하지만 CGE 모형은 기본적으로 비확률적 모형으로서 생산성이나 경기변동 등의 예상치 못한 충격을 모형에 반영하지는 않음.

- 반면 신케인즈학파(New Keynsian) 거시경제이론에 기반을 둔 DSGE 모형은 여러 유형의 확률적 거시경제 충격을 모형에 반영할 수 있음(Gali, 2015). 하지만 경제 내의 부문을 세밀하게 묘사하는 데 한계가 있어 DSGE 모형을 CGE 모형에 포함시키지는 않음.

❍ 확률적인 분석과정을 거치고 불확실성을 지닌 경제 충격을 분석하면서도 CGE 모형의 구조와 상당히 유사한 분석법으로 GVAR(Global VAR) 모형이 있음.

- 이 방법은 저명한 계량경제학자 Hasem Pesaran이 개발과 응용을 주도한 방법으로서, 일종의 대규모 VAR(Vector Autoregressive) 분석법이라 할 수 있음. 매우 많은 부문 간의 상호작용까지 허용하도록 시계열 계량모형 VAR를 구축하기는 어렵기 때문에 이 분석법은 VAR 모형의 일부는 직접 추정을 하고, 일부 부문 간의 관계는 SAM과 유사한 형태의 통계자료로부터 계산(Calibration)하여 적용함.

- 따라서 계량경제 추정모형과 연산모형의 하이브리드 형태라 할 수 있음. 이 방법은 현재 거시경제 분석은 물론 에너지나 상품시장 분석 등 여러 적용사례를 보이고 있음(Pesaran, 2015).

2.9. 상·하향 통합모형

❍ 하향식(Top-down) 모형이라 불리기도 하는 CGE 모형은 경제 전체의 균형을 찾아내고 이 과정에서 개별 경제행위자의 행위를 가능한 한 상세히 반영함. 반면 농업부문 모형과 같은 소위 상향식(Bottom-up) 모형은 지역별, 세부 품목별 자원부존과 생산기술 특성을 대단히 세밀하게 반영할 수 있다는 장점을 가지지만 대신 시장 균형, 특히 부문 간 상호작용을 반영해 전체 경제의 균형을 찾아내지는 못함. 이 두 가지 상반되는 분석법의 장단점을 활용하기 위한 분석법이 상·하향 통합모형임.

❍ 예를 들어 통합모형에서는 농업부문의 지역별, 품목별 생산행위를 하향식의 시장균형조건을 반영하는 부분 균형 최적화 모형이 결정하도록 함. 이때 분석에 반영해야 할 가격조건은 하향식 CGE 모형의 시장균형조건에서 받아서 사용함. 상향식 모형이 제공하는 지역별, 품목별 세부 생산량은 합해져 하향식 CGE 모형에 전달되며, CGE 모형은 자체 생산행위를 반영하는 대신 상향식 모형에서 전달된 생산량을 시장균형조건에 반영해 균형가격을 포함하는 여러 내생적 경제변수의 값을 찾아냄.

❍ 이와 같은 상향식 모형과 하향식 모형의 연계는 한 차례만 이루어질 수도 있고, 두 모형의 내생변수의 값이 완전히 일관성을 가지며, 두 모형 모두에서 더 이상의 변화가 발생하지 않을 때까지 반복적으로 이루어질 수도 있음. 이러한

통합절차에 대한 이론적 근거로는 Böhringer & Rutherford(2009)의 방법론이 많이 인용되는데, 이러한 상·하향 모형의 통합절차는 다수의 국제기구 등에서 사용하는 분석 모형에 반영되어 있음.

2.10. 국내 CGE 모형의 활용 연구동향

❍ 앞에서 소개했던 많은 CGE 모형들이 국제기구나 공공부문의 경제 분석에 사용되고 있음. CGE 모형은 특히 농업경제 정책 분석, 경제개발 관련 정책효과 분석, 환경 특히 기후변화 관련 분석, 소득분배와 삶의 질 관련 분석 등 여러 목적을 가지고 실행되고 있음.

❍ 국내에서도 대외경제정책연구원(KIEP), 한국환경연구원(KEI), 온실가스종합정보센터(GIR) 등의 국책 연구기관이나 국가기관이 상시적으로 CGE 모형 분석을 활용하고 있으며, 새로이 개발하고 있음. 환경부·한국환경산업기술원(2021)의 경우 상·하향 통합 모형을 개발하여 기후변화 관련 정책효과 분석에 활용하고 있음.

❍ 다수의 개인 연구자들도 CGE 모형을 개발하여 사용하고 있는데, 특히 이승호 외(2017), 권오상 외(2017)의 연구는 농업부문의 경제 분석을 위해 상·하향 통합모형을 개발하였으며, 박경원·권오상(2018)은 시장의 불완전경쟁을 허용하는 상태에서의 온실가스 관련 정책이 미치는 영향을 불완전경쟁 CGE 모형을 개발하여 분석한 바 있음.

❍ 그러나 이상의 국내외 CGE 모형은 서론에서 밝힌 바와 같은 한국 농업의 특성과 주요 정책적 관심 사항, 그리고 자료의 특성 등을 충분히 반영하기에 한계가 있어, 본 연구는 이를 보완하는 모형을 개발하고자 함.

〈글상자 2-1〉 CGE 모형 개발 및 운영 사용되는 소프트웨어

❍ CGE 모형, 특히 Adelman & Robinson(1978) 형의 CGE 모형의 균형 해를 찾는 작업은 대부분 GAMS(General Algebraic Modelling System)를 소프트웨어로 이용함.[12)]

- GAMS는 대규모 최적화 모형의 해를 찾는 알고리즘 혹은 solver의 집합체로서, 연산 능력이 뛰어날 뿐 아니라 명령어 체계가 CGE 분석을 매우 편리하게 하는 장점을 가지고 있음. GAMS는 최적화 분석수단이기 때문에 연립방정식의 해를 찾는 데 사용될 때에는 연립방정식을 제약식으로 반영하는 가상의 목적함수를 가진 최적화 모형을 푸는 과정을 밟는 형식을 취함. 하지만 GAMS의 solver 중에는 최적화 목적함수 없이 연립방정식을 직접 풀 수 있는 것도 있음. 또한 MPSGE라 해서 CGE 모형의 방정식 설정을 간소하게 해주는 일종의 GAMS 소프트웨어도 활용할 수 있음.

❍ CGE 모형의 solver로서 GAMS와 함께 폭넓게 활용된 것이 GEMPACK(General Equilibrium Modelling PACKage)임.[13)]

- GEMPACK도 GAMS처럼 일반적인 대규모 연립방정식을 효과적으로 풀 수 있지만 CGE 모형 분석에 보다 특화되어 있음. 호주에서 개발되었고 현재는 Victoria 대학에서 관리하고 있는데, ORANI, MONASH 등 호주에서 개발되어 전 세계적인 명성을 얻고 있는 CGE 모형과 Purdue 대학이 개발한 GTAP CGE 모형이 GEMPACK으로 가동됨. 하지만 GTAP CGE 모형은 GAMS로 가동되는 모형으로도 현재 개발·보급되고 있음.[14)]

❍ 흔하지는 않지만 일부 CGE 모형은 MATLAB을 소프트웨어로 하여 구축되기도 하며, MATLAB은 특히 DSGE 모형이나 GVAR 모형과 같은 계량경제형 모형을 분석하는 주된 수단으로 사용됨.

12) GAMS(https://www.gams.com/), 검색일: 2023. 6. 20.

13) COPS(https://www.copsmodels.com/gempack.htm), 검색일: 2023. 6. 20.

14) GTAP(https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=6825), 검색일: 2023. 6. 20.

3. 한국 농업 특화 CGE 모형의 필요성

3.1. 선행연구 검토

❍ CGE 모형은 외부 요인과 정책의 경제 파급효과를 구조적으로 분석할 수 있다는 장점이 있어, 국제기구, 연구기관, 개별 연구자 등은 많은 연구 분야에서 다양한 CGE 모형을 개발하여 활용하고 있음.

- 국제무역, 환경 및 에너지, 소득분배, 조세 분야 등에서 시작되어 R&D 분야까지 외연이 확대됨.
- 특정 정책, 외부 여건 변화 등이 특정 산업 및 경제 전체에 미치는 영향, 소득 분배에 미치는 영향을 CGE를 이용하여 분석 가능한데, 선행연구들을 통해서도 이를 알 수 있음.

❍ Křístková & Habrychova(2011)는 CGE를 이용해서 직불제의 증가와 감소가 체코 농업 및 국가 경제에 미치는 영향을 측정하였음.

- 이들은 농업부문을 8개로 세분화하고, 농가를 도시 가구와 분리하였고, 생산요소로는 토지, 노동, 자본을 고려하였음.
- 직불제 변화에 대한 시나리오로는 1) 직불제가 현재 수준보다 186% 증가한 경우와 2) 직불제가 완전히 지급되지 않는 경우를 상정하였음. 첫 번째 시나리오에서 국가 GDP는 0.002%가 증가하고, 농가 소득은 1.2% 증가하였음. 두 번째 시나리오에서는 GDP가 0.054% 감소하고 농가 소득은 3.5% 감소하는 것으로 나타났음.

❍ 남상호·안형석(2016)은 기초연금 도입이 국민경제 전반에 미치는 영향을 CGE 모형을 이용해서 분석하였음.

- 이 모형에서는 가구를 소득분위별 10개로 구분하고 기초연금 도입의 경제성장과 분배효과를 측정하였음.
- 연구 결과, 기초연금이 도입되어 명목 GDP는 0.37%, 실질 GDP 0.39%, 총고용 0.90%가 증가하는 것으로 나타났음. 산업별로는 농림수산업 포함 9개 산업의 생산과 고용은 감소하고, 나머지 산업은 모두 증가하는 것으로 나타났음.

❍ 남상호(2014)는 사회복지 분야에 대한 정부 지출 증가가 국가 경제성장 및 분배에 미치는 영향을 계측하였음.

- 이 연구에서는 사회복지 분야에 대한 정부 지출이 1조 원이 증가한 경우를 상정하였음. 사회복지 분야는 사회보장, 교육, 보건 및 의료 분야로 구분하였음.
- 연구 결과, 사회보장 분야에 대한 정부지출 증가는 명목 GDP를 5.45% 증가시키고, 교육과 보건 및 의료 분야에 대한 지출은 명목 GDP를 각 5.81%, 2.45% 증가시키는 것으로 나타났음.
- 분배효과는 지니계수의 변화를 통해 계측하였는데, 지니계수 기준 0.5984에서 0.5996으로 변화하여 사회복지 분야에 대한 지출은 소득분배를 개선하는 것으로 나타났음.

❍ 이 외에도 국가 R&D 투자 우선순위 설정(임병인·안승구, 2011), 최적 경유세율 결정(이효창·한택환, 2021), 원자력 에너지의 국민경제 기여 효과 분석(최용석·조창익, 2020), 법인세의 성장 및 분배 효과 분석(전영준, 2003), 기술혁신과 경제발전의 관계(강승규, 2020), 숙련·비숙련 외국인력 도입의 경제적 효과 분석(강동관 외, 2013), 고령화의 지역경제 영향 분석(김의준 외, 2011), ICT와 R&D 투자의 경제효과 분석(심동녁 외, 2019), 세재개편의 평

가(조경엽, 2006), 경제성장과 산업별 토지수요 예측(김홍배·임재영, 2004), 바이오플라스틱산업의 경제적·환경적 파급효과(손원익·홍종호, 2021) 등 거시 변수 변화와 다양한 정책 분야의 경제적 영향 분석을 위해서 CGE가 활용됨.

3.1.1. 국내 연구기관 CGE 모형 연구

❍ 국내에서도 한국해양수산개발원(KMI), 대외경제정책연구원(KIEP), 한국환경연구원(KEI), 온실가스종합정보센터(GIR) 등의 국책 연구기관이나 국가기관이 CGE 모형을 개발하여 활용하고 있음. 환경부·한국환경산업기술원(2021)의 경우 상·하향 통합 모형을 개발하여 기후변화 관련 정책효과 분석에 활용하고 있음.

❍ 한국해양수산개발원은 해양수산에 특화된 CGE 모형 개발을 위해 기존의 산업분류 중 해양수산 분야를 세분화한 모형을 구축하고 있음.

- 임병호 외(2021)는 글로벌 외부 충격이 해양수산 부문에 미치는 영향을 분석하기 위해 국내 해양수산 부문을 중심으로 한 CGE 모형, KMI-GEM 모형의 기본적인 데이터베이스와 모형의 틀을 구축함. ORANI-G 모형의 1국가 다산업 구조를 기반으로 산업연관표를 활용하여 해양수산업 중심으로 데이터베이스를 재구성함. 이후 수출액 변화를 가정한 시나리오를 반영하여 외부 충격이 거시적 경제변수와 해양수산 부문에 미치는 영향을 분석함. 또한 본 연구 결과를 기초로 하는 향후 KMI-GEM 구축 연구 로드맵을 제시함.

〈표 2-1〉 향후 KMI-GEM 구축 로드맵(안)

구분	2020	2021	2022	2023 이후
1국가 모형	• ORANI-G 시범 모형 설계, 구축	• 모형 고도화 • 산업별 탄성치	• 다국가 모형 연계 • 글로벌 정책효과 시뮬레이션	• 해양수산부문 산업의 세분화 • 동태(Dynamic) 모형 개발 구축 • 한국은행 2020년 산업연관표 반영 • 산업별 데이터베이스 및 매개변수 업데이트
다국가 모형	-	• 다국가 모형 종류 • 연계 가능성 검토		
의의	• 해양수산부문 중심의 국내 최초 1국 CGE 시범 모형 구축	• 우리나라 해양·수산 특성을 반영한 CGE 모형 SAM 구축	• 포괄적 글로벌 경제 효과 반영을 위한 1국-다국 모형 제시	

자료: 임병호 외(2021).

- 장정인 외(2021)는 임병호 외(2021)의 후속 연구로서 KMI-GEM 구축 2단계 연구를 통해서, Armington 탄성치에 관한 방법론을 분석하여 해양수산부문 행동 계수(탄성치)를 추정한 후, 이를 반영한 모형을 활용하여 글로벌 경제 효과를 분석함.

❍ 대외경제정책연구원은 FTA 등으로 발생하는 관세 변화 등의 영향을 분석하기 위해 다국가 모형을 주로 사용함.

- 문진영 외(2020)는 탄소국경조정제도의 도입으로 인한 EU를 포함한 주요 무역국의 무역패턴에 미치는 영향을 분석하였음. GTAP 자료를 활용한 CGE 모형을 이용하여 탄소배출량이 많아 과세 가능성이 큰 시멘트(비금속광물제품), 철강 등 특정 산업에 탄소국경세를 부과하는 시나리오를 가정하였음. 이를 통하여 탄소국경세의 도입으로 발생하는 주요국의 수출액과 EU 내부에서의 관련 산업 생산량 변화 등을 예측함.

- 정철 외(2017)는 양자 간 FTA와 복수국 간 FTA의 효과를 비교하기 위하여 CGE를 사용함. 원산지 규정이 다른 두 국가 간 혹은 여러 국가 간에 FTA가 발효되면 발생하는 경제적 효과를 분석하기 위해, CGE 모형 내 무역비용을 나타내는 새로운 외생변수를 포함하였고, 이를 통해 아태지역 메가 FTA(RECP, TPP) 등 다양한 유형의 FTA에서 나타날 수 있는 무역 비용 감축 효과를 추정함.

❍ 산업연구원에서는 근원적 생산요소인 노동, 자본, 토지와 더불어 에너지 등에 영향을 끼치는 정책을 분석하기 위하여 분석 목적에 맞게 산업과 시장을 세분화하는 방식으로 CGE를 활용함.

- 김영민·이성욱(2019)은 노동시장의 주요한 여건 변화인 최저임금의 경제적 파급효과를 분석하기 위하여 CGE를 활용함. 최저임금 상승과 관련된 여러 시나리오를 기준으로 최저임금이 국내총생산, 총산출 및 소비에 미치는 영향을 분석하였으며, 특히 노동시장을 최저임금 이상을 받는 노동자와 그렇지 않은 노동자로 구분하여, 두 집단의 노동공급이 어떻게 변화할지를 전망하였음.
- 전재완 외(2018)는 에너지 전환 정책이 산업에 어떠한 영향을 미칠 것인지 분석함. '8차 에너지 기본계획'의 에너지 전환으로 발생할 수 있는 변화를 다양한 시나리오를 통해 제시하였는데, 전원믹스의 변화, 전력요금의 상승 등으로 발생할 수 있는 효과를 분석함. 전체 산업을 에너지부문과 비에너지부문으로 분류하여, 생산구조에서 중간재 역할을 하는 에너지부문에서의 변화가 국가 경제에 어떠한 영향을 미칠지를 예측함.

3.1.2. 농업 분야 CGE 모형 연구

❍ 농업 분야에서도 기후변화 및 온실가스, 국제무역으로 인한 영향 등에 관한 연구에서 CGE가 활용되고 있음.

- 홍연아 외(2022)는 대체육 소비 증가에 따른 온실가스 감축 효과를 소비자의 대체육 전환 비율을 가정하고 CGE 모형을 통해 추정함. 대체육 소비 수준이 10% 증가할 경우 온실가스 배출량은 2030년 기준시나리오 대비 1.1% 감소, 2050년 기준시나리오 대비 0.6% 감소할 것으로 나타남. 대체육 소비 수준이 30%일 경우에는 2030년과 2050년 온실가스 배출량이 기준시나리오 대비 각각 2.1%, 1.4% 감소할 것으로 나타남.

- 박경원·권오상(2018)은 일반적인 CGE 모형과 달리 불완전경쟁과 규모수익증대를 고려한 CGE 모형을 이용하여 배출권거래제의 경제 효과를 분석함. 이때 불완전경쟁 산업을 판단하기 위해 허쉬만-허핀달 지수를 반영하였고, 해당되는 산업에 대해서는 쿠르노 과점 모형을 반영함. 이후에 산업별 배출권 할당량과 정책목표에서 제시한 감축률 등을 고려하여, 농림수산품을 포함한 전 산업의 GDP, 수입·수출량, 민간소비량, 산업 내 기업 수 변화, 배출권 거래량 및 가격 등의 변화를 분석함.

- 이승호 외(2017)는 기후변화로 발생한 봄철 수자원 부족 현상이 지역별 농업의 생산 구조 변화에 미치는 영향을 분석하기 위하여 수자원 공급량을 CGE 모형에 반영함. 지역별 생산구조를 반영하는 부분균형 모형을 추가하여, 일반균형모형과 부분균형모형 사이에 생산, 수요, 가격, 요소 수요 등의 정보가 모형 내에서 연계될 수 있도록 모형을 설계함.

- 강석규·이상호(2015)는 CGE 모형을 통해 온실가스 감축정책으로 발생하는 농업 및 총생산의 변화를 추정함. 이를 위하여 지역산업연관표에 기초하여 제주를 포함한 7개 권역으로 지역을 구분하였고, 탄소세를 부과하는 경우 발생할 수 있는 지역별, 산업별 생산액의 변화를 분석함.

- 권오상·이한빈(2012)은 기후변화에 따른 농업생산손실을 예측하기 위하여 기후변화가 농업 생산성에 미치는 긍정적인 영향과 부정적인 영향을 모두 고려하여 모형 내에 반영함. 특히 전 세계적인 기후변화 현상을 고려하여 GDP 변화, 쌀 생산량 변화를 모두 예측하면서 국가 간 무역정책 변화에 따른 농산물 가격 또한 전망함.

- 순병민 외(2020)는 미·중 무역 갈등으로 발생할 수 있는 한국 농업부문의 영향을 분석하기 위하여 다국가 모형인 GTAP을 활용함. 미·중 간 보복관세가 농업부문에 미치는 영향을 확인하기 위해 작물별, 축종별로 농업부문을 세분화하여 분석을 진행하였고, 추가적으로 국가별 상품 차별화 가정

(Armington 가정)을 완화하여 대체탄력성이 큰 경우에는 보복관세의 영향이 한국, 미국, 중국에 어떻게 작용할지에 대하여 분석함.

- 정인교·유정호(2019)는 FTA의 농업 긴급수입제한조치로 인한 일시적 관세 확대가 발생시키는 경제적 파급효과를 분석하기 위해 GTAP 기반 모형을 활용함. 이때 한국 농업의 특성을 반영하기 위하여 농업 분야 노동력의 이동성과 긴급제한조치의 기간을 고려한 다양한 시나리오를 바탕으로 관세 변화가 국내 농업에 미치는 영향을 분석함.

❍ 이 외에도 농업부문 R&D의 후생효과(이한빈·권오상, 2015), 농식품 수출 확대 지원정책에 대한 파급효과 분석(박순찬 외, 2013), 결혼이민노동자 유입으로 인한 농업 및 경제에 발생하는 파급효과(권오상·강혜정, 2011), 논농업 직접지불제의 효과(김충실, 2002) 등 다양한 분야에서 CGE 모형이 활용됨.

3.2. 선행연구와 차별화된 한국 농업 특화 CGE 모형 개발의 필요성

❍ 지금까지 살펴본 바와 같이 CGE 모형은 국내외 여러 연구기관이나 개인 연구자들에 의해서 활발히 사용되고 있음.

- 특히 최근에는 통상정책과 기후변화 대응정책의 경제효과 분석에 광범위하게 사용되고 있으나, 한국 농업의 특성과 정책적 관심 사항, 자료의 특성을 충분히 반영하고 있지 못한다는 한계를 가짐.
- 따라서 본 연구는 거시 경제 변수와 농업 정책이 농업과 국가 경제에 미치는 영향을 보다 명확하고 폭넓게 분석하기 위해서 한국 농업의 여러 특징을 포함하는 CGE 모형을 개발하고자 함.
- 한국 농업은 규모 면에서 국가 경제에서 차지하는 비율이 작지만 국가 경제

전체를 분석대상으로 하는 CGE 모형은 한국 농업의 이슈들과 정책 효과들을 분석하는 데 유용함.

❍ 거시 변수와 농업 정책이 농업에 미치는 영향을 분석하는 다양한 모형이 있으나, 본 연구에서 CGE 모형을 개발하는 이유는 다음과 같음.

- 제2장 1절 CGE 모형의 특징에서 밝혔듯이, CGE 모형은 경제이론과 실제 경제자료를 결합하여 정책이나 경제 환경 변화의 효과를 시뮬레이션할 수 있는 대규모 수리모형으로서, 농업부문의 생산과 소비행위만을 분석하는 부문모형(Sectoral model) 혹은 부분균형모형(Partial equilibrium model)과는 달리 경제 전체를 분석대상으로 하며, 각 부문/시장 간의 연계관계를 모두 분석할 수 있으며, 산출물은 물론 생산요소 시장도 동시에 분석하는 장점을 가짐.
- 보다 현실적인 측면에서 설명하면, 국가 전체 노동력/인구의 감소, 노령화, 가족구조와 소비자 선호도 변화, 해외 원자재 가격 상승, 신재생에너지 보급 정책, 기후변화에 따른 생산성 변화와 해외시장 변화, 무역정책, 에너지 정책 변화 등은 경제 전체의 문제이기도 하지만 농업 생산과 농식품 소비에 큰 영향을 미침.
- 이들 거시 환경 변화나 정책이 농업에 미치는 영향을 분석하기 위해서는 농업부문은 물론이고 함께 영향을 받는 비농업부문까지 하나의 경제 모형에 포함하여 경제 전체에 대한 영향은 물론, 부문 간 상호작용까지 분석할 필요가 있음.
- 또한 역으로 농업 구조 변화, 농업 정책 등은 농업부문에 영향을 미치는 것은 물론, 농업 관련 전후방 산업에도 영향을 미쳐, 경제 전체 가구의 소득과 소비지출에도 영향을 미침.
- 이와 같이 농업 구조 변화와 농업 정책이 농산물 생산량 및 가격, 농가 소득

등과 같은 농업부문뿐만 아니라 경제 전체에 미치는 영향을 함께 분석함으로써, 농업 내부 변화 및 농업 정책의 영향과 관련해서 보다 유용한 정보를 제공할 수 있음.

❍ 본 연구의 선행연구와의 주요 차별점은 다음과 같음.

- 첫 번째, 한국 농업의 특성을 반영하기 위해 생산요소인 노동력을 고용 노동과 자가 노동으로 구분하고, 두 가지 유형의 노동 간 대체관계를 모형에 반영할 수 있도록 하는 계층적 본원적 생산요소 사용구조를 구축함.
- 두 번째, 토지를 농업부문 생산요소로 포함함. 가장 중요한 농업 생산요소 중 하나인 농지의 공급과 배분을 보다 세밀하게 모형에 반영함. 농지의 부문 간 완전 이동이나 완전 차단을 가정하는 대신 보다 다양한 형태의 부문 간 이동이 이루어질 수 있도록 하였음. 쌀 생산과 기타 밭작물 생산 간의 이동은 밭작물 내의 이동에 비해 제약되도록 계층적(Nested) 토지 배분모형을 적용함. 또한 토지의 공급이 토지가격의 상대적 크기에 따라 변할 수 있도록 하는 토지공급 부문도 모형에 포함함.
- 세 번째, 가계 부문을 농가와 비농가로 구분함. 이에 따라 정책과 거시 변수 변화가 가계 유형에 따라 비대칭적으로 미치는 영향을 농가와 비농가로 구분하여 파악할 수 있음.
- 네 번째, '생산활동(Activities)'과 '상품(Commodities)'을 구분함으로써 한 가지 활동이 다수의 상품을 생산하거나, 역으로 특정 상품을 다수의 활동에서 공급하는 경우를 분석에 반영할 수 있음.
- 다섯 번째, 생산활동 및 상품분류를 농업생산, 후방산업, 전방산업, 기타 산업으로 구분하여 농업과 농업관련산업 등을 포함한 국가 전체 산업을 세밀하게 분석 가능하도록 함.

❍ 종합하면, 한국의 농업 구조 특성과 이용 가능한 자료들을 최대한 반영한 CGE 모형을 개발·운용함으로써, 분석 결과의 활용성을 높일 수 있음.

- 특히 국내에서 비농업부문 중심으로 개발·운용 중인 CGE 모형들이 한국 농업의 특성, 예를 들면 토지와 가족노동에 대한 의존도가 높은 산업의 특성 등을 반영하지 않아 발생할 수 있는 CGE 모형 분석 결과의 편향을 상당히 완화할 수 있음.

3 한국 농업 특화 CGE 모형 구조[15)]

1. 모형의 기본 구조

○ 본 연구의 한국 농업 특화 CGE 모형은 한국만의 1국가 모형이고 정태모형임.

- 본 연구의 모형개발은 기존의 1국가 정태 CGE 모형 중 Löfgren et al. (2002)의 모형(이하 IFPRI 모형)을 그 출발점으로 설정함.
- 이 모형은 Robinson et al.(1990)의 USDA-ERS 모형과 함께 가장 표준적인 형태의 CGE 모형으로 인정받고 있으며, 이후 많은 기관/연구자들이 개발·적용한 CGE 모형들의 원형이 된 모형임.
- 본 연구의 한국 농업 특화 CGE 모형은 'KREI-1 CGE 모형'으로 불릴 수 있는데, 상당 부분 IFPRI 모형을 따르고 있고, 모형의 GAMS 코드도 일부는 IFPRI 모형의 것을 사용하고 있음.

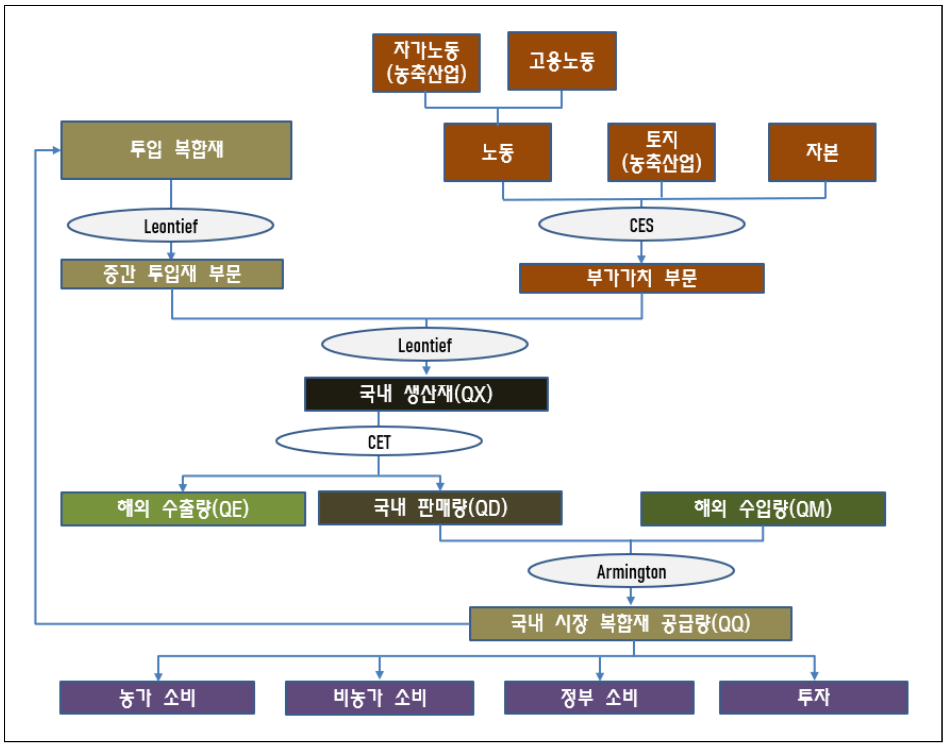
15) 본 장의 내용은 서울대학교 권오상 교수 연구팀이 수행한 위탁과제 '1국가 정태 CGE 모형 개발 기초연구'의 내용을 수정·보완하여 저자 작성.

- 이는 IFPRI 모형이 가지고 있는 일반성과 편의성, 표준성을 활용하기 위함이지만, 모형의 세부 내용에서는 KREI-1 CGE 모형은 상당히 많은 점에서 IFPRI 모형과는 다른 새로운 시도를 하고 있음.

❍ 본 연구의 한국 농업 특화 CGE 모형의 전체 구조는 〈그림 3-1〉과 같음.

- 이 장에서는 생산활동, 본원적 생산요소, 상품, 경제주체, 거시마감 등에 대해서 설명함.

〈그림 3-1〉 한국 농업 특화 CGE 모형 구조



자료: 저자 작성.

1.1. 생산활동, 상품, 본원적 생산요소 간의 관계

❍ KREI-1 CGE 모형은 전체 생산활동을 72개로 구분함.

- 72개 중 16개가 본원적 생산요소로 토지를 이용하는 생산활동이고, 나머지 56개는 토지를 이용하지 않는 생산활동임.
- 토지이용 활동에는 쌀을 비롯한 채소, 과일 등 농업생산, 축산업 생산활동 등이 포함됨. 따라서 토지를 이용하는 농축산업 생산활동을 최대한 세밀하게 나타낼 수 있도록 분류하였음.
- 임업과 신재생에너지의 일부에서도 토지를 생산요소로 사용함. 하지만, 본 모형에서의 토지는 농지의 개념이므로 농축산업에서만 생산요소로 토지를 사용하는 것으로 가정하였음.
- KREI-1 CGE 모형의 GAMS code는 IFPRI 모형처럼 어떤 식으로 산업분류를 하든 수용할 수 있도록 설계되어 있으며, 모형의 기초자료로 공급하는 SAM이 적합하게 구축되었는지를 검증하는 절차도 포함하고 있음.

❍ KREI-1 CGE 모형은 생산활동과 상품을 구분함.

- 이는 IFPRI 모형의 특성을 이어받은 것인데, 이렇게 함으로써 한 가지 활동이 다수의 상품을 생산하거나, 역으로 특정 상품을 다수의 생산활동에서 공급하는 경우를 분석에 반영할 수 있음.
- 제3장에서는 생산활동과 상품이 1대 1로 연결되는 모형 구조를 제시하며, 제5장 3절에서는 복수의 생산활동이 하나의 상품과 연결되는 모형 구조와 모의 시나리오를 제시함.

〈표 3-1〉 KREI-1 CGE 모형의 생산활동과 상품 분류(72 활동 – 72 상품)

No.	구분	생산활동(부문)	No.	구분	생산활동(부문)
1	농업	벼	37	음료품	음료 및 주류
2		맥류 및 잡곡	38	광업	석탄
3		콩류	39		원유
4		감자류	40		천연가스
5		채소	41		금속 및 비금속 광물
6		과실	42	제품	섬유 및 가죽제품
7		화훼작물	43		목재, 종이 및 인쇄
8		약용작물	44		석탄제품
9		종자	45		원유정제 처리제품
10		기타 식용작물	46		윤활유 및 기타 석유제품
11		기타 비식용작물	47		화학제품
12	축산업	낙농	48		의약품
13		한육우	49		비료 및 질소화합물
14		양돈	50		살충제 및 농약
15		가금	51		제조업
16		기타축산	52		농업용 기계
17	임업	임업	53	에너지	전력
18		임산물	54		신재생에너지
19	어업	수산물	55		가스, 증기 및 온수
20	농림어업 서비스	농림어업서비스	56	수도 및 폐수·폐기물	수도
21	식품	도축육	57		폐수 및 폐기물 처리
22		가금육	58	건설	건설
23		육가공품	59	서비스 및 기타	도소매
24		낙농품	60		운송
25		수산가공품	61		음식점 및 음료점(외식)
26		정곡	62		숙박
27		제분	63		정보통신 및 방송
28		원당 및 정제당	64		금융 및 보험
29		전분 및 당류	65		부동산
30		떡, 빵 및 과자류	66		연구개발
31		면류	67		사업관련 전문서비스
32		조미료 및 첨가용식품	68		인력공급 및 알선
33		유지	69		교육
34		과실 및 채소 가공품	70		의료 및 보건
35		기타 식료품	71		문화·여가·스포츠
36	사료	사료	72		기타

자료: 한국은행(2019), 《2015 기준년 산업연관표》를 이용해 저자 작성.

○ 이상 분석에 포함된 72개의 생산활동은 집합을 이용해 다음처럼 재분류할 수 있음.

- $a \in A$: 전체 생산활동, a는 개별 생산활동
- $a \in AAGR (\subseteq A)$: 농축산업 생산활동
- $a \in ANAGR (\subseteq A)$: 비축산업 생산활동
- $a \in A_LAND (\subseteq A)$: 토지이용 생산활동
- $a \in AN_LAND (\subseteq A)$: 토지를 이용하지 않는 생산활동
- $a \in PADDY (\subseteq A)$: 벼 생산활동
- $a \in FIELD (\subseteq A)$: 밭작물(과수 포함) 생산활동
- $a \in LIVESTOCK (\subseteq A)$; 축산물 사육 생산활동

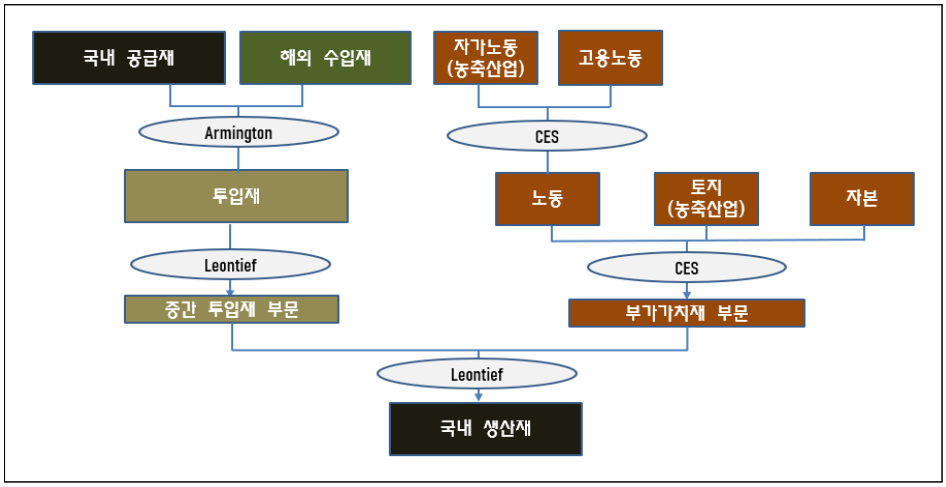
○ 또한 본원적 생산요소는 다음과 같음.

- $f \in F = \{LAB_F, LAB_H, LAND, CAP\}$
- $f \in FLAB (\subseteq F)$: 노동
- $f \in FLND (\subseteq F)$: 토지
- $f \in FCAP (\subseteq F)$: 자본
- $f \in FN_LAB (\subseteq F)$: 비노동 생산요소

○ 〈그림 3-2〉가 보여주는 바와 같이 생산활동은 자가 노동, 고용 노동, 토지, 자본의 4가지 본원적 생산요소와 개별 투입재(상품)를 투입해 이루어짐.

- 농축산업 생산활동은 4가지 본원적 생산요소를 모두 사용하지만, 비농축산업 생산활동은 자가 노동과 자본 2가지 본원적 생산요소만 사용함.

〈그림 3-2〉 농축산업 생산활동의 생산기술 구조



자료: 저자 작성.

○ 농축산업 생산활동의 생산기술 구조는 다음의 다층구조로 이루어짐.

- 먼저 자가 노동과 고용 노동이 CES(Constant Elasticity of Substitution) 함수[16]를 통해 결합되어 복합노동 생산요소인 노동을 만듦.
- 이 복합노동 생산요소가 다시 토지 및 자본과 CES 함수를 통해 통합되며, 이로부터 부가가치재(VA)가 만들어짐.
- 국내 생산재 중 국내 공급재와 해외 수입재가 일종의 CES 함수인 Armington 함수를 통해 결합되어 투입 복합재가 만들어짐. 이는 국내 생산재와 해외 수입재가 서로를 완전 대체하지는 않는다는 것을 의미함.

16) 고정된 대체탄력성(Constant Elasticity Substitution) 생산함수는 탄력성이 생산 규모에 상관없이 항상 일정한 값으로 고정된 함수를 의미함. Cobb-Douglas 생산함수도 생산요소 간 대체탄력성이 고정되어 있으나, CES 함수는 조금 더 유연한 함수 형태임. 노동(L)과 자본(K)을 생산요소로 하는 CES 생산함수는 $y = A[a \cdot K^{\rho} + (1-a) \cdot K^{\rho})^{\frac{\nu}{\rho}}$. 과 같이 표현될 수 있음.
여기서 y, A, a, ρ, ν가 각각 생산량, 생산성, 분배상수, 대체변수임. 만약 $\rho \to 0$이면 CES 함수는 Cobb-Douglas 함수와 같고, $\rho \to \infty$이면 Leontief 생산함수와 같으며, $\rho = 1$이면 선형의 등량곡선을 갖는 생산함수와 같음.

- 투입 복합재는 개별 투입재로 Leontief 결합되어 중간 투입재가 만들어지고, 이 중간 투입재가 생산활동에 투입됨.
- 부가가치재는 중간 투입재와 CES 혹은 Leontief[17]형의 결합을 하여 최종 산출물(국내 생산재)을 만듦.

❍ 농축산업을 제외한 생산활동부문은 고용 노동이 자본과 CES 결합을 해 부가가치재를 만들며, 이 부가가치재가 중간 투입재와 Leontief 결합함.[18]

❍ 본 연구는 또한 기존 연구들과 달리 농축산업 생산활동 내에서 토지 사용이 개별 생산활동 간에 제한된 대체 혹은 차별화가 있도록 함.

- 즉, 토지를 쌀 생산과 채소 생산 사이에 이동시키는 것은 특정 기간 내에서는 완전히 자유롭지는 않으며, 용도 간 어느 정도의 차별성이 존재함.
- 이 때문에 토지의 가격은 모든 생산활동 부문에서 동일하지는 않고 쌀 생산을 위한 토지가격, 채소 생산 혹은 여타 용도의 토지가격이 모두 다른, 즉 16가지의 토지가격이 형성됨. 개별 생산활동 간 토지이용 배정은 각 생산활동 내의 토지가격과 전체 토지가격 지수의 비율에 따라 일종의 로짓(Logit) 함수를 통해 배정되도록 함.

❍ 토지이용 생산활동 내에서 토지 배분은 벼 생산활동, 밭작물 생산활동, 축산물 생산활동의 3개 부문으로 1차 배분되며, 이어서 각 부문 내에서 세부 생산활동별로 2차 배분됨. 토지 배분의 중첩(Nesting) 구조는 다음과 같음.

---

17) Leontief 생산 함수는 생산요소 간 완전보완재 관계를 가정하며, y, z_1, z_2, a, b가 각각 생산량, 생산요소 1, 생산요소 2, 생산요소 1과 2에 대해 기술적으로 결정된 상수일 때, $y = Min(\frac{z_1}{a}, \frac{z_2}{b})$로 표현할 수 있음.

18) KREI-1 CGE 모형 자체는 부가가치재와 중간 투입재가 CES 결합을 하는 것도 허용하고 있음. 이에 관해서는 방정식 (17), (18)을 참고하기 바람.

〈표 3-2〉 토지이용 생산활동 내 토지의 부문별 중첩 배분구조

구분	1차 배분	2차 배분(세부 생산활동)
토지이용 생산활동 (농축산업 생산활동)	벼 생산활동	벼
	밭작물 생산활동	맥류 및 잡곡
		콩류
		감자류
		채소
		과실
		화훼작물
		약용작물
		종자
		기타 식용작물
		기타 비식용작물(기타비식용작물, 잎담배, 천연고무)
	축산물 생산활동	낙농
		한육우
		양돈
		가금
		기타축산

자료: 저자 작성.

○ 본 연구가 기존의 국내 CGE 모형과 달리 본원적 생산요소에 자가 노동과 토지까지 도입하고, 또한 토지 이용에 있어 불완전 대체를 도입하는 것은 CGE 모형의 미시적 모형마감(Closure) 형태와도 관련이 있음.

- 통상적으로 CGE 모형에서는 각 생산요소의 부문 간 이동은 원활하고, 따라서 각 생산요소의 가격은 경제 전체를 통해 하나만 형성이 된다고 가정함.
- 이 경우 정책 혹은 다른 종류의 외부 충격이 벼 생산활동과 같은 특정 부문에서 발생했을 때 그 영향이 농업 외의 부문에까지 너무 쉽게 전달이 되고 따라서 부문별 고유 영향이 많이 희석되는 문제가 발생할 수 있음.
- 이러한 결과는 모든 생산요소가 모든 생산활동 간에 자유롭게 이동할 수 있는 매우 장기에 걸친 경제효과라 할 수 있음.

❍ IFPRI 모형 등에서 사용하는 대안은 각 생산활동의 생산요소 사용량은 경제 충격이 와도 현재의 균형값에서 달라지지 않는, 생산요소 시장의 분절과 경직성을 도입하는 것임. 이 경우에는 부문별로 생산요소 가격이 모두 다르게 됨.

- 또 다른 방법은 생산요소 시장에 일종의 불완전 고용이 있다고 보는 방법임. 이 경우에는 경제 충격이 발생해도 이 생산요소의 경제 전체 가격은 변하지 않음. 각 부문은 고정된 가격하에서 원하는 만큼 생산요소를 고용하게 됨.
- 이상의 방법들은 생산요소의 생산활동 간 이동을 완전히 허용하거나, 아니면 이용량이나 가격 면에서 경직성이 발생하도록 강하게 제약하는 형태의 방법임.

❍ 반면, 본 연구가 사용하는 방법은 농업의 특성을 반영하여 1) 토지이용 생산활동(농축산업 생산활동)에만 토지와 자가 노동을 생산요소로 도입하였고, 이 두 가지 생산요소는 부문특화(Sector-specific) 생산요소이기 때문에 농업부문에 발생하는 정책변화 등의 효과를 비농업부문으로 너무 쉽게 전달하는 것을 막는 역할을 함.

- 또한 2) 로짓형의 토지배정 함수를 사용하여 부문별 토지 이용량을 고정시키지 않고도 부문별 농지가격이 다를 수 있도록 하며, 각 부문에서 사용되는 농지의 생산성 차이나 품질 차이 등이 의사결정에 반영될 수 있도록 함.
- 따라서 불완전고용이나, 부문 내 생산요소 사용량을 고정시키는 경직적인 방법을 사용하지 않고도 주요 자원 이용에 있어 생산활동 부문 간 이질성을 반영해줄 수 있음.

❍ 마지막으로, 본 연구에서는 농지의 공급량을 고정시키는 기존 CGE 모형들과 달리 농지 공급함수를 도입함. 농지공급은 경제 전체의 [농지가격지수/일반생산자물가지수]인 가격비를 반영하여 그 양이 공급되도록 함.

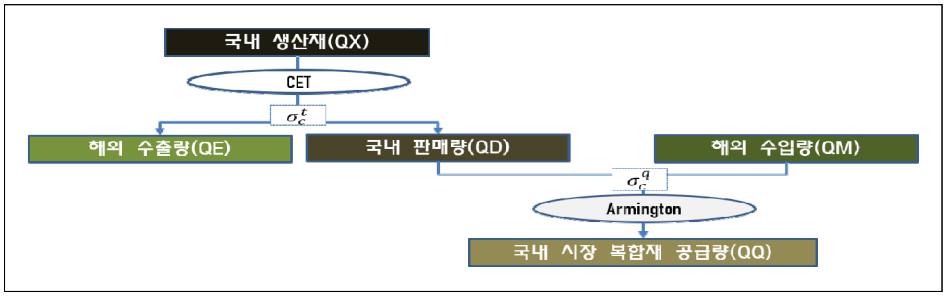
- 따라서 농지에 대한 수요가 늘어나고 농지의 상대가격이 상승할 때 농지 공급량이 늘어나고, 그 반대의 경우 줄어들 수 있도록 설정함.

1.2. 상품부문

○ 생산활동을 통해 국내로 공급되고 또한 수입 혹은 수출되는 상품의 종류와 상호 간의 관계는 〈그림 3-3〉에 제시함.

- QX_c: 국내 생산재 [가격: PX_c]
- QD_c: 국내 생산재 중 국내 수요자에 대한 공급량
  [구매자가격: PDD_c, 판매자가격: PDS_c]
- QE_c: 국내 생산재 중 해외 수출량 [가격: PE_c]
- QM_c: 해외 수입량 [가격: PM_c]
- QQ_c: 국내 시장 복합재 공급량 [가격: PQ_c]

〈그림 3-3〉 상품 부문의 Armington-CET 구조



자료: 저자 작성.

❍ 국내에서 생산된 특정 상품 c의 양은 QX_c인데, 이는 한 가지 이상의 생산활동에 의해 생산되는 양임.

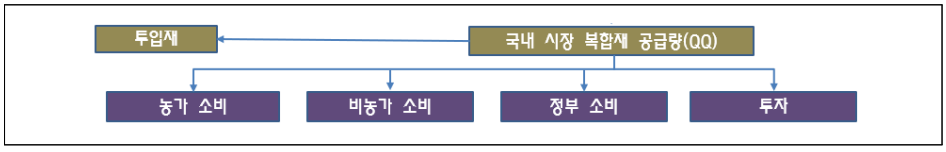
- QX_c 중 국내 시장에 공급되는 것은 QD_c이며, 수출되는 것은 QE_c임. 국내 시장에 공급되는 양과 수출되는 양 QX_c의 판매가치를 극대화하는 방법으로 이루어지되, QX_c, QD_c, QE_c 간의 물리적 관계는 CET(Constant Elasticity of Transformation) 함수[19]를 통해 결정됨.

❍ 국내 시장에 공급된 QD_c는 이미 앞에서 밝힌 바와 같이 수입되는 양 QM_c와 결합되며, 그 결과 QQ_c만큼이 복합재로서 국내 시장에 공급됨.

- QQ_c 중 얼마를 국내 생산량 QD_c에서 충당하고 얼마를 수입한 QM_c로 충당할지는 QQ_c를 조달하는 비용을 최소화하되, Armington 함수라고 불리는 CES함수를 매개로 하여 도출됨.
- CET 함수와 Armington 함수에 적용되는 전환 및 대체탄력성은 각각 σ_c^t와 σ_c^q임.

❍ 한편, 국내 시장에 공급된 복합재 QQ_c는 〈그림 3-4〉에서처럼 농가 및 비농가 소비, 정부소비, 투자, 그리고 이미 언급한 투입재로 최종 배분됨. 이 각각의 배분행위는 소비자의 예산제약하 효용극대화, 정부의 목적함수, 투자수요 결정행위, 생산자의 이윤극대화행위를 통해 결정됨.

〈그림 3-4〉 국내 시장 복합재 공급량의 배분



자료: 저자 작성.

19) CET 생산함수는 CES 함수와 형태가 동일하지만 부호가 반대임(임병호 외, 2021).

○ 모형 내 상품들은 그 성격에 따라 다음처럼 역시 집합으로 분류할 수 있음.

- $c \in C$: 모든 상품
- $c \in CX (\subset C)$: 국내 생산되는 상품
- $c \in CM (\subset C)$: 수입되는 상품
- $c \in CT (\subset C)$: 국내 유통되는 상품
- $c \in CE (\subset C)$: 국내 생산 후 수출되는 상품
- $c \in CD (\subset C)$: 국내 생산 후 국내시장에 판매되는 상품
- $c \in CDN (\subset C)$: 국내 생산되지만 국내 시장에는 판매되지 않는 상품(CD의 여집합)
- $c \in CEN (\subset C)$: 수출되지 않는 상품(CE의 여집합)
- $c \in CMN (\subset C)$: 수입되지 않는 상품(CM의 여집합)

1.3. 경제주체

○ CGE 모형의 경제주체는 가계[농가, 비농가], 기업(생산활동), 정부, 해외부문으로 구성되어 있음.

- 먼저 가계는 보유한 본원적 생산요소로부터 소득을 얻음. 그리고 정부나 여타 경제주체로부터의 이전소득도 소득의 일부가 됨.
- KREI-1 CGE 모형에서 가계는 농가와 비농가로 양분됨.
- 농가는 자가 노동, 고용 노동, 토지, 자본 등 본원적 생산요소와 정부의 이전소득으로 소득을 얻음.
- 비농가는 고용 노동, 자본 등 본원적 생산요소와 정부부터의 이전소득으로 소득을 얻음.

○ 경제주체의 집합은 다음과 같음.

- $i \in INS$: 모든 경제주체
- $i \in INSD (\subseteq INS)$: 국내 경제주체
- $i \in INSDNG (\subseteq INSD)$: 국내 민간 경제주체
- $h \in H (\subset INSDNG)$: 가계 $H = \{HOUSE_R, HOUSE_U\}$

○ 가계는 소득을 소비, 소득세 납부, 저축, 여타 경제주체에 대한 이전금으로 사용함.

- 소비는 Stone-Geary 효용함수를 가지는 가계가 예산제약하에 효용을 극대화하도록 선택하며, 따라서 LES(Linear Expenditure System) 형태의 수요체계를 사용함.
- 가계가 상품을 구입하는 가격에는 생산자가격에 상품세와 거래비용 등이 더해짐. 본 연구의 SAM 구조에서는 상품거래비용이 별도 항목으로 반영되지는 않지만 모형 자체에는 포함되어 있음.
- 소득세율과 여타 경제주체로의 지원금은 소득의 특정 비율로 지출되도록 하지만, 저축은 가계의 선택에 따라 자율적으로 결정될 수 있도록 함. 가계 외 다른 주체의 저축과 가계저축은 합해져 각 부문의 투자액으로 배분됨. 소득세 납부액과 저축이 결정되는 방식은 여러 가지로 선택할 수 있는데, 그 방식은 후술할 거시마감(Macro closure)의 일부를 이룸.

○ 가계소득원이 되는 본원적 생산요소에 대한 대가 지불은 가계로 직접 하지 않고 법인으로 할 수도 있음. 법인은 생산요소로부터 수입을 얻고 다른 경제주체로부터 지원금을 받을 수도 있음. 대신 법인세를 내고 저축을 하며, 다른 경제주체로 지원금을 보낼 수도 있지만 직접 소비행위를 하지는 않음.

- 본 모형은 법인이 이러한 역할을 반영할 수 있도록 구축되었지만, 한국의 SAM 특성상 법인이 실제로 적극적인 역할을 하도록 하지는 않고 있음.

❍ 정부는 세금을 걷고 다른 경제주체로부터 지원금을 받을 수도 있음. 세율은 원칙적으로 종가세로 고정된 것으로 가정함. 정부는 세입을 이용해 스스로 소비하고, 다른 경제주체로 이전하며, 저축을 할 수 있음. 정부의 이러한 행위에 대한 구제적인 가정도 거시마감의 일부를 이룸.

❍ 해외부문은 국내의 모든 경제주체와 이전금을 주고받을 수 있음. 해외부문 저축은 국내 경제의 해외에 대한 지불액과 수취액의 차이임. 이미 밝힌 바대로 정부, 해외부문, 그리고 저축-투자부문의 수지균형을 어떻게 유지할 것인지가 아래에서 다룰 거시마감의 주요 내용임.

1.4. 거시마감

❍ KREI-1 CGE 모형 전체의 기준가격(Numeraire)은 소비자물가지수(Consumer Price Index: CPI)이고, 모든 가격은 이의 상대가격으로 계산됨. 이는 일반균형모형의 동차성(Homogeneity) 때문에 필요한 부분임. 따라서 기준 소비자물가지수를 예를 들어 2배로 바꾸면 모든 가격이 2배가 되어야 하지만 수량변수들은 달라지지 않아야 함.

❍ 모형이 찾아야 하는 세 가지 거시균형은 정부예산 균형, 경상수지 균형, 저축-투자 균형임.

- 정부예산 균형을 위해서는 모든 세율을 고정시킨 상태에서 정부세입과 지출의 차이인 정부저축이 균형을 맞추는 잔차(Residual)의 역할을 하게 함

(GOV1). 이 경우, 정부저축이 내생변수이며 모형을 통해 정해짐. 대안으로서 정부저축을 일정한 액수가 되게 고정하고, 직접세 중 일부의 금액을 내생적으로 바꿀 수 있고(GOV2), 아니면 세액에 내생적으로 결정되는 스칼라를 곱해줄 수도 있음(GOV3).

- 경상수지균형을 위해서는 해외저축을 고정시키는 대신 실질환율을 내생화하거나(ROW1), 환율을 고정시키고 해외저축이 신축적으로 변하도록 할 수 있음(ROW2).
- 저축-투자균형을 위해서는 투자를 고정시키고 저축이 변하도록 하거나(S1), 역으로 저축을 고정시키고 투자가 내생적으로 반응하도록 할 수 있음(S2). 이 두 변수 중 하나가 내생적으로 변하게 하는 데에도 여러 방식이 있을 수 있는데, 예를 들어 투자가 고정이고 저축이 내생변수라면, 경제주체 중 일부의 저축률이 내생적으로 바뀌도록 할 수 있음.

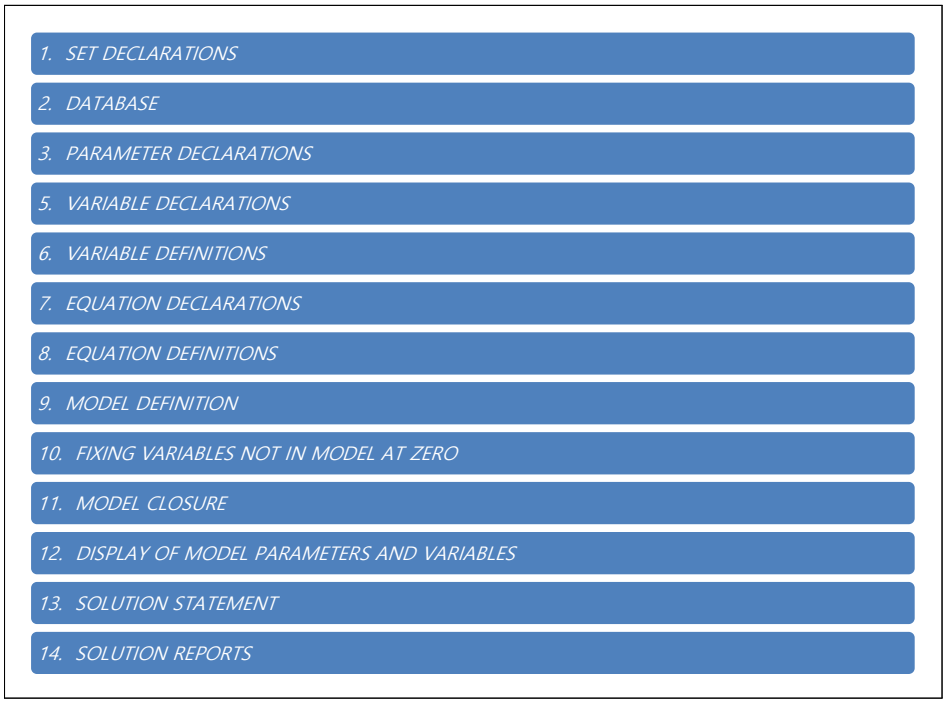
❍ 이상 모든 거시마감은 고정시키는 변수의 수만큼 내생변수로 전환하는 변수가 만들어져야 하고, 결과적으로 모형 전체의 방정식의 수와 내생변수의 수가 일치하도록 하여야 함.

❍ CGE 모형은 특성상 전체 생산요소, 상품 등의 시장 중 하나에서의 균형은 나머지 모든 시장에서 균형이 달성될 때 저절로 달성되어야 함. 즉 Walras 법칙이 성립해야 하며, KREI-1 CGE 모형에서도 이 법칙을 부여하고 있음.

2. GAMS 코드[20] 주요 요소

❍ 본 연구에서 구축한 한국 농업 특화 CGE 모형은 GAMS를 이용하여 구동하고 있으며, 이 연구의 CGE 모형의 GAMS 구조는 14단계로 구성되어 있음.

〈그림 3-5〉 한국 농업 특화 CGE 모형의 GAMS 코드 구조



자료: 저자 작성.

❍ GAMS는 CGE 모형을 집합(Sets), 매개변수(Parameters), 외생변수(Exogenous variables), 내생변수(Endogenous variables), 방정식(Equations), 시나리오 모형과 풀이(Model & solve) 등 6개로 구분하여 표현함.

20) 본 연구에서 개발한 한국 농업 특화 CGE 모형(KREI-1 CGE 모형)의 GAMS코드는 연구진에게 문의하여 활용(출처 명시)할 수 있음.

- 집합은 경제주체, 상품, 생산활동, 본원적 생산요소 등 CGE 모형 내 정의되어 특정된 항목(Item)을 의미함.
- 매개변수는 집합 항목 간 관계인 방정식을 표현하는데 사용되는 계수 값을 의미함.
- 외생변수는 CGE 모형 내 방정식을 통해 계산되지 않아 외부에서 그 값을 가져오는 변수를 의미함.
- 내생변수는 CGE 모형 내 방정식을 통해 계산되는 변수를 의미함.
- 방정식은 내생변수와 외생변수 간 관계를 수학적으로 표현하여 집합 항목을 CGE 모형 내에서 묘사함.
- 시나리오 모형과 풀이는 CGE 모형 내 시나리오 및 결과 제시 방법을 설정함.

2.1. 집합 정의(Set Declarations)

❍ KREI-1 CGE 모형에서 사용되는 집합은 다음과 같음.

〈표 3-3〉 KREI-1 CGE 모형의 집합

구분	설명	비고
AC	SAM 부문별 전체 집합(생산활동, 상품, 가계, 세금, 정부, 외국, 합계 등)	model sets
ACNT(AC)	합계를 제외한 SAM의 부문별 전체 집합	
A(AC)	생산활동 집합	
ACES(A)	최종 산출물이 CES 함수에 의해 생산되는 생산활동 집합	
ALEO(A)	최종 산출물이 Leontief 함수에 의해 생산되는 생산활동 집합	
C(AC)	상품 집합	
CD(C)	국내로 공급되는 상품 집합	
CDN(C)	국내로 공급되지 않고 수출만 되는 상품 집합	
CE(C)	수출되는 상품 집합	

(계속)

구분	설명	비고
CEN(C)	수출되지 않는 상품 집합	
CM(C)	수입되는 상품 집합	
CMN(C)	수입되지 않는 상품 집합	
CX(C)	국내에서 생산된 상품 집합	
F(AC)	생산요소 집합	
INS(AC)	가계, 정부, 외국 등 경제 주체 집합	
INSD(INS)	국내 경제 주체 집합	
INSDNG(INSD)	국내 경제 주체 중 정부를 제외한 집합	
H(INSDNG)	가계 집합	
CINV(C)	고정 투자에 사용되는 상품 집합	
CT(C)	운송비용에 사용되는 상품 집합	calibration sets
CTD(AC)	국내 운송 비용에 사용되는 상품 집합	
CTE(AC)	수출 운송 비용에 사용되는 상품 집합	
CTM(AC)	수입 운송 비용에 사용되는 상품 집합	
AAGR(A)	농축산물 생산활동 집합	
ANAGR(A)	비농축산물 생산활동 집합	
A_LAND(A)	토지를 이용하는 생산활동 집합	
AN_LAND(A)	토지를 이용하지 않는 생산활동 집합	
AN_LAND_LONE(A)	토지를 이용하는 생산활동 중 쌀 생 생산활동을 제외한 나머지 생산활동 집합	
PADDY(A)	쌀 생산활동 집합	
FIELD(A)	농축산물 중 쌀을 제외한 농산물 생산활동 집합	
LIVESTOCK(A)	축산물 생산활동 집합	report sets
CAGR(C)	농축산물 상품 집합	
CNAGR(C)	비농축산물 상품 집합	
EN(INSDNG)	기업 집합	
FLAB(F)	생산요소 중 노동 집합	
FLND(F)	생산요소 중 토지 집합	
FCAP(F)	생산요소 중 자본 집합	
FN_LAB(F)	생산요소 중 노동을 제외한 집합	
LAND_G	토지를 이용하는 생산활동 집합	

자료: 저자 작성.

2.2. 매개변수(Parameters)

○ KREI-1 CGE 모형의 방정식에 사용되는 매개변수는 다음과 같음.

〈표 3-4〉 KREI-1 CGE 모형의 방정식에 사용되는 매개변수

구분	설명
alphaa(A)	최종 생산함수가 CES 함수로 설정된 경우 생산성
alphaac(C)	개별 생산활동에서 생산되는 상품 c의 혼합 함수의 조정 계수
alphaq(C)	Armington 함수의 조정 계수
alphat(C)	CET 함수의 조정 계수
alphava(A)	부가가치재 생산함수의 생산성
alpha2LAB(A)	자가 노동, 고용 노동 혼합 함수의 조정 계수
betam(C,H)	LES에서 지출액(=소득)의 탄력성
cwts(C)	소비자물가지수 산정을 위한 상품별 가중치
deltaa(A)	최종 생산함수가 CES 함수로 설정된 경우 분배 계수(share parameter)
deltaac(A, C)	개별 생산활동에서 생산되는 상품 c의 혼합 함수의 분배 계수 (share parameter)
deltaq(C)	Armington 함수에서 국내에서 생산된 상품과 수입된 상품의 분배 계수(share parameter)
deltat(C)	CET 함수에서 국내로 공급될 상품과 수출될 상품의 분배 계수 (share parameter)
deltaLAB(FLAB, A)	노동 복합함수에서 자가 노동과 고용 노동의 분배 계수(share parameter)
delta2N_LAB (FN_LAB, A)	부가가치재 생산함수에서 비노동 생산요소의 분배 계수(share parameter)
delta2LAB(A)	부가가치재 생산함수에서 복합노동 생산요소의 분배 계수 (share parameter)
dwts(C)	생산자물가지수 산정을 위한 상품별 가중치
gammam(C, H)	상품 c에 대한 가계 h의 기초소비량
ica(C,A)	생산활동 a의 총 중간재 한 단위당 상품 c의 양
inta(A)	생산활동 a의 1단위당 총 중간 투입재 사용량
iva(A)	생산활동 a의 1단위당 부가가치재 투입량
icd(C, CP)	국내에 판매되는 상품 c 1단위 유통에 필요한 상품 단위 수
ice(C, CP)	수출되는 상품 c 1단위 국내 유통에 필요한 상품 단위 수
icm(C, CP)	수입되는 상품 c 1단위 국내 유통에 필요한 상품 단위 수

(계속)

구분	설명
mps01(INS)	경제 주체 중 저축률을 변경할 수 있으면 1, 아니면 0 인 계수
mpsbar(INS)	외생(조정 전) 정부 제외 국내 경제 주체의 기초 저축률
qdst(C)	재고변동
qbarg(C)	조정 전 정부 수요(초기 정부 수요)
qbarinv(C)	조정 전 투자 수요(초기 투자 수요)
rhoa(A)	최종 생산 함수가 CES 함수로 설정된 경우 중간 투입재와 부가가치재 대체 계수
rhoac(C)	개별 생산활동에서 생산되는 상품 c의 혼합 함수의 대체 계수
rhoq(C)	Armington 함수의 대체 계수
rhot(C)	CET 함수의 대체 계수
rhova(A)	부가가치재 생산함수 노동, 토지, 자본 간 대체 계수
rhoLAB(A)	노동 혼합함수에서 자가 노동, 고용 노동 간 대체 계수
shif(INS, F)	생산요소 f에 대한 경제주체 i의 요소소득 비율
shii(INS,INSP)	간접세와 순저축의 제외한 경제주체 간 소득 이전 비율
supernum(H)	기초소비량에 대한 지출액
theta(A, C)	생산활동 a의 생산량 1단위당 상품 c의 생산량
tins01(INS)	경제 주체 중 세율을 변경할 수 있으면 1, 아니면 0인 계수
trnsfr(INS, AC)	경제 주체로의 이전금
ta(A)	생산활동에 대한 세율
te(C)	상품에 대한 수출세율
tf(F)	생산요소에 대한 직접세율
tinsbar(INS)	외생(조정 전) 기초 세율
tm(C)	상품에 대한 수입 관세율
tq(C)	상품에 대한 판매세율
tva(A)	생산활동에 대한 부가가치세율

자료: 저자 작성.

2.3. 변수(Variables)

○ KREI-1 CGE 모형의 방정식에 사용되는 변수는 다음과 같음.

〈표 3-5〉 KREI-1 CGE 모형의 방정식에 사용되는 변수

구분	설명
CPI	소비자 물가 지수(최종 산출물 기준)
DPI	생산자 물가 지수(국내에서 생산된 산출물 기준)
DMPS	경제 주체의 한계 저축 성향에 대한 조정항
DTINS	국내 경제주체에 대한 조세 조정항
EG	정부 지출의 합
EH(H)	가계의 소비 지출
EXR	환율
FSAV	해외 저축
GADJ	정부 지출 조정 계수
GOVSHR	명목 총수요 중 중 정부 소비 비율
GSAV	정부 저축
IADJ	고정 투자에 대한 조정 계수
INVSHR	명목 총수요 중 투자 비율
MPS(INS)	정부를 제외한 국내 경제주체의 한계 저축 성향
MPSADJ	저축률 조정 계수
PA(A)	생산활동별 산출물 가격의 가중 합
PDD(C)	국내 생산재 중 국내 공급되는 상품의 구매자 가격
PDS(C)	국내 생산재 중 국내에서 판매되는 상품의 공급자 가격
PE(C)	수출품 가격
PINTA(A)	생산활동 a가 사용하는 개별 투입재 가격의 가중합
PM(C)	수입품 가격
PQ(C)	상품의 최종 소비 가격
PVA(A)	부가가치재 가격
PWE(C)	FOB 수출가격
PWM(C)	CIF 수입가격
PX(C)	국내에서 생산된 산출물 가격의 가중합
PXAC(A, C)	생산활동 a에서 생산되는 상품 c의 생산자 가격
QA(A)	생산활동별 생산량
QD(C)	국내 생산재 중 국내 수요자에 대한 공급량

(계속)

구분	설명
QE(C)	국내 생산재 중 해외 수출량
QF(F, A)	생산활동별 생산요소 수요
QFS(F)	생산요소 공급량
QG(C)	정부 소비량
QH(C, H)	가계 h의 상품 c 소비량
QINT(C, A)	개별 투입재 소요량
QINTA(A)	생산활동의 중간투입재 사용량
QINV(C)	고정 투자 수요량
QM(C)	수입량
QQ(C)	수입까지 포함된 최종 산출물 공급량
QT(C)	상품별 국내 및 수출, 수입 운송에 대한 수요
QVA(A)	생산활동의 부가가치재 사용량
QX(C)	상품별 국내 생산량
QXAC(A, C)	생산활동 a의 상품 c 국내 생산량
TABS	전체 소비액
TINS(INS)	국내 경제주체의 직접세율
TINSADJ	직접세 조정 계수
TRII(INS, INSP)	정부를 제외한 국내 경제 주체 간 소득 이전
WALRAS	저축-투자의 균형
WALRASSQR	Walras 법칙 성립을 확인하는 변수
WF(F)	경제 전체 생산요소 가격 혹은 가격 지수
WFLAND(A)	생산활동별 토지 가격
WF_PADDY	쌀 생산활동에 사용되는 토지 가격
WF_FIELD	쌀을 제외한 농산물 생산활동에 사용되는 토지 가격
WF_LIVESTOCK	축산물 생산활동에 사용되는 토지 가격
QF_PADDY	쌀 생산활동에 사용되는 토지 면적
QF_FIELD	쌀을 제외한 농산물 생산활동에 사용되는 토지 면적
QF_LIVESTOCK	축산물 생산활동에 사용되는 토지 면적
WFLAB	노동 가격
QFLAB(A)	노동 수요의 가중합
YF(F)	가계의 요소 수입
YG	정부 수입
YIF(INS, F)	경제주체의 생산요소별 수입
YI(INS)	정부를 제외한 국내 경제주체의 소득

자료: 저자 작성.

2.4. 방정식(Equations)

○ CGE 모형의 방정식은 기본적으로 가격 체계(Price Block), 생산 및 무역 체계(Production and Trade Block), 경제주체 체계(Institution Block) 또는 소득체계, 균형방정식 체계(System Constraint Block) 등으로 구성됨.[21)]

- 가격 체계는 모형 내 가격 변수(내생, 외생변수)와 수량 변수 간 관계를 표현함.
- 생산 및 무역 체계는 생산활동 및 상품, 본원적 생산요소, 중간 투입재 등의 수요와 공급 관계 등을 표현함. 또한 국내 생산재, 수입재, 수출재 간의 관계를 표현함.
- 경제주체 체계 또는 소득체계는 경제주체의 요소소득 및 수입, 소비 및 지출, 이전소득, 투자 수요 등을 표현함.
- 균형방정식 체계는 각 부문별 공급과 수요를 일치시켜 모형 내 시장청산을 표현함.

○ KREI-1 CGE 모형에는 총 5,719개의 내생변수가 있고, 이를 결정하는 5,719개의 방정식이 있음.

2.4.1. 가격 체계

○ 가격 체계는 모형 내 가격 변수(내생, 외생변수)와 수량 변수 간 관계를 표현함.

21) Löfgren et al.(2002)을 참고하여 저자 작성.

□ 수입가격(domestic import price)[22]

수입 가격		비고
방정식 (1)	$PM_c = pwm_c \cdot (1+tm_c) \cdot EXR + \sum_{c' \in CT} PQ_{c'} \cdot icm_{c'c},\ c \in CM$	pwm_c; c.i.f 수입가격 $icm_{c'c}$: 수입재 c 한 단위 국내 유통에 필요한 c' 단위 수
설명	수입가격 = 수입가격 × 관세조정 × 환율 + 수입재 국내 유통비용 (자국통화)(외국통화)	
GAMS 코드	PMDEF(C)$CM(C).. PM(C) =E= pwm(C) * (1 + tm(C)) * EXR + SUM(CT, PQ(CT) * icm(CT, C));	

□ 수출가격(domestic export price)

수출 가격		비고
방정식 (2)	$PE_c = pwe_c \cdot (1-te_c) \cdot EXR - \sum_{c' \in CT} PQ_{c'} \cdot ice_{c'c},\ c \in CE$	pwe_c: f.o.b 수출가격 $ice_{c'c}$: 수출재 c 한 단위 국내 유통에 필요한 c' 단위 수
설명	수출가격 = 수출가격 × 관세조정 × 환율 − 수출재 국내 유통비용 (자국통화)(외국통화)	
GAMS 코드	PEDEF(C)$CE(C)..PE(C) =E= pwe(C) * (1 − te(C)) * EXR − SUM(CT, PQ(CT) * ice(CT, C));	

□ 비국제교역재 가격(domestic price for commodity c produced and sold domestically)

비국제교역재 가격		비고
방정식 (3)	$PDD_c = PDS_c + \sum_{c' \in CT} PQ_{c'} \cdot icd_{c'c},\ c \in CD$	PDD_c: 국내 판매 국산품 구매자 가격 PDS_c: 국내 판매 국산품 공급자 가격 $icd_{c'c}$: 국내 판매 국산품 c 한 단위 유통에 필요한 c' 단위 수
설명	구매자가격 = 판매자가격 + 국내 유통비용	
GAMS 코드	PDDDEF(C)$CD(C).. PDD(C) =E= PDS(C) + SUM(CT, PQ(CT) * icd(CT, C));	

22) PMDEF(C)$CM(C)는 상품이 CM 집합에 속할 때만 정의되는 방정식을 의미함. 이처럼 방정식에 사용되는 $는 조건부(conditional) 작업을 명하는 역할을 함. 그러나 GAMS code에서 $는 그 외에도 다양한 용도로 활용됨.

□ 국내 시장 총거래액(value of sales in domestic market)

국내 시장 총거래액		비고
방정식 (4)	$PQ_c \cdot (1-tq_c) \cdot QQ_c = PDD_c \cdot QD_c + PM_c \cdot QM_c,\ c \in (CD \cup CM)$	PM_c: 수입품 가격 tq_c: 판매세율
설명	[소비자가격-판매세]로 평가한 공급가액 = 국내재 구매가액 + 수입재가액	
GAMS 코드	PQDEF(C)$(CD(C) OR CM(C)).. PQ(C) * (1 - tq(c)) * QQ(C) =E= PDD(C) * QD(C) + PM(C) * QM(C);	

□ 국내 생산가액(value of marketed domestic output)

국내 생산가액		비고
방정식 (5)	$PX_c \cdot QX_c = PDS_c \cdot QD_c + PE_c \cdot QE_c,\ c \in CX$	PE_c: 수출품 가격
설명	생산자가격으로 평가한 국내 생산가액 = 국내재 공급가액 + 수출재가액	
GAMS 코드	PXDEF(C)$CX(C).. PX(C) * QX(C) =E= PDS(C) * QD(C) + PE(C) * QE(C);	

□ 생산활동 가격(output price for activity a)

생산활동 가격		비고
방정식 (6)	$PA_a = \sum_{c \in C} PXAC_{ac} \cdot \theta_{ac}$	$PXAC_{ac}$: 활동 a가 생산한 c의 생산자 가격 θ_{ac}: 생산활동 a한 단위의 상품 c생산량
설명	생산활동 가격 = 생산자가격 × 단위당 산출의 합	
GAMS 코드	PADEF(A).. PA(A) =E= SUM(C, PXAC(A, C) * theta(A, C));	

□ 생산활동의 총중간재 가격(price of aggregate intermediate input)

생산활동 총중간재 가격		비고
방정식 (7)	$PINTA_a = \sum_{c \in C} PQ_c \cdot ica_{ca}$	ica_{ca}: 생산활동 a의 총중간재 한 단위당 상품 c의 양
설명	생산활동에 사용된 중간재 가격 = 총중간재(aggregate intermediate input)의 단위당 가격	
GAMS 코드	PINTADEF(A).. PINTA(A) =E= SUM(C, PQ(C) * ica(C, A));	

□ 생산활동의 수입과 비용(value-added price)

생산활동 수입과 비용		비고
방정식 (8)	$PA_a \cdot (1-ta_a) \cdot QA_a = PVA_a \cdot QVA_a + PINTA_a \cdot QINTA_a$	QVA_a: 생산활동 a의 총부가가치재 사용량 PVA_a: 생산활동 a의 총부가가치재 가격
설명	[세금제외] 활동 수입 = 부가가치재 비용 + 총중간재 비용	
GAMS 코드	PVADEF(A).. PA(A) * (1-ta(A)) * QA(A) =E= PVA(A) * QVA(A) + PINTA(A) * QINTA(A);	

□ 토지 가치(aggregate land price definition)

토지가치		비고
방정식 (9)	$WF_A \cdot QFS_A = WF_PADDY \cdot QF_PADDY + WF_FIELD \cdot QF_FIELD + WF_LIVESTOCK \cdot QF_LIVESTOCK$	WF_A: 토지 가격지수 QFS_A: 토지 총공급량
설명	토지 총 가치 = 논, 밭, 축산 토지자원 가치의 합	
GAMS 코드	WFLANDDEF.. WF("LAND") * QFS("LAND") =E= WF_PADDY * QF_PADDY + WF_FIELD * QF_FIELD + WF_LIVESTOCK * QF_LIVESTOCK;	

□ 벼 생산 농업토지 가치(aggregate rice crop land price definition)

벼 생산 농업토지 가치		비고
방정식 (10)	$WF_PADDY \cdot QF_PADDY = \sum_{a \in PADDY} WFLAND_a \cdot QF_{Aa}$	QF_{Aa}: 활동 a의 토지 투입량
설명	벼 생산 농지 총가치 = 벼 생산활동 토지자원의 가치의 합	
GAMS 코드	WF_PADDYDEF.. WF_PADDY * QF_PADDY =E= sum(PADDY, FLAND(PADDY) * QF("LAND", PADDY));	

□ 밭작물 생산 농업토지 가치(aggregate field crop land price definition)

밭작물 생산 농업토지 가치		비고
방정식 (11)	$WF_FIELD \cdot QF_FIELD = \sum_{a \in FIELD} WFLAND_a \cdot QF_{Aa}$	QF_{Aa}: 활동 a의 토지 투입량
설명	밭작물 생산 농지 총가치 = 밭작물 생산활동 토지자원의 가치의 합	
GAMS 코드	WF_FIELDDEF.. WF_FIELD * QF_FIELD =E= sum(FIELD, WFLAND(FIELD) * QF("LAND", FIELD));	

□ 축산물 생산 농업토지 가치(aggregate livestock land price definition)

축산물 생산 농업토지 가치		비고
방정식 (12)	$WF_LIVESTOCK \cdot QF_LIVESTOCK = \sum_{a \in LIVESTOCK} WFLAND_a \cdot QF_{Aa}$	QF_{Aa}: 활동 a의 토지 투입량
설명	축산물 생산 농지 총가치 = 축산물 생산활동 토지자원의 가치의 합	
GAMS 코드	WF_LIVESTOCKDEF.. WF_LIVESTOCK * QF_LIVESTOCK =E= sum(LIVESTOCK, WFLAND(LIVESTOCK) * QF("LAND", LIVESTOCK));	

□ 노동 가치(aggregate livestock land price definition)

노동 가치		비고
방정식 (13)	$WF_L \cdot \sum_{a \in FLAB} QF_{La} = \sum_a WF_{LH} \cdot QF_{LHa} + \sum_a WF_{LF} \cdot QF_{LFa}$	WF_L: 총노동 가격지수 WF_{LH}: 고용 노동 가격지수 WF_{LF}: 자가 노동 가격지수
설명	노동 총가치 = 고용 노동 가치 + 자가 노동 가치	
GAMS 코드	WF_LABOR.. WFLAB * sum(A,QFLAB(A)) =E= sum(A, WF("LAB_H") * QF("LAB_H", A) + WF("LAB_F") * QF("LAB_F", A));	

□ 소비자 물가지수(consumer price index)

소비자 물가지수		비고
방정식 (14)	$\overline{CPI} = \sum_{c \in C} PQ_c \cdot cwts_c$	
설명	소비자가격지수 = 국내 시장 복합재 가격 × 가중치의 합	
GAMS 코드	CPIDEF.. CPI =E= SUM(C, cwts(C) * PQ(C));	

□ 국내 시장 공급재 생산자 가격지수(domestic producer price index)

국내 시장 공급재 생산자 가격지수		비고
방정식 (15)	$DPI = \sum_{c \in C} PDS_c \cdot dwts_c$	
설명	생산자가격지수 = 국내 시장 공급재 생산자가격 × 가중치의 합	
GAMS 코드	DPIDEF.. DPI =E= SUM(CD, dwts(CD) * PDS(CD));	

2.2. 생산 및 국제무역 체계

❍ 생산 및 국제무역 체계 내에서 생산함수는 크게 CES 형식으로 설정하는 방식과 대체탄력성을 0으로 설정하는 Leontief 형식으로 설정하는 두 가지로 구분됨.

- 국내재와 수입재를 완전대체관계가 아닌 불완전대체관계(Imperfect substitutability)로 설정하는 아밍턴(Armington) 함수에서는 CES 함수형을 사용함.

□ 생산활동: CES 함수(CES aggregate production function, if CES top nest)

생산활동: CES 함수		비고
방정식 (16)	$QA_a = \alpha_a^a\left(\delta_a^a \cdot QVA_a^{-\rho_a^a} + (1-\delta_a^a)\cdot QINTA_a^{-\rho_a^a}\right)^{-1/\rho_a^a}$, $a \in ACES$	$a \in ACES$: 기술 최상위 네트가 CES 함수인 활동
설명	활동량 = CES[총부가가치, 총중간재]	
GAMS 코드	CESAGGPRD(A)$ACES(A).. QA(A) =E= alphaa(A) * (deltaa(A) * QVA(A)**(-rhoa(A)) + (1-deltaa(A)) * QINTA(A)**(-rhoa(A)))**(-1/rhoa(A));	

□ 부가가치/중간재 비율: CES 함수(CES aggregate first-order condition, if CES top nest)

부가가치/중간재 비율: CES 함수		비고
방정식 (17)	$\frac{QVA_a}{QINTA_a} = \left(\frac{PINTA_a}{PVA_a}\cdot\frac{\delta_a^a}{1-\delta_a^a}\right)^{1/(1+\rho_a^a)}$, $a \in ACES$	$a \in ACES$: 기술 최상위 네트가 CES 함수인 활동
설명	부가가치/중간재 = f[중간재와 부가가치 가격비율]	
GAMS 코드	CESAGGFOC(A)$ACES(A).. QVA(A) =E= QINTA(A) * ((PINTA(A) / PVA(A)) * (deltaa(A) / (1 - deltaa(A))))**(1 / (1+rhoa(A)));	

□ 부가가치재 수요: Leontief 함수(Leontief aggregate intermediate demand, if Leontief top nest)

부가가치재 수요: Leontief 함수		비고
방정식 (18)	$QVA_a = iva_a \cdot QA_a$, $a \in ACEO$	$a \in ACEO$: 최상위 네트가 Leontief 함수인 활동 iva_a: 활동 단위당 부가가치재 투입량
설명	부가가치재 수요 = f[활동량]	
GAMS 코드	LEOAGGINT(A)$ALEO(A).. QVA(A) =E= iva(A) * QA(A);	

□ 총중간 투입재 수요: Leontief 함수(Leontief aggregate value-added demand, if Leontief top nest)

총중간 투입재 수요: Leontief 함수		비고
방정식 (19)	$QINTA_a = inta_a \cdot QA_a$, $a \in ACEO$	$inta_a$: 생산 활동 1단위당 총중간 투입재 사용량
설명	총중간 투입재 수요 = f[활동량]	
GAMS 코드	LEOAGGVA(A)$ALEO(A).. QINTA(A) =E= inta(A) * QA(A);	

□ 부가가치 생산함수(CES value-added production function)

부가가치 생산함수		비고
방정식 (20)	$QVA_a = \alpha_a^{va}\left(\sum_{f \in FN_LAB} \delta_{fa}^{va} \cdot QF_{fa}^{-\rho_a^{va}} + \delta_{La}^{va} \cdot QF_{La}^{-\rho_a^{va}}\right)^{-1/\rho_a^{va}}$, $a \in A$	$\sum_{f \in FN_LAB} \delta_{fa}^{va} + \delta_{La}^{va} = 1$
설명	총부가가치 = CES[본원적 생산요소]	
GAMS 코드	CESVAPRD(A).. QVA(A) =E= alphava(A) * (SUM(FN_LAB$(QF0(FN_LAB, A)), delta2N_LAB(FN_LAB, A) * QF(FN_LAB,A)**(-rhova(A)) + delta2LAB(A) * QFLAB(A)**(-rhova(A))))**(-1/rhova(A));	

□ 자본재 수요함수(CES value-added first-order condition of capital)

자본재 수요함수		비고
방정식 (21)	$WF_K = PVA_a \cdot (1 - tva_a) \cdot QVA_a \cdot$ $\left(\sum_{f \in FN_LAB} \delta_{fa}^{va} \cdot QF_{fa}^{-\rho_a^{va}} + \delta_{La}^{va} \cdot QF_{La}^{-\rho_a^{va}}\right)^{-1} \cdot \delta_{fa}^{va} \cdot QF_{Ka}^{-\rho_a^{va}-1}$, $a \in A$ $f \in FN_LAB$	QF_{Ka}: 활동 a의 자본 사용량
설명	자본 생산요소의 한계비용 = 자본의 한계 수입 가치	

자본재 수요함수		비고
GAMS 코드	CESVA_CAP_FOC(A).. WF("CAP") =E= PVA(A)*(1-tva(A)) * QVA(A) * (SUM(FN_LAB$(QF0(FN_LAB, A)), delta2N_LAB(FN_LAB, A) * QF(FN_LAB, A)**(-rhova(A))) + delta2LAB(A) * QFLAB(A)**(-rhova(A)))**(-1) * delta2N_LAB("CAP", A) * QF("CAP", A)**(-rhova(A)-1);	

□ 총토지 수요함수(CES value-added first-order condition of land)[23]

총토지 수요함수		비고
방정식 (22)	$WF_A = PVA_a \cdot (1-tva_a) \cdot QVA_a \cdot \left(\sum_{f \in FN_LAB} \delta_{fa}^{va} \cdot QF_{fa}^{-\rho_a^{va}} + \delta_{La}^{va} \cdot QF_{La}^{-\rho_a^{va}} \right)^{-1} \cdot \delta_{fa}^{va} \cdot QF_{Aa}^{-\rho_a^{va}-1}$, $a \in A \ f \in FN_LAB$	
설명	총토지 생산요소의 한계비용 = 총토지의 한계 수입 가치	
GAMS 코드	CESVA_LAND_FOC(A)$A_LAND(A).. WFLAND(A) =E= PVA(A) * (1-tva(A)) * QVA(A) * (SUM(FN_LAB$(QF0(FN_LAB, A)), delta2N_LAB(FN_LAB, A) * QF(FN_LAB, A)**(-rhova(A))) + delta2LAB(A) * QFLAB(A)**(-rhova(A)))**(-1) * delta2N_LAB("LAND", A)*QF("LAND", A)**(-rhova(A)-1);	

□ 총노동 수요함수(CES value-added first-order condition of labor)

총노동 수요함수		비고
방정식 (23)	$WF_L = PVA_a \cdot (1-tva_a) \cdot QVA_a \cdot \left(\sum_{f \in FN_LAB} \delta_{fa}^{va} \cdot QF_{fa}^{-\rho_a^{va}} + \delta_{La}^{va} \cdot QF_{La}^{-\rho_a^{va}} \right)^{-1} \cdot \delta_{La}^{va} \cdot QF_{La}^{-\rho_a^{va}-1}$, $a \in A \ f \in FN_LAB$	
설명	총노동 생산요소의 한계비용 = 총노동의 한계 수입 가치	
GAMS 코드	CESVA_LAB_FOC(A).. WFLAB =E= PVA(A) * (1-tva(A)) * QVA(A) * (SUM(FN_LAB$(QF0(FN_LAB, A)), delta2N_LAB(FN_LAB, A) * QF(FN_LAB, A)**(-rhova(A))) + delta2LAB(A) * QFLAB(A)**(-rhova(A)))**(-1) * delta2LAB(A) * QFLAB(A)**(-rhova(A)-1);	

23) CESVA_LAND_FOC(A)$A_LAND(A)는 토지가 사용되는 부문일 때에만 정의되는 방정식임을 의미함.

□ 총노동 생산함수(CES composite labor production function)

총노동 생산함수		비고
방정식 (24)	$QF_{La} = \alpha_a^{2L}\left(\sum_{f \in F_LAB} \delta_{fa}^{L} \cdot QF_{fa}^{-\rho_a^L}\right)^{-1/\rho_a^L}$ $a \in A \;\; f \in F_LAB$	
설명	총노동 사용량 = f[유형별 노동 사용량]	
GAMS 코드	CESLAB(A).. QFLAB(A) =E= alpha2LAB(A) * (SUM(FLAB, deltaLAB(FLAB, A) * QF(FLAB, A)**(-rhoLAB(A))))**(-1/rhoLAB(A));	

□ 고용 노동 수요함수(CES value-added first-order condition of hired labor)

고용 노동 수요함수		비고
방정식 (25)	$WF_{LH} = WF_L \cdot QF_{La} \cdot$ $\left(\sum_{f \in F_LAB} \delta_{fa}^{L} \cdot QF_{fa}^{-\rho_a^L}\right)^{-1} \cdot \delta_{LHa}^{L} \cdot QF_{LHa}^{-\rho_a^L - 1}$ $a \in A \;\; f \in F_LAB$	
설명	고용 노동의 한계비용 = 고용 노동의 한계 수입 가치	
GAMS 코드	CESVA_LAB_H_FOC(A).. WF("LAB_H") =E= WFLAB * QFLAB(A) * (SUM(FLAB, deltaLAB(FLAB, A) * QF(FLAB, A)**(-rhoLAB(A))))**(-1) * deltaLAB("LAB_H", A) * QF("LAB_H", A)**(-rhoLAB(A)-1);	

□ 자가 노동 수요함수(CES value-added first-order condition of family labor)

자가 노동 수요함수		비고
방정식 (26)	$WF_{LF} = WF_L \cdot QF_{La} \cdot$ $\left(\sum_{f \in F_LAB} \delta_{fa}^{L} \cdot QF_{fa}^{-\rho_a^L}\right)^{-1} \cdot \delta_{LFa}^{L} \cdot QF_{LFa}^{-\rho_a^L - 1}$ $a \in A \;\; f \in F_LAB$	
설명	자가 노동의 한계비용 = 자가 노동의 한계 수입 가치	
GAMS 코드	CESVA_LAB_F_FOC(A)$A_LAND(A).. WF("LAB_F") =E= WFLAB * QFLAB(A) * (SUM(FLAB, deltaLAB(FLAB, A) * QF(FLAB, A)**(-rhoLAB(A))))**(-1) * deltaLAB("LAB_F", A) * QF("LAB_F", A)**(-rhoLAB(A)-1);	

□ 쌀 생산용 농업토지 배정(Land logit first-order condition of paddy)

쌀 생산용 농업토지 배정		비고
방정식 (27)	$\frac{QF_PADDY}{QFS_A} = \frac{s_{PADDY} WF_PADDY^{\tau}}{\sum_{G \in LAND_G} s_G WF_G^{\tau}}$	$LAND_G = \begin{Bmatrix} PADDY, FIELD, \\ LIVESTOCK, FORESTRY \end{Bmatrix}$
설명	쌀 생산용 토지비율 = f[부문별 토지의 가격]	
GAMS 코드	LOGIT_LAND_P_FOC .. QF_PADDY/QFS("LAND") =E= (sPADDY0*WF_PADDY**tau)/(sPADDY0 * WF_PADDY**tau + sFIELD0 * WF_FIELD**tau + sLIVESTOCK0*WF_LIVESTOCK**tau + sFORESTRY0 * WF_FORESTRY**tau);	

□ 밭작물 생산용 농업토지 배정(Land logit first-order condition of field)

밭작물 생산용 농업토지 배정		비고
방정식 (28)	$\frac{QF_FIELD}{QFS_A} = \frac{s_{FIELD} WF_FIELD^{\tau}}{\sum_{G \in LAND_G} S_G WF_G^{\tau}}$	$LAND_G = \begin{Bmatrix} PADDY, FIELD, \\ LIVESTOCK, FORESTRY \end{Bmatrix}$
설명	밭작물 생산용 토지비율 = f[부문별 토지의 가격]	
GAMS 코드	LOGIT_LAND_F_FOC .. QF_FIELD/QFS("LAND") =E= (sFIELD0*WF_FIELD**tau)/(sPADDY0*WF_PADDY**tau + sFIELD0*WF_FIELD**tau + sLIVESTOCK0*WF_LIVESTOCK**tau + sFORESTRY0*WF_FORESTRY**tau);	

□ 축산물 생산용 농업토지 배정(Land logit first-order condition of livestock)

축산물 생산용 농업토지 배정		비고
방정식 (29)	$\frac{QF_LIVESTOCK}{QFS_A} = \frac{s_{LIVESTOCK} WF_LIVESTOCK^{\tau}}{\sum_{G \in LAND_G} S_G WF_G^{\tau}}$	$LAND_G = \begin{Bmatrix} PADDY, FIELD, \\ LIVESTOCK, FORESTRY \end{Bmatrix}$
설명	축산물 생산용 토지비율 = f[부문별 토지의 가격]	
GAMS 코드	LOGIT_LAND_L_FOC .. QF_LIVESTOCK/QFS("LAND") =E= (sLIVESTOCK0 * WF_LIVESTOCK**tau) / (sPADDY0 * WF_PADDY**tau + sFIELD0 * WF_FIELD**tau + sLIVESTOCK0 * WF_LIVESTOCK**tau + sFORESTRY0 * WF_FORESTRY**tau);	

□ 쌀 생산활동별 농업토지 배정(Land logit first-order condition of activities in paddy)[24]

쌀 생산활동별 농업토지 배정		비고
방정식 (30)	$\frac{QF_{Aa}}{QF_PADDY} = \frac{s_a^{PADDY} WF_{Aa}^{\tau^{PADDY}}}{\sum_{a' \in PADDY} S_{a'}^{PADDY} WF_{Aa}^{\tau^{PADDY}}},\ a \in PADDY$	
설명	활동별 토지의 쌀 부문 토지 내 비율 = f[활동별 토지가격]	
GAMS 코드	LOGIT_PADDYFOC(PADDY).. QF("LAND", PADDY) / QF_PADDY =E= (s_PADDY0(PADDY) * WFLAND(PADDY)**tau_PADDY)/ (sum(PADDYP, s_PADDY0(PADDYP) * WFLAND(PADDYP)**tau_PADDY));	

□ 밭작물 생산활동별 농업토지 배정(Land logit first-order condition of activities in field)

밭작물 생산활동별 농업토지 배정		비고
방정식 (31)	$\frac{QF_{Aa}}{QF_FIELD} = \frac{s_a^{FIELD} WF_{Aa}^{\tau^{FIELD}}}{\sum_{a' \in FIELD} S_{a'}^{FIELD} WF_{Aa}^{\tau^{FIELD}}},\ a \in FIELD$	
설명	활동별 토지의 밭작물 토지 내 비율 = f[활동별 토지가격]	
GAMS 코드	LOGIT_FIELDFOC(FIELD).. QF("LAND", FIELD) / QF_FIELD =E= (s_FIELD0(FIELD) * WFLAND(FIELD)**tau_FIELD) / (sum(FIELDP, s_FIELD0(FIELDP) * WFLAND(FIELDP)**tau_FIELD));	

□ 축산 생산활동별 농업토지 배정(Land logit first-order condition of activities in livestock)

축산 생산활동별 농업토지 배정		비고
방정식 (32)	$\frac{QF_{Aa}}{QF_LIVESTOCK} = \frac{s_a^{LIVESTOCK} WF_{Aa}^{\tau^{LIVESTOCK}}}{\sum_{a' \in LIVESTOCK} S_{a'}^{LIVESTOCK} WF_{Aa}^{\tau^{LIVESTOCK}}},\ a \in LIVESTOCK$	
설명	활동별 토지의 가축 부문 토지 내 비율 = f[활동별 토지가격]	
GAMS 코드	LOGIT_LIVESTOCKFOC(LIVESTOCK).. QF("LAND", LIVESTOCK) / QF_LIVESTOCK =E= (s_LIVESTOCK0(LIVESTOCK) * WFLAND(LIVESTOCK)**tau_LIVESTOCK) / (sum(LIVESTOCKP, s_LIVESTOCK0(LIVESTOCKP) * WFLAND(LIVESTOCKP)**tau_LIVESTOCK));	

[24] 이 조건식은 잉여식(Redundant)으로서, 삭제하였을 때 모형의 방정식 수와 내생변수 수가 일치함.

□ 총토지 공급함수(Land supply)

총토지 공급함수		비고
방정식 (33)	$QFS_A = \overline{QFS_A}\left(\frac{WF_A}{DPI}\right)^{\sigma_S}$	$\overline{QFS}_A$: 최초 총토지 공급량
설명	총토지 공급량 = f[토지가격과 생산자가격지수의 비율]	
GAMS 코드	LANDSUPPLY.. QFS("LAND") =E= QFS0("LAND") * (WF("LAND") / CPI)**sigma_S;	

□ 개별 투입재 수요(Intermediate demand for commodity c from activity a)

개별 투입재 수요		비고
방정식 (34)	$QINT_{ca} = ica_{ca} \cdot QINTA_a,\ a \in A\ \ f \in F$	$QINT_{ca}$: 활동 a에 사용된 상품 c
설명	개별 투입 복합재 수요 = f[총중간 투입재 수요]	
GAMS 코드	INTDEM(C, A)$ica(C, A).. QINT(C,A) =E= ica(C, A) * QINTA(A);	

□ 상품 생산과 분배(commodity c produced by activity a)

상품 생산과 분배		비고
방정식 (35)	$QXAC_{ac} = \theta_{ac} QA_a,\ a \in A\ \ c \in CX$	θ_{ac}: 활동 a 단위당 상품 c 생산량
설명	유통상품량 = 활동 a로부터의 상품 c 생산량	
GAMS 코드	COMPRDFN(A, C)$theta(A, C).. QXAC(A, C) =E= theta(A,C) * QA(A) ;	

□ 산출물 통합(output aggregation function)

산출물 통합		비고
방정식 (36)	$QX_c = \alpha_c^{ac} \cdot \left(\sum_{a \in A} \delta_{ac}^{ac} \cdot QXAC_{ac}^{-\rho_c^{ac}}\right)^{-1/(\rho_a^{ac}-1)},\ c \in CX$	
설명	상품 c의 총판매량 = CES(상품 c의 각 활동별 공급량)	
GAMS 코드	OUTAGGFN(C)$CX(C).. QX(C) =E= alphaac(C) * SUM(A, deltaac(A,C) * QXAC(A,C) **(-rhoac(C))) **(-1/rhoac(C));	

□ 산출물 통합: 최적화조건(first-order condition for output aggregation function)

산출물 통합: 최적화조건		비고
방정식 (37)	$PXAC_{ac} = PX_c \cdot QX_c \cdot \left(\sum_{a \in A} \delta_{ac}^{ac} \cdot QXAC_{ac}^{-\rho_c^{ac}} \right)^{-1} \cdot \delta_{ac}^{ac} \cdot QXAC_{ac}^{-\rho_c^{ac}-1},\ a \in A\ c \in CX$	
설명	활동 a의 c 한계비용 = 활동 a의 상품 c 한계생산가치	
GAMS 코드	OUTAGGFOC(A,C)$deltaac(A, C).. PXAC(A, C) =E= PX(C)*QX(C) * SUM(AP, deltaac(AP, C) * QXAC(AP, C)**(-rhoac(C)))**(-1) * deltaac(A, C) * QXAC(A, C)**(-rhoac(C)-1);	

□ 상품의 국내 및 수출 배분: CET 함수(domestic sales and export of commodity: CET function)

CET 함수		비고
방정식 (38)	$QX_c = \alpha_c^t \cdot \left(\delta_c^t \cdot QE_c^{\rho_c^t} + (1-\delta_c^t) \cdot QD_c^{\rho_c^t} \right)^{1/\rho_c^t},\ c \in (CE \cap CD)$	
설명	총국내생산 = CES(수출, 국내시장 판매)	
GAMS 코드	CET(C)$(CE(C) AND CD(C)).. QX(C) =E= alphat(C) * (deltat(C) * QE(C)**rhot(C) + (1 - deltat(C)) * QD(C)**rhot(C))**(1/rhot(C));	

□ CET 함수: 최적화 조건 (first-order condition for domestic sales and export of commodity: CET function)

CET 함수: 최적화 조건		비고
방정식 (39)	$\frac{QE_c}{QD_c} = \left(\frac{PE_c}{PDS_c} \cdot \frac{1-\delta_c^t}{\delta_c^t} \right)^{1/(\rho_c^t - 1)},\ c \in (CE \cap CD)$	
설명	[수출/국내 시장 공급] = f[수출재가격/국내재가격]	
GAMS 코드	ESUPPLY(C)$(CE(C) AND CD(C)).. QE(C) =E= QD(C) * ((PE(C)/PDS(C)) * ((1 - deltat(C))/deltat(C)))**(1/(rhot(C)-1));	

□ 비수출재와 비국내시장재의 공급량(supply of either non-domestic sale or non-export commodity)

비수출재와 비국내시장재의 공급량		비고
방정식 (40)	$QX_c = QD_c + QE_c,\ c \in (CD \cap CEN) \cup (CE \cap CDN)$	
설명	총국내생산 = 비수출 국내시장 공급 + 수출 비국내시장 공급	

비수출재와 비국내시장재의 공급량		비고
GAMS 코드	CET2(C)$((CD(C) AND CEN(C)) OR (CE(C) AND CDN(C))).. QX(C) =E= QD(C) + QE(C);	

□ 국내 시장 복합재 공급량: Armington 함수(composite commodity aggregation function: Armington)

Armington 함수		비고
방정식 (41)	$QQ_c = \alpha_c^q \cdot \left(\delta_c^q \cdot QM_c^{-\rho_c^q} + (1-\delta_c^q) \cdot QD_c^{-\rho_c^q}\right)^{-1/\rho_c^q},\ c \in (CM \cap CD)$	
설명	국내시장 총공급 = CES(수입, 국내시장 공급 국내재)	
GAMS 코드	ARMINGTON(C)$(CM(C) AND CD(C)).. QQ(C) =E= alphaq(C) * (deltaq(C) * QM(C)**(-rhoq(C)) + (1 -deltaq(C)) * QD(C)**(-rhoq(C)))**(-1/rhoq(C));	

□ Armington 함수: 최적화 조건(first-order condition for composite commodity)

Armington 함수: 최적화 조건		비고
방정식 (42)	$\frac{QM_c}{QD_c} = \left(\frac{PDD_c}{PM_c} \cdot \frac{\delta_c^q}{1-\delta_c^q}\right)^{1/(1+\rho_c^q)},\ c \in (CM \cap CD)$	
설명	수입재수요/국내재수요 = f(수입재가격, 국내재가격)	
GAMS 코드	COSTMIN(C)$(CM(C) AND CD(C)).. QM(C) =E= QD(C) * ((PDD(C)/PM(C)) * (deltaq(C)/(1 - deltaq(C))))**(1/(1 + rhoq(C)));	

□ 비수입재와 비국내생산재의 공급량(supply of either non-domestic sale or non-import commodity)

비수입재와 비국내생산재의 공급량		비고
방정식 (43)	$QQ_c = QD_c + QM_c,\ c \in (CD \cap CMN) \cup (CM \cap CDN)$	
설명	국내시장 총공급 = 비수입 국내생산 + 국내 비생산 수입	
GAMS 코드	ARMINGTON2(C)$((CD(C) AND CMN(C)) OR (CM(C) AND CDN(C))).. QQ(C) =E= QD(C) + QM(C);	

□ 거래서비스 수요(demand for transactions services)

거래서비스 수요		비고
방정식 (44)	$QT_c = \sum_{c' \in C'} (icm_{cc'} \cdot QM_{c'} + ice_{cc'} \cdot QE_{c'} + icd_{cc'} \cdot QD_{c'}),\ c \in CT$	QT_c: 거래서비스용 투입재 사용
설명	거래서비스 수요 = sum(수입 서비스, 수출서비스, 국내판매 서비스)	
GAMS 코드	QTDEM(C)$CT(C).. QT(C) =E= SUM(CP, icm(C, CP) * QM(CP) + ice(C, CP) * QE(CP) + icd(C, CP) * QD(CP));	

2.3. 소득 체계

❍ 소득 체계는 경제주체의 요소소득 및 수입, 소비 및 지출, 소득이전, 투자 수요 등을 표현함.

□ 요소소득(factor incomes)

요소소득		비고
방정식 (45)	$YF_f = \sum_{a \in A} WF_f \cdot QF_{fa},\ f \in F$	YF_f: 요소 f의 소득
설명	요소 소득 = 활동별 지출액(활동별 고유가격 × 사용량)합	
GAMS 코드	YFDEF(F).. YF(F) =E= SUM(A, WF(F) * QF(F,A));	

□ 주체별 소득(factor incomes to domestic institutions)

주체별 소득		비고
방정식 (46)	$YIF_{\text{if}} = shif_{\text{if}} [(1 - tf_f) \cdot YF_f - trnsfr_{row f} \cdot EXR],\ i \in INSD\ f \in F$	YF_{if}: 내국 주체 i의 f 소득 $shif_{\text{if}}$: f소득에서 i의 비율 $trnsfr_{row f}$: 해외로의 f 이전
설명	주체 i의 f 소득 = 소득비율 × (세금, 해외로의 이전 제외한) f의 요소소득	
GAMS 코드	YIFDEF(INSD,F)$shif(INSD, F).. YIF(INSD, F) =E= shif(INSD, F) * ((1-tf(f))*YF(F) - trnsfr('ROW', F) * EXR);	

□ 비정부 주체의 소득(total incomes of domestic non-gov't institutions)

비정부 주체의 소득		비고
방정식 (47)	$YI_i = \sum_{f \in F} YIF_{if} + \sum_{i' \in SDNG} TRII_{ii'} + trnsfr_{igov} \cdot \overline{CPI} + trnsfr_{irow} \cdot EXR$ $i \in INSDNG$	YI_i: 내국 주체 i의 소득 $TRII_{ii'}$: i'에서 i(둘 다 내국 비정부 주체)로의 이전 $trnsfr_{igov}$: 정부 이전 $trnsfr_{irow}$: 해외에서의 i 로의 이전
설명	소득 = 요소소득 + 비정부 주체 간 이전 + 정부이전+ 해외이전	
GAMS 코드	YIDEF(INSDNG).. YI(INSDNG) =E= SUM(F, YIF(INSDNG, F)) + SUM(INSDNGP, TRII(INSDNG, INSDNGP)) + trnsfr(INSDNG, 'GOV')*CPI + trnsfr(INSDNG, 'ROW')*EXR;	

□ 경제 주체 내 소득이전(transfers to i' institution from i institution)

경제 주체 내 소득이전		비고
방정식 (48)	$TRII_{ii'} = shii_{ii'} \cdot (1 - MPS_{i'}) \cdot (1 - TINS_{i'}) \cdot YI_{i'}$, $i, i' \in INSDNG$	$shii_{ii'}$: i' 순소득에서 i로의 이전이 차지하는 비율 MPS_i: 한계 저축성향(외생) $TINS_i$: 주체 i의 직접세
설명	i'에서 i로의 이전 = 이전의 i' 순소득 중 비율 × i'의 순소득(저축 및 직접세 차감)	
GAMS 코드	TRIIDEF(INSDNG, INSDNGP)$(shii(INSDNG, INSDNGP)).. TRII(INSDNG, INSDNGP) =E= shii(INSDNG, INSDNGP) * (1 - MPS(INSDNGP)) * (1 - TINS(INSDNGP))* YI(INSDNGP);	

□ 가계 소비지출(household consumption expenditures)

가계 소비지출		비고
방정식 (49)	$EH_h = \left(1 - \sum_{i \in SDNG} shii_{ih}\right) \cdot (1 - MPS_h) \cdot (1 - TINS_h) \cdot YI_h$, $h \in H$	EH_h: 가계 h의 소비지출
설명	소비(가처분)소득 = 가계 순소득(저축, 타 주체 이전, 직접소득 제외)	
GAMS 코드	EHDEF(H).. EH(H) =E= (1 - SUM(INSDNG, shii(INSDNG, H))) * (1 - MPS(H)) * (1 - TINS(H)) * YI(H);	

□ 가계 시장재 소비지출(LES cons demand by household h for marketed commodity)

가계 시장재 소비지출		비고
방정식 (50)	$PQ_c \cdot QH_{ch} = PQ_c \cdot \gamma^m_{ch} + \beta^m_{ch} \cdot \left(EH_h - \sum_{c' \in C} PQ_{c'} \cdot \gamma^m_{c'h} - \sum_{a \in A} \sum_{c' \in C} PXAC_{ac'} \cdot \gamma^h_{ac'}\right)$, $c \in C$, $h \in H$	QH_{ch}: 가계 h의 상품 c: 시장재 지출
설명	가계별/상품별 시장재 지출 = f[가계별 총 지출, 상품별 시장가격, 상품별 자가소비 가격]	

가계 시장재 소비지출		비고
GAMS 코드	HMDEM(C,H)$betam(C,H).. PQ(C) * QH(C, H) =E= PQ(C) * gammam(C, H) + betam(C, H) * (EH(H) − SUM(CP, PQ(CP) * gammam(CP, H)));	

□ 투자수요(fixed investment demand)[25]

투자수요		비고
방정식 (51)	$QINV_c = \overline{IADJ} \cdot \overline{qinv_c},\ c \in C$	
설명	상품 c의 고정 투자수요 = 조정항 × 기준연도 고정 투자수요	
GAMS 코드	INVDEM(C)$CINV(C).. QINV(C) =E= IADJ * qbarinv(C);	

□ 정부 소비지출(government consumption demand)

정부 소비지출		비고
방정식 (52)	$QG_c = \overline{GADJ} \cdot \overline{qg_c},\ c \in C$	
설명	상품 c의 정부 소비지출 = 조정항 × 기준연도 정부 소비지출	
GAMS 코드	GOVDEM(C).. QG(C) =E= GADJ * qbarg(C);	

□ 정부수입(total government income)

정부수입		비고
방정식 (53)	$YG = \sum_{i \in SDNG} TINS_i \cdot YI_i + \sum_{f \in F} tf_f \cdot YF_f + \sum_{a \in A} tva_a \cdot PVA_a \cdot QVA_a + \sum_{a \in A} ta_a \cdot PA_a \cdot QA_a + \sum_{c \in CM} tm_c \cdot pwm_c \cdot QM_c \cdot EXR + \sum_{c \in CE} te_c \cdot pwe_c \cdot QE_c \cdot EXR + \sum_{c \in C} tq_c \cdot PQ_c \cdot QQ_c + \sum_{f \in F} YIF_{govf} + trnsfr_{gov\ row} \cdot EXR$	
설명	정부수입 = 경제 주체 직접세 + 요소수입 직접세 + 부가가치 세 + 활동세 + 수입관세 + 수출세 + 판매세 + 정부 요소소득 + 해외이전금	

25) 조정항 $IADJ$은 기본모형에서는 외생적으로 주어지며, 따라서 투자수요 자체가 외생적임. 식 (59)에서 (역시 외생적인) 재고투자도 정의됨. 마감(closure)구조에 따라 $IADJ$는 내생화될 수도 있음.

정부수입	비고
GAMS 코드	YGDEF.. YG =E= SUM(INSDNG, TINS(INSDNG) * YI(INSDNG)) + SUM(f, tf(F) * YF(F)) + SUM(A, tva(A) * PVA(A) * QVA(A)) + SUM(A, ta(A) * PA(A) * QA(A)) + SUM(C, tm(C) * pwm(C) * QM(C)) * EXR + SUM(C, te(C) * pwe(C) * QE(C)) * EXR + SUM(C, tq(C) * PQ(C) * QQ(C)) + SUM(F, YIF('GOV', F)) + trnsfr('GOV', 'ROW') * EXR;

□ 정부지출(total government expenditures)

정부지출		비고
방정식 (54)	$EG = \sum_{c \in C} PQ_c \cdot QG_c + \sum_{i \in INSDNG} trnsfr_{igov} \cdot \overline{CPI}$	
설명	정부지출 = 정부소비 + 국내 비정부 주체로의 이전	
GAMS 코드	EGDEF.. EG =E= SUM(C, PQ(C)*QG(C)) + SUM(INSDNG, trnsfr(INSDNG, 'GOV'))*CPI;	

2.4. 균형조건식 체계

❍ 균형조건식 체계는 각 부문별 공급과 수요량을 일치시켜 모형 내 시장청산을 표현함.

□ 요소시장(factor market equilibrium)

요소시장		비고
방정식 (55)	$\sum_{a \in A} QF_{fa} = \overline{QFS}_f$	$\overline{QFS}_f$: 요소 f 공급(외생)
설명	요소 f의 수요 = 요소 f의 공급	
GAMS 코드	FACEQUIL(F).. SUM(A, QF(F, A)) =E= QFS(F);	

□ 복합재 시장(composite commodity market equilibrium)

복합재 시장	비고
방정식 (56)	$QQ_c = \sum_{a \in A} QINT_{ca} + \sum_{h \in H} QH_{ch} + QG_c + QINV_c + qdst_c + QT_c$, $c \in C$
설명	복합재 공급 = 중간재 사용 + 가계소비 + 정부소비 + 고정투자 + 재고변동 + 거래 투입물사용

$qdst_c$: 재고변동

복합재 시장		비고
GAMS 코드	COMEQUIL(C).. QQ(C) =E= SUM(A, QINT(C, A)) + SUM(H, QH(C, H)) + QG(C) + QINV(C) + qdst(C) + QT(C);	

□ 경상수지(외환기준)(current account balance of RoW)

경상수지(외환기준)		비고
방정식 (57)	$\sum_{c\in CM} pwm_c \cdot QM_c + \sum_{f\in F} trnsfr_{rowf} = \sum_{c\in CE} pwe_c \cdot QE_c + \sum_{i\in\in SD} trnsfr_{irow} + \overline{FSAV}$	$\overline{FSAV}$: (고정) 해외저축
설명	수입지출+해외로의 요소이전 = 수출수입 + 해외에서 각 주체로의 이전 + 해외저축	
GAMS 코드	CURACCBAL.. SUM(C, pwm(C) * QM(C)) + SUM(F, trnsfr('ROW', F)) =E= SUM(C, pwe(C) * QE(C)) + SUM(INSD, trnsfr(INSD, 'ROW')) + FSAV ;	

□ 정부수지(government balance)

정부수지		비고
방정식 (58)	$YG = EG + GSAV$	$GSAV$: 정부저축
설명	정부수입 = 정부지출 + 정부저축	
GAMS 코드	GOVBAL.. YG =E= EG + GSAV;	

□ 주체별 직접세율(direct tax rate for institution)[26]

주체별 직접세율		비고
방정식 (59)	$TINS_i = \overline{tins}_i \cdot (1 + \overline{TINSADJ} \cdot tins01_i) + \overline{DTINS} \cdot tins01_i$, $i \in INSDNG$	$\overline{tins}_i$: 외생 기초세율 $\overline{TINSADJ}$: 기초세율 조정항 (=0 기초연도) $tins01_i$: 세율이 변할 수 있는 주체는 1, 아니면 0 $\overline{DTINS}$; 조정항
설명	주체 i 직접세율 = (조정된) 기초세율 + 세율변화 효과	

26) 기본모형에서는 $\overline{TINSADJ}$와 $\overline{DTINS}$ 모두 외생이며, 정부저축이 균형을 찾는 역할을 함. 다른 closure로서 정부저축을 고정시키면 $\overline{TINSADJ}$와 $\overline{DTINS}$ 둘 중 하나가 내생변수가 되어야 함. 양자 간의 차이는 세율 변화가 기존 세율 $\overline{tins}_i$에 연계되느냐 아니냐에 달려있음.

주체별 직접세율		비고
GAMS 코드	TINSDEF(INSDNG).. TINS(INSDNG) =E= tinsbar(INSDNG) * (1 + TINSADJ * tins01(INSDNG)) + DTINS * tins01(INSDNG);	

□ 주체별 저축률(marginal propensity to save for institution)[27]

주체별 저축률		비고
방정식 (60)	$MPS_i = \overline{mps}_i \cdot (1 + \overline{MPSADJ} \cdot mps01_i) + DMPS \cdot mps01_i$, $i \in INSDNG$	$\overline{mps}_i$: 외생 기초저축률 $\overline{MPSADJ}$: 기초저축률 조정항 (=0 기초연도) $mps01_i$: 저축률이 변할 수 있는 주체는 1, 아니면 0 $DMPS$: 조정항
설명	주체 i 저축률 = (조정된) 기초저축률 + 저축률 변화 효과	
GAMS 코드	MPSDEF(INSDNG).. MPS(INSDNG) =E= mpsbar(INSDNG)*(1 + MPSADJ*mps01(INSDNG)) + DMPS*mps01(INSDNG);	

□ 저축-투자수지(savings-investment balance)[28]

저축-투자수지		비고
방정식 (61)	$\sum_{i \in SDNG} MPS_i \cdot (1 - TINS_i) \cdot YI_i + GSAV + EXR \cdot \overline{FSAV} = \sum_{c \in C} PQ_c \cdot QINV_c + \sum_{c \in C} PQ_c \cdot qdst_c$	Walas법칙 적용을 위해 내생변수 WALRAS를 이 균형식에 부여함
설명	민간저축 + 정부저축 + 해외저축 = 고정투자 + 재고변동	
GAMS 코드	SAVINVBAL.. SUM(INSDNG, MPS(INSDNG) * (1 - TINS(INSDNG)) * YI(INSDNG)) + GSAV + FSAV * EXR =E= SUM(C, PQ(C) * QINV(C)) + SUM(C, PQ(C) * qdst(C)) + WALRAS;	

27) 기본모형에서는 $DMPS$가 내생이고 $\overline{MPSADJ}$가 외생이지만 그 역할은 바뀔 수 있음.

28) 기본모형은 투자주도(investment-driven) 마감이라서 $DMPS$가 내생적으로 결정되어 이 균형식을 달성함(다른 모든 파라미터들은 고정된다). 마감 2에서는 $DMPS$가 고정되고 대신 $MPSADJ$가 내생으로 균형을 달성하는 역할을 함. 마감 3은 저축주도(saving-driven) 마감이며, $IADJ$가 내생이고 $DMPS$와 $MPSADJ$ 둘 다 고정됨. 이 균형식에 Walras 조건이 적용됨.

□ 총수요(total absorption)

총수요		비고
방정식 (62)	$TABS = \sum_{h \in H} \sum_{c \in C} PQ_c \cdot QH_{ch} + \sum_{c \in C} PQ_c \cdot QG_c + \sum_{c \in c} PQ_c \cdot QINV_c + \sum_{c \in C} PQ_c \cdot qdst_c$	
설명	총수요 = 가계 시장재소비 + 가계 자가소비 + 정부소비 + 고정투자 + 재고변동	
GAMS 코드	TABSEQ.. TABS =E= SUM((C, H), PQ(C) * QH(C,H)) + SUM(C, PQ(C) * QG(C)) + SUM(C, PQ(C) * QINV(C)) + SUM(C, PQ(C) * qdst(C));	

□ 총수요대비 투자(investment share in absorption)

총수요대비 투자		비고
방정식 (63)	$INVSHR \cdot TABS = \sum_{c \in C} PQ_c \cdot QINV_c + \sum_{c \in C} PQ_c \cdot qdst_c$	*INVSHR*: 명목 총수요에서의 투자비율 (내생변수)
설명	투자비율 × 총수요 = 고정투자 + 재고변동	
GAMS 코드	INVABEQ.. INVSHR * TABS =E= SUM(C, PQ(C) * QINV(C)) + SUM(C, PQ(C) * qdst(C));	

□ 총수요대비 정부소비(government consumption share in absorption)

총수요대비 정부소비		비고
방정식 (64)	$GOVSHR \cdot TABS = \sum_{c \in C} PQ_c \cdot QG_c$	*GOVSHR*: 명목 총수요에서의 정부소비비율 (내생변수)
설명	정부소비비율 × 총수요 = 정부소비	
GAMS 코드	GDABEQ.. GOVSHR * TABS =E= SUM(C, PQ(C) * QG(C));	

□ 최적화를 위한 목적 함수(Objective function)

최적화를 위한 목적 함수		비고
방정식 (65)	$WALRAS^2 = WALRAS \cdot WALRAS$	
설명	왈라스항2 = 왈라스항 × 왈라스항	
GAMS 코드	OBJEQ.. WALRASSQR =E= WALRAS * WALRAS;	

3. 주요 방정식의 이론적 근거와 파라미터 식별

3.1. CES(혹은 CET) 함수를 반영하는 최적화와 파라미터 식별

❍ CGE 모형에서 사용되는 CES 함수와 CET 함수를 이용하는 최적화 과정은 다음과 같음. 실제 모형에서는 CES 함수가 계층적으로 사용되기도 하며 여기에서 설명되는 내용보다 실제 형태는 좀 더 복합하지만, 그 경우에도 여기에서 설명하는 원리를 그대로 확장하여 적용할 수 있음.

❍ 어떤 생산활동 a의 부가가치재 생산함수는 다음과 같이 설정할 수 있음.

$$QVA_a = \alpha_a^{va}\left(\sum_{f\in F}\delta_{fa}^{va}\cdot QF_{fa}^{-\rho_a^{va}}\right)^{-1/\rho_a^{va}},\ \sum_{f\in F}\delta_{fa}^{va}=1,\ a\in A$$

❍ 부가가치재 생산의 이윤을 극대화하기 위해 다음과 같은 본원적 생산요소별 수요함수를 도출할 수 있음. 단 조세와 가격 왜곡 효과는 최적화 조건식에 반영할 수 있으나 여기에서는 생략함.

$$\max_{QF_{fa}} PVA_a\cdot QVA_a - \sum_{f\in F} WF_f\cdot QF_{fa} \Rightarrow$$

$$WF_f = PVA_a\cdot QVA_a\cdot\left(\sum_{f\in F}\delta_{fa}^{va}\cdot QF_{fa}^{-\rho_a^{va}}\right)^{-1}\cdot\delta_{fa}^{va}\cdot QF_{fa}^{-\rho_a^{va}-1},\ a\in A\ \ f\in F$$

❍ 이상의 최적화 조건이 모형의 방정식 (21)~(23) 등에 반영되어 있음. 위의 최적화 조건식을 적용함에 있어 배분 파라미터 δ_{fa}^{va}와 효율성 파라미터 α_a^{va}를 자료를 이용해 식별(Calibration)하여야 함. 먼저 $\frac{WF_f}{WF_1}=\frac{\delta_{fa}^{va}}{\delta_{1a}^{va}}\frac{QF_{fa}^{-\rho_a^{va}-1}}{QF_{1a}^{-\rho_a^{va}-1}}$이므로

$\frac{\delta_{fa}^{va}}{\delta_{1a}^{va}} = \frac{WF_f}{WF_1} \frac{QF_{fa}^{\rho_a^{va}+1}}{QF_{1a}^{\rho_a^{va}+1}}$이고 이를 모든 f에 대해 합하면 다음이 도출됨.

$$\frac{1}{\delta_{1a}^{va}} \sum_{f \in F} \delta_{fa}^{va} = \frac{1}{\delta_{1a}^{va}} = \frac{\sum_{f \in F} WF_f \cdot QF_{fa}^{\rho_a^{va}+1}}{WF_1 \cdot QF_{1a}^{\rho_a^{va}+1}} \quad (\because \sum_{f \in F} \delta_{fa}^{va} = 1)$$

❍ 따라서 δ_{fa}^{va}와 α_a^{va}를 기준점에서의 자료를 이용해 다음처럼 식별함.

$$\delta_{fa}^{va} = \frac{WF0_f \cdot QF0_{fa}^{\rho_a^{va}+1}}{\sum_{f' \in F} WF0_{f'} \cdot QF0_{f'a}^{\rho_a^{va}+1}}$$

$$\alpha_a^{va} = \frac{QVA0_a}{\left(\sum_{f \in F} \delta_{fa}^{va} \cdot QF0_{fa}^{-\rho_a^{va}} \right)^{-1/\rho_a^{va}}}$$

❍ 이상의 최적화 조건과 파라미터 식별방법은 일종의 CES 함수인 Armington 함수에 대해서도 동일하게 적용될 수 있음.

❍ CET 함수의 경우 예를 들어 국내에서 생산된 상품을 국내시장 공급과 해외 수출로 배분하되 그 함수적 관계는 다음과 같음.

$$QX_c = \alpha_c^t \cdot \left(\delta_c^t \cdot QE_c^{\rho_c^t} + (1 - \delta_c^t) \cdot QD_c^{\rho_c^t} \right)^{1/\rho_c^t}, \; c \in (CE \cap CD)$$

❍ CET 함수의 기술적 제약 하에 국내 판매수입과 해외 판매수입의 합을 극대화하는 균형값을 찾음.

$$\max PE_c \cdot QE_c + PDS_c \cdot QD_c$$

$$\text{s.t.,}\ QX_c = \alpha_c^t \cdot \left(\delta_c^t \cdot QE_c^{\rho_c^t} + (1-\delta_c^t) \cdot QD_c^{\rho_c^t}\right)^{1/\rho_c^t}$$

❍ 그 최적화 조건은 다음과 같음.

$$\frac{QE_c}{QD_c} = \left(\frac{PE_c}{PDS_c} \cdot \frac{1-\delta_c^t}{\delta_c^t}\right)^{1/(\rho_c^t - 1)}$$

❍ 파라미터 δ_c^t와 α_c^t는 CES 함수를 식별할 때와 같은 방법을 사용해 식별할 수 있으며, 그 절차는 GAMS code에 반영되어 있음.

3.2. 로짓 모형을 이용한 토지의 생산활동별 배분

❍ KREI-1 CGE 모형은 농업의 생산 특성을 최대한 반영하기 위해 토지의 이용을 도입하며, 또한 토지는 생산활동별로 불완전 대체되고, 따라서 생산활동별 토지가격이 완전하게 일치하지 않도록 설정함. 이를 위해 용도별 토지의 잠재가격 차이에 의해 토지의 부문별 할당이 이루어지도록 하며, 로짓(Logit) 함수 형태의 토지배분이 이루어지도록 함.

❍ 먼저 앞에서 도입했던 부가가치함수에서, 토지의 역할을 다른 본원적 생산요소의 역할과 차별화하여 다음과 같은 함수로 수정함.

$$QVA_a = \alpha_a^{va}\left(\sum_{f \in F} \delta_{fa}^{va} \cdot QF_{fa}^{-\rho_a^{va}} + \delta_{Aa}^{va} \cdot QF_{Aa}^{-\rho_a^{va}}\right)^{-1/\rho_a^{va}}$$

QF_{Aa} = 농업 생산활동 a에 배당된 토지량

❍ 위의 부가가치 함수에서 QF_{fa}에는 토지 외의 본원적 생산요소(=자본, 노동 등)만 포함됨.

❍ 통상적으로는 이미 앞에서 보았던 바와 같이 위의 CES 형태의 부가가치함수에 최적화 조건을 반영해 토지, 노동, 자본 등 각 본원적 생산요소의 부문별 사용량을 도출함. 이 방법을 적용하면 토지가 16개 부문에만 한정되어 사용되게 한다는 점에서 토지를 포함하지 않는 [노동-자본] 모형과는 차이점을 가지게 됨. 하지만 이는 16개 토지이용 부문 내에서는 모든 자원의 원활한 이동(Mobile)을 허용하는 일종의 장기 충격 분석모형이기 때문에 비교적 단기적인 충격의 경제적 효과를 분석하는 데 부적절할 수 있음.

❍ 비교적 단기적 반응을 도출하기 위해서는 토지 등 일부 생산요소가 현재의 생산활동에 고정되고 이동하지 않도록 closure를 변형할 수도 있고, 이는 IFPRI CGE 모형이 사용하는 방법임. 이 경우 일종의 불균형(Disequilibrium) 모형이 만들어지며, 불균형조정계수를 반영하여 이동이 제한되는 생산요소의 가격은 부문별로 실질적으로 서로 다르게 도출함.

❍ CES 부가가치함수로부터 직접 각 부가가치 생산요소의 사용량을 도출하는 분석법은 이처럼 생산요소의 부문 간 이동을 완전히 허용하거나, (일부 생산요소에 대해) 아예 허용하지 않는 두 가지 경우만을 비교·분석할 수 있음. 반면 특히 토지에 대해서는 16개 부문 간에 제한된 대체 혹은 각 부문의 토지 간의 불완전 대체만을 허용하도록 모형을 보다 일반화할 수 있으며, 이 경우 각 생산 부문 내의 토지가격은 이미 앞에서 밝힌 바와 같이 모두 다르게 형성됨(예: 논농사 토지가격, 채소밭 토지가격, 축사 및 방목장 토지가격 등).

❍ 이를 위해 KREI-1 CGE 모형은 토지의 부문 간 대 탄력성을 달리함으로써 비교적 원활한 대체와 경직적인 대체 모두를 분석에 반영할 수 있도록 모형을

개선함. 방법론 측면에서 볼 때 CGE 모형의 부문별 토지이용의 이질성(heterogeneity)을 반영하는 제안들이 최근 제시되고 있으나(Taheripour et al., 2020), 크게 CET 토지 통합함수를 활용하고 토지의 공급가치 극대화를 추진하는 방법과 Logit 배분방법을 많이 사용함. KREI-1 CGE 모형은 이중 비교적 적용과정이 간편하고 안정적인 Logit 배분법을 적용함.

❍ Logit 형 할당방식의 이론적 근거를 찾기 위해 토지면적 비율과 단위당 가치와의 관계를 확인할 필요가 있음. 전체 J부문에 분할되어 사용되는 토지의 할당비율을 $s = \{s_1,...,s_J\}$와 같이 정의함. 또한 각 부문 토지의 단위면적당 수익은 $\pi = \{\pi_1,...,\pi_J\}$와 같이 정의됨.

❍ 이때 토지수익 자료로는 농업 품목별 토지의 한계생산가치를 대신 사용할 수 있으며, 이는 다음 부가가치 생산함수에서 도출함.

$$QVA_j = \alpha_j^{va}\left(\sum_{f\in F}\delta_{fj}^{va}\cdot QF_{fj}^{-\rho_j^{va}} + \delta_{Aj}^{vj}\cdot QF_{Aj}^{-\rho_j^{vj}}\right)^{-1/\rho_j^{vj}}$$

$$\pi_j = WFLAND_j = PVA_j\cdot\frac{\partial QVA_j}{\partial QF_{Aj}}$$

❍ 위 관계식은 CES 함수로부터 토지 수요를 바로 도출하는 방법과는 달리 토지를 부문별로 할당하기보다는 그 면적당 가치를 도출하기 위해 적용함. 품목별 토지 이용 비율식은 KREI-1 CGE 모형에서 토지이용을 2단계 이상의 계층(nested) 구조로 설정하기 때문에 토지의 용도를 다시 $B_1,...,B_K$개의 그룹으로 분할할 수 있음(예: B_1 ={쌀}, B_2= {보리, 밀}, B_3= {무, 배추, …}, B_4 = {사과, 배, 복숭아, …. }).

❍ 이어서 토지수익 $\pi = \{\pi_1, ..., \pi_J\}$가 정확히 관측되지 않는 확률변수의 영향을 받아 다음과 같이 정해진다고 가정함.

$$\ln \pi_j = v_j + \epsilon_j$$

❍ 여기에 확률변수 $\epsilon = \{\epsilon_1, ..., \epsilon_J\}$를 도입하며, 확률변수는 다음의 일반화된 극한치(Generalized Extreme Value: GEV) 분포를 따른다고 가정함.

$$F(\epsilon_1, ..., \epsilon_J) = \exp\left(- \sum_{k=1}^{K} \left(\sum_{j \in B_k} e^{-\epsilon_j / \lambda_k} \right)^{\lambda_k} \right)$$

여기서, $1 - \lambda_k$ = 그룹(=nest) k 내의 수익 π들 간에 존재하는 상관계수

❍ 만약 위의 분포함수에서 $\lambda_k = 1 \, \forall \, k$를 가정하면, 품목을 그룹으로 분류하지 않고 모두 병렬처리하게 되며, 그렇지 않으면 2단계의 계층적인 토지배분을 허용하게 됨.

❍ 단위당 토지수익이 가장 높은 품목에 토지를 모두 배정한다고 가정하면, 위와 같은 확률변수 가정하에서는 각 품목의 토지수익이 가장 높을 확률을 구해야 하고, 실제로는 이 확률과 일치하도록 각 품목에 전체 이용가능한 토지를 배정함. 위의 확률분포 가정하에서, B_k그룹 내 j용도에서의 토지수익 π_j가 가장 높을 확률은 다음과 같음(Amemiya, 1985; Train, 2009).

$$P(j,k) = \frac{e^{v_{jk}/\lambda_k} \left(\sum_{i=1} e^{v_{ik}/\lambda_k} \right)^{\lambda_{k-1}}}{\sum_{l=1}^{K} \left(\sum_{i \in B_k} e^{v_{il}/\lambda_l} \right)^{\lambda_l}}$$

❍ 혹은 $\ln\pi_j = w_k + z_j + \epsilon_j$처럼 수익이 그룹별 영향 w_k와 세부 품목별 영향 z_j로 분리될 수 있다고 가정할 경우 위의 확률은 다음처럼 바뀜.

$$P(j,k) = P_{j|B_k} \cdot P_{B_k}$$
$$= \frac{e^{z_j/\lambda_k}}{\sum_{i \in B_k} e^{z_i/\lambda_k}} \cdot \frac{e^{w_k + \lambda_k I_k}}{\sum_{l=1}^{K} e^{w_l + \lambda_l I_l}},\ I_k = \ln\left(\sum_{i \in B_k} e^{z_i/\lambda_k}\right)$$

❍ 위의 토지면적 배정확률 내의 파라미터를 식별함에 있어 먼저 특정 그룹 B_k에 속하는 생산활동 간에 배정하는 경우를 검토하면, B_k에 할당된 토지면적 비율 합이 s_k이고 그룹 내 품목 j에 배정된 비율이 s_j라면, 이 경우 $s_{jk} = \frac{s_j}{s_k}$는 j가 그룹 B_k에서 차지하는 비율이 됨.

❍ 그룹 내의 w_k값은 모두 동일하므로 $\ln\pi_{jk} = z_j$라 가정할 수 있음. 따라서 파라미터 δ_{jk}와 τ_k를 계량경제학적 근거나 경험적으로 가정하여 배정한 후, $P_{j|B_k} = \frac{e^{z_j/\lambda_k}}{\sum_{i \in B_k} e^{z_i/\lambda_k}}$를 반영해 다음처럼 s_{jk}를 캘리브레이션 할 수 있음.

$$s_{jk} = \frac{\delta_{jk}\pi_{jk}^{\tau_k}}{\sum_{i \in B_k} \delta_{ik}\pi_{ik}^{\tau_k}},\ \tau_k = 1/\lambda_k$$

❍ 특히 기준점에서의 토지가치가 모두 1일 경우 $\delta_{jk} = s0_{jk}$로 단순화 되기 때문에 δ_{jk} 역시 특별한 계량모형 추정없이도 식별할 수 있음. 다만 τ_k는 일종의 탄력성의 개념을 지니며, 외부에서 공급할 필요가 있음.

❍ 이어서 토지이용 생산활동 그룹 $B_1,...,B_K$ 간에 토지를 배분할 때의 캘리브레이션 문제를 검토하면, B_k에 할당된 토지의 평균 수익을 다음과 같이 계산함.

$$\overline{\pi}_k \cdot \sum_j s_j = WF(LAND) \cdot \sum_j s_j = \sum_j \pi_j \cdot s_j$$

❍ 파라미터 δ_k와 τ를 배정한 후, $P_{B_k} = \frac{e^{w_k + \lambda_k I_k}}{\sum_{l=1}^{K} e^{w_l + \lambda_l I_l}}$를 반영해 그룹 B_k의 비율은 다음처럼 캘리브레이션 함.

$$s_k = \frac{\delta_k \overline{\pi}_k^{\tau}}{\sum_{l=1}^{K} \delta_k \overline{\pi}_k^{\tau}}$$

❍ 이 경우에도 기준점의 자료를 이용해 $\delta_k = s0_k$와 같이 둘 수 있으며, τ는 그룹 내 배정문제에서처럼 일종의 탄력성 개념을 가지며, 외부에서 공급해야함.

❍ 만약 전체 16개 토지이용 활동을 모두 병렬하고, 따라서 각 B_k가 1개의 활동으로만 구성된, 계층화되지 않은 배분방식을 사용한다면, 모형의 식별은 다음과 같음.

$$s_j = \frac{\delta_j \pi_j^{\tau}}{\sum_{i=1}^{J} \delta_i \pi_i^{\tau}}$$

여기서, $\pi_j = 1$가 모든 j에 대해 BAU에서 1일 경우 $\delta_j = s0_j$

❍ 한편, 토지를 Logit 방식으로 배정할 때에는 노동, 자본 등 여타 부가가치를 배정하는 문제와 이때의 파라미터 캘리브레이션 방법도 결정해야 함. 토지를

별도의 방식으로 배정한다고 전제할 때의 부가가치 이윤극대화 문제는 다음과 같음(조세와 가격 왜곡 효과 반영 생략).

$$\max_{QF_{fa}} PVA_a \cdot QVA_a - \sum_{f \neq LAND} WF_f \cdot QF_{fa} - \pi_a \cdot QF_{Aa} \Rightarrow$$

$$WF_f = PVA_a \cdot QVA_a \cdot \left(\sum_{f \neq LAND} \delta_{fa}^{va} \cdot QF_{fa}^{-\rho_a^{va}} + \delta_{Aa}^{va} \cdot QF_{Aa}^{-\rho_a^{va}} \right)^{-1} \cdot \delta_{fa}^{va} \cdot QF_{fa}^{-\rho_a^{va}-1},$$

$a \in A$

○ 토지 외 생산요소에 부가되는 파라미터 δ_{fa}^{va}를 식별하기 위해, $\frac{WF_f}{WF_1} = \frac{\delta_{fa}^{va}}{\delta_{1a}^{va}} \frac{QF_{fa}^{-\rho_a^{va}-1}}{QF_{1a}^{-\rho_a^{va}-1}}$이므로 $\frac{\delta_{fa}^{va}}{\delta_{1a}^{va}} = \frac{WF_f}{WF_1} \cdot \frac{QF_{fa}^{\rho_a^{va}+1}}{QF_{1a}^{\rho_a^{va}+1}}$이고 이를 토지를 모함하는 모든 f에 대해 합하면 다음이 도출됨.

$$\frac{1}{\delta_{1a}^{va}} \left(\sum_{f \in F} \delta_{fa}^{va} + \delta_{Aa}^{va} \right) = \frac{1}{\delta_{1a}^{va}} = \frac{\sum_{f \in F} WF_f \cdot QF_{fa}^{\rho_a^{va}+1} + \pi_a \cdot QF_{Aa}^{\rho_a^{va}+1}}{WF_1 \cdot QF_{1a}^{\rho_a^{va}+1}}$$

○ 따라서 다음처럼 파라미터들을 식별함.

$$\delta_{fa}^{va} = \frac{WF0_f \cdot QF0_{fa}^{\rho_a^{va}+1}}{\sum_{f' \in F} WF0_{f'} \cdot QF0_{f'a}^{\rho_a^{va}+1} + \pi 0_a \cdot QF0_{Aa}^{\rho_a^{va}+1}}$$

$$\delta_{fA}^{va} = \frac{\pi 0_a \cdot QF0_{Aa}^{\rho_a^{va}+1}}{\sum_{f' \in F} WF0_{f'} \cdot QF0_{f'a}^{\rho_a^{va}+1} + \pi 0_a \cdot QF0_{Aa}^{\rho_a^{va}+1}}$$

$$\alpha_a^{va} = \frac{QVA0_a}{\left(\sum_{f \in F} \delta_{fa}^{va} \cdot QF0_{fa}^{-\rho_a^{va}} + \delta_{Aa}^{va} \cdot QF0_{Aa}^{-\rho_a^{va}} \right)^{-1/\rho_a^{va}}}$$

3.3. LES 수요체계와 파라미터 캘리브레이션

❍ 가계의 소비행위는 Stone-Geary 효용함수에 기초를 두고 있으며, 따라서 LES 수요체계를 형성함. 아울러 효용함수 형태는 원칙적으로는 가계 유형 h 별로 다른 형태 지닐 수 있음. 다음이 특정 가구 유형의 Stone-Geary 효용함수임.

$$U = \prod_{c \in C} (QH_c - \gamma_c)^{\beta_c}, \ \sum_{c \in C} \beta_c = 1$$

❍ EH를 이 가구의 (가처분) 소득이라 하면, 예산제약하 효용극대화 행위로부터 다음의 최적 수요체계를 도출함. LES 수요체계는 지출방정식을 소득과 가격의 선형관계로 표현함.

$$PQ_c \cdot QH_c = PQ_c \cdot \gamma_c + \beta_c \left(EH - \sum_{c' \in C} PQ_{c'} \cdot \gamma_{c'} \right)$$

❍ 이 수요체계에서의 상품 c 수요의 소득탄력성은 다음과 같음.

$$\eta_c = \frac{\partial QH_c}{\partial EH} \frac{EH}{QH_c} = \frac{\beta_c \cdot PQ_c^{-1} \cdot EH}{QH_c} = \beta_c \cdot sh_c^{-1}$$

$sh_c = (PQ_c \cdot QH_c)/EH$: 지출액 비율

❍ LES에서 식별해야 할 것은 소위 기초소비량인 γ_c와 탄력성 계수라 할 수 있는 β_c임. 이들 파라미터 식별은 ① 먼저 β_c의 경우 소득탄력성 η_c를 이용해 β_c를 식별하며, ② Frisch 파라미터 값을 외부에서 공급한 후 이를 이용해 γ_c를 식별하는 방법을 흔히 사용함. 다만 첫 번째 β_c의 식별에서는 소득탄력성 η_c대

신 상품 c 수요의 자기가격 탄력성을 사용하는 방법도 있음. 먼저 β_c 식별을 위해 다음 관계를 활용할 수 있음.

$$\beta_c = \eta_c \cdot \overline{sh}_c,\ \overline{sh}_c = (PQ0_c \cdot QH0_c)/EH0$$

❍ 소득탄력성 η_c의 외부 추정치를 적용하면 식별된 β_c의 합이 1이 아닐 수 있기 때문에 이 경우 그 합이 1이 되게 다음처럼 재조정함.

$$\beta_c^* = \beta_c / \sum_{c' \in C} \beta_{c'}$$

❍ 혹은 η_c를 BAU 지출비율 $\overline{sh}_c$에서 Engel aggregate condition을 성립하도록 사전 재조정해 줄 수도 있음. 이어서 γ_c의 식별인데, 이를 위해 도입하는 Frisch 파라미터는 소득한계효용의 소득탄력성(the elasticity of the marginal utility of income with respect to income)이고, 그 값은 외부 추정치를 사용하거나 가정하기도 함. 다음의 효용극대화문제를 보면,

$$L = \prod_{c \in C} (QH_c - \gamma_c)^{\beta_c} + \lambda \left[EH - \sum_{c \in C} PQ_c \cdot QH_c \right]$$

❍ 이 최적화문제의 라그랑지안 승수 λ는 소득의 한계효용이며, 최적화 조건은 다음과 같음.

$$\beta_c \cdot (QH_c - \gamma_c)^{-1} \cdot U = \lambda \cdot PQ_c$$

❍ 이 관계를 수요체계 $PQ_c \cdot QH_c = PQ_c \cdot \gamma_c + \beta_c \left(EH - \sum_{c' \in C} PQ_c \cdot \gamma_c \right)$ 대입하면 다음의 소득의 한계효용을 도출함.

$$\lambda = U \cdot \left(EH - \sum_{c' \in C} PQ_c \cdot \gamma_c \right)^{-1}$$

❍ 아울러 Frisch 파라미터 ϕ는 소득한계효용의 소득탄력성이므로 다음처럼 정의함.

$$\phi = \frac{d\lambda}{dEH} \frac{EH}{\lambda} = - \frac{EH}{EH - \sum_{c \in C} PQ_c \cdot \gamma_c}$$

❍ 따라서 $\phi^{-1} \cdot EH = -(EH - \sum_{c \in C} PQ_c \cdot \gamma_c)$이며, 여기에 수요체계를 대입하면 다음의 γ_c 식별식이 도출됨.

$$\gamma_c = QH0_c + \beta_c \cdot PQ0_c^{-1} \cdot EH0 \cdot \phi^{-1}$$

❍ 통상적으로 Frisch 파라미터는 음(-)의 값을 가지는데, 많은 모형에서 예를 들면 -2와 같은 수치를 적용함.

4. 모형 적용 탄력성

❍ KREI-1 CGE 모형에서는 여러 탄력성의 값이 계수로 사용됨. 이들 탄력성으로 적용되는 값들은 분석결과에 상당한 영향을 미칠 수 있음. 예를 들면 국내 복합재 생산 QQ_c를 위해서는 국내에서 생산된 QD_c와 수입된 QM_c가 Armington 결합을 하는데, 로그 변환된 형태로 표현하면 다음 관계를 충족해야 함(방정식 (45)).

$$\frac{QM_c}{QD_c}=\left(\frac{PDD_c}{PM_c}\cdot\frac{\delta_c^q}{1-\delta_c^q}\right)^{1/(1+\rho_c^q)}$$

$$\ln QM_c-\ln QD_c$$

$$=\frac{1}{1+\rho_c^q}(\ln PDD_c-\ln PM_c)+\frac{1}{1+\rho_c^q}\left(\ln\delta_{cq}-\ln(1-\delta_c^q)\right)$$

❍ 위의 관계식에서 $\rho_c^q=\frac{\sigma_c^q-1}{\sigma_c^q}$와 같이 재정의하면, σ_c^q가 Armington 함수에서의 대체탄력성임. 위의 관계식에서 수입량 QM_c를 결정함에 있어 탄력성 σ_c^q가 중요한 역할을 한다는 것을 확인할 수 있음.

❍ 제5장에 소개할 KREI-1 CGE 모형 모의 시나리오 분석에서는 다음과 같은 여러 탄력성 파라미터 값을 가정하여 사용함.

〈표 3-6〉 KREI-1 CGE 모형의 탄력성 파라미터

탄력성 파라미터	용도	GAMS notation	값
σ_a^a	생산활동 CES 함수의 총부가가치와 총중간 투입재 간 대체탄력성	SIGMA2	0.6
σ_a^{va}	부가가치 CES 생산함수의 본원적 생산요소 간 대체탄력성	SIGMA	1.2
σ_a^L	총노동 CES 생산함수의 고용 노동과 자가 노동 간 대체탄력성	SIGMALAB	2.0
τ	생산활동 그룹별 토지 배분 (Logit 배분법)에 사용되는 탄력성	TAU	2.0
τ^{LAND_G}	생산활동 그룹 내에서 생산활동별 토지 배분에 사용되는 탄력성	TAU_PADDY, TAU_FIELD, TAU_LIVESTOCK	1, 1.2, 1.2
σ^S	총토지 공급 방정식의 탄력성	SIGMA_S	1.3
σ_c^{ac}	생산활동별 산출물 통합 CES 함수의 생산활동별 산출물 간 대체탄력성	ELASAC	4
σ_c^t	상품의 국내시장과 해외시장 배분을 위한 CET 함수의 대체탄력성	SIMGAT	상품 1~41=1.25 상품 42~58=2 상품 59~72=0.5

(계속)

탄력성 파라미터	용도	GAMS notation	값
σ_c^q	국내 시장 공급 국내재와 수입재의 통합을 위한 Armington 함수의 대체탄력성	SIMGAQ	상품 1~16=3
			상품 17~41=0.75
			상품 42~52=1.5
			상품 53~58=1.25
			상품 59~72=1.5
ϕ	LES 수요체계의 Frisch 파라미터	FRISCH	-2.0
η_c	가계수요의 소득탄력성 (혹은 자기가격 탄력성)	LESELSA1	상품 1~4=0.8
			상품 5~6=1.1
			상품 7~11=0.8
			상품 12~15=1.1
			상품 16=0.8
			상품 17~41=0.7
			상품 42~52=1.2
			상품 53~58=0.7
			상품 59~72=0.9

자료: 저자 작성.

❍ CGE 모형에서 사용하는 탄력성 파라미터 값으로는 적합하게 추정된 신뢰할 수 있는 것을 사용하는 것이 바람직할 것이며, 이에 관해서는 Clements et al.(2020), Hilberry & Hummels(2013) 등 다수의 연구들이 그동안 추정된 탄력성들을 수집·정리한 바 있음.

❍ 하지만 기 수행된 연구들이 도출한 탄력성 추정치들은 모형 구조나 적용 대상(예: 국가, 시점 등) 등에서 대부분 구축된 CGE 모형과는 일관성을 갖지 않는 것들이라는 문제가 있음. 다른 국가나 경제를 대상으로 하여 추정된 탄력성을 분석 대상 국가나 경제에 적용하는 것은 많은 문제를 야기할 수 있음. 또한 생산함수나 여타 행동양식의 설정이 다른 경우(예: CES 함수에서 부가가치 투입물의 nesting 구조 등)에도 기추정된 탄력성 추정치를 그대로 적용함에 따른 문제도 발생함.

❍ 기존 연구들의 추정치를 적용하는 것에 따른 이러한 문제들을 감안하여 많은 CGE 모형 분석들은 관례적으로 사용하는 여러 탄력성 추정치를 특별한 계량경제학적 근거가 없이도 사용하고 있기도 함. 그뿐만 아니라 분석결과에 민감한 영향을 미칠 수도 있는 탄력성 값들을 다양하게 적용하는 것 자체가 CGE 모형을 이용한 정책효과 시뮬레이션 작업의 일부분으로 인식되기도 하며, 정책효과 분석의 민감도 분석을 위해서도 다양한 값의 탄력성이 적용되고 있음.

❍ 본 연구에서는 〈표 3-6〉의 각종 탄력성 추정치를 계량경제학적 근거를 가지고 획득하는 문제는 명시적으로 검토하지 않았으며, 한국 경제, 특히 농업의 상황을 반영하여 신뢰할 수 있으면서도 'KREI-1 CGE 모형'의 구조와 일치성을 가지는 탄력성 추정치를 얻는 연구는 향후 추진될 필요가 있음.[29]

5. 모형의 마감과 기준가격(Numeraire)

❍ 앞서 제시하였듯이 정부예산 균형, 경상수지 균형, 저축-투자 균형 등의 균형식을 충족시키기 위해서는 일부 변수는 고정시키고 나머지 변수 중 일부는 균형을 맞추는 잔차(Residual)의 역할을 하게 됨.

- 이때 어떤 변수를 고정시키고 어떤 변수가 잔차가 되게 하는지에 대해서는 몇 가지의 선택이 있음. 또한 모형 전체의 기준가격(Numeraire)도 소비자가격지수나 생산자가격지수 중 하나를 선택할 수 있음.

29) 한국의 다양한 산업분야의 생산기술 대체탄력성을 추정한 연구로 권오상 외(2018)가 있음. 이 연구는 CGE 모형에 그 결과를 적용하는 것을 염두에 두고 생산요소 간 계층 결합 형태를 다양하게 시도하면서 대체탄력성을 추정함. 그러나 한국 경제 전체를 대상으로 하기 때문에 농업부문은 하나로 통합되어 있음.

❍ 이러한 선택과 관련해서는, 균형식 내 GAMS 변수의 성격을 값이 고정된 것으로 할 것인지 변동되도록 할 것인지를 정해야 하며, 시나리오에 따라 변수의 성격을 변경할 수 있음. GAMS에서는 X.FX처럼 변수명 X 뒤에 '.FX'를 부여하면 변수값을 고정시키기 됨.

- 제5장의 모의 시나리오에서는 본원적 생산요소 시장의 고용 노동 공급(QFS('LAB_H')), 자가 노동 공급(QFS('LAB_F')), 자본(QFS('cap'))을 고정시켰으며, 토지 공급(QFS('LAND'))은 고정하지 않음.
- 경상수지 균형에서는 해외저축(FSAV)은 고정하고, 환율(EXR)은 고정하지 않음.
- 수입가격(PWM)과 수출가격(PWE)은 고정시킴.
- 정부예산균형에서 직접세율 기울기 조정항(TINSADJ), 직접세율 절편 조정항(DTINS), 정부 소비량 조정항(GADJ)은 고정하고, 정부 저축(GSAV)과 총수요 대비 정부소비액 비율(GOVSHR)은 고정하지 않음. 이는 직접세율은 고정하고, 정부소비를 조정함으로써 정부예산균형을 이루는 것을 의미함.
- 저축투자균형에서 저축율 기울기 조정항(MPSADJ)과 저축율 절편 조정항(DMPS)은 고정하고, 투자 조정항(IADJ)과 총수요 대비 투자 비율(INVSHR)은 고정하지 않음. 이는 저축률이 고정되고 투자가 변함으로써 저축투자균형을 이루는 것을 의미함.
- 소비자물가지수(CPI)는 고정하고, 생산자물가지수(DPI)는 고정하지 않음. 이는 소비자물가지수를 모형 기준가격으로 사용함을 의미함.

〈그림 3-6〉 모형마감과 기준가격(Numeraire)의 GAMS 코드 예

```
*Factor markets=======

  QFS.FX('LAB_H')    = QFS0('LAB_H');
  QFS.FX('LAB_F')    = QFS0('LAB_F');
  QFS.FX('CAP')     = QFS0('CAP');
* QFS.FX(F)         = QFS0(F);
  WF.LO(F)          = -inf;
  WF.UP(F)          = +inf;

*Current account of RoW=======

* EXR.FX         = EXR0;
  FSAV.FX        = FSAV0;

*Import and export prices (in FCU) are fixed=======
  PWM.FX(C)      = PWM0(C) ;
  PWE.FX(C)      = PWE0(C) ;

*Current government balance=======

* GSAV.FX       = GSAV0 ;
  TINSADJ.FX    = TINSADJ0;
  DTINS.FX      = DTINS0;
  GADJ.FX       = GADJ0;
* GOVSHR.FX     = GOVSHR0 ;


*Savings-investment balance=======

  MPSADJ.FX = MPSADJ0;
  DMPS.FX    = DMPS0;
* IADJ.FX    = IADJ0;
* INVSHR.FX = INVSHR0 ;


*Numeraire price index======

  CPI.FX          = CPI0;
* DPI.FX          = DPI0;
```

주: 각 코드 줄 '*' 표시는 해당 줄의 코드는 GAMS 수행 시 작동하지 않음을 의미함.
자료: 저자 작성.

4 한국 농업 특화 SAM 구성과 특징

1. SAM 기본구조와 한국 농업 특화 SAM의 특징

1.1. SAM의 기본구조[30)]

❍ CGE 모형은 사회회계행렬(Social Accounting Matrix: SAM)을 데이터베이스로 사용함.

- SAM은 일정 기간 동안 경제의 모든 거래를 구성하며, 한 경제의 소득과 지출의 순환적 흐름을 정방행렬로 구성함.
- SAM의 행(row)은 경제주체의 소득의 원천을 나타내고, 열(column)은 지출을 나타냄.
- 각 경제주체들의 총지출(열의 합)은 총소득(행의 합)과 같으며, 이는 균형상태의 경제를 의미함.

30) 이 부분은 이두영 외(2022), 《농식품 부문 FTA특화 일반균형모형 개발을 위한 기초 연구》를 참고하여 저자 작성.

❍ SAM은 산업연관표와 유사한 체계를 갖고 있으나 산업연관표는 가격변화의 영향이 반영되지 않고 재화 생산에 초점을 맞추고 있음. 한편, SAM은 모든 경제주체들의 종합적인 거래에 초점을 맞추고 있어 산업연관표보다 넓은 의미를 내포하고 있음(임병호 외, 2021; 김덕기·최승묵, 2008).

- 산업연관표는 각 상품 또는 산업 간 투입 및 지출을 중심으로 작성되지만, SAM은 산업 간 투입 및 지출뿐만 아니라 경제주체, 생산요소, 세금 및 수출입 등 종합적인 거래에 초점을 두고 있음.

❍ SAM의 주요 계정은 생산활동, 상품, 노동, 토지, 자본 등 생산요소, 가계, 정부, 저축-투자, 해외부문 등으로 구성되어 있음. 〈표 4-1〉은 국내 경제를 2개의 생산활동이 있다고 가정하여 구성한 SAM이며, 모든 상품의 수요와 공급, 모든 경제 주체들 간의 소득과 지출에 대한 정보가 포함되어 있음.

- 상품 계정은 수입재와 국산재를 결합하여 경제 내에 공급함. 상품의 행 계정은 경제의 수요 측면을 설명하며, 각 경제주체인 생산활동, 가계, 정부, 투자는 상품을 소비하고 국내 생산의 일부는 수출 수요를 충족시키기 위해 사용됨.
- 생산활동 계정은 상품 생산에 참여하는 국내 산업을 설명하며, 생산자는 중간 투입재나 토지, 노동, 자본 등 생산요소를 투입하여 최종재를 생산하는 과정을 나타냄. 생산활동의 행 계정은 산업이 산출물을 판매하는 활동을 기록하며, 열 계정은 생산과정에서 중간재나 생산요소의 투입 및 세금에 대한 모든 지출을 기록함.
- 생산요소(노동, 토지, 자본) 계정의 행 계정은 각 생산요소가 생산활동에 투입되어 받는 소득을 기록하고 열 계정은 각 요소별 지출을 기록함. 각 생산요소는 생산활동에 투입되어 임금 및 지대 등으로 소득을 창출하고 이 소득은 가계에 분배됨.

- 해외 부문 계정은 한 국가와 다른 국가 간의 무역 및 투자 흐름을 설명함. 열 계정은 각 상품의 수출로 국내 외환 유입을 나타내며, 행 계정은 각 상품의 수입으로 국가의 외환 유출을 의미함.

〈표 4-1〉 일반적인 SAM의 구성요소

구분		생산활동		상품		생산요소		가계	정부	세금	저축-투자	해외부문	행 합계
		1부문	2부문	국산재	수입재	노동	자본						
생산활동	1부문	-	-	국내생산	-	-	-	-	-	-	-	-	생산활동별 총산출
	2부문	-	-	국내생산	-	-	-	-	-	-	-	-	
상품	국산재	국산재 중간수요 (중간투입)	국산재 중간수요 (중간투입)	-	-	-	-	국산재 수요	국산재 수요	-	국산재 수요	수출	총수요
	수입재	수입재 중간수요 (중간투입)	수입재 중간수요 (중간투입)	-	-	-	-	수입재 수요	수입재 수요	-	수입재 수요	-	
생산요소	노동	피용자 보수	피용자 보수	-	-	-	-	-	-	-	-	-	생산요소별 총소득
	자본	영업잉여	영업잉여	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
가계		-	-	-	-	노동소득	자본소득	-	이전소득		-	-	가계 총수입
정부		-	-	-	-	-	-	-	-	세금수입	-	-	정부수입
세금		간접세	간접세	-	-	-	-	판매세	-	-	-	-	세금수입
저축-투자		-	-	-	-	-	-	가계저축	정부저축	-	-	해외저축	총저축
해외부문		-	-	-	수입	-	-	-	-	-	-	-	외환유출
열 합계		생산활동별 총투입		총공급		생산요소별 총투입		가계 총지출	정부 총지출	세금 지출	총투자	외환 유입	-

자료: Burfisher, M. E.(2021), Introduction to computable general equilibrium models; 신동천(1999), 《국제무역의 연산균형분석》; 노용환·남상호(2006), 《한국경제의 소득재분배 효과분석: 사회회계행렬을 이용한 접근》.

1.2. 한국 농업 특화 SAM의 구성과 특징

❍ 다양한 농업정책과 외부 환경 변화의 농업부문 직접효과 및 관련 산업에 대한 간접효과를 구체적으로 파악하기 위한 '한국 농업 특화 SAM'은 농축산업 및 전후방연관산업과 농업·농가에 대한 다양한 분석이 가능하도록 구성함.

❍ 일반적인 SAM의 경우 생산요소로 노동(피용자보수)과 자본을 고려하고 있음. 토지기반산업인 농축산업은 토지가 주요한 생산요소라는 점에서 토지를 생산요소로 고려할 필요가 있음. 한국 농업 특화 SAM에서는 토지, 노동, 자본의 3가지 생산요소를 고려함.

❍ 노동의 경우는 산업연관표에 피용자보수(고용 노동)만 계상됨에 따라 일반적인 SAM에서는 고용 노동만 반영됨. 그러나 농축산업의 경우는 자가 노동비(농축산업경영주 자신 및 가족 노동에 대한 보수)가 품목별 농축산업생산비에서 차지하는 비율이 크기 때문에 생산요소로 반영할 필요가 있음. 따라서 한국 농업 특화 SAM에서는 산업연관표에서 영업잉여의 일부로 간주되던 자가노동비를 별도의 항목으로 추계함으로써 고용 노동과 자가 노동으로 구분되는 2가지 노동 투입 형태로 구성함.

❍ 가계의 구분은 농가와 비농가의 소비지출 구조의 차이를 반영하기 위하여 농가와 비농가로 구분하여 SAM을 구성함.

❍ 다음 〈표 4-2〉는 한국 농업 특화 SAM의 구성요소를 보여줌. 일반적인 SAM의 구성요소와의 두드러진 차이점은 생산요소 계정과 가계 계정임.

- 생산활동은 크게 농축산업과 비농업으로 구분할 수 있음.
- 농축산업 생산활동의 생산요소는 토지, 노동, 자본 등 3가지임.

- 비농업 생산활동의 생산요소는 노동, 자본 등 2가지임.
- 노동을 고용 노동, 자가 노동의 2가지 노동 투입 형태로 구분함.
- 가계를 농가, 비농가 등 2가지 가계로 구분함.

〈표 4-2〉 한국 농업 특화 SAM의 구성요소

구분			생산활동		상품	생산요소				가계		정부	세금	저축-투자	해외부문	행 합계
			농축산업	비농업		노동		토지	자본	농가	비농가					
						고용노동	자가노동									
생산활동	농축산업		–	–	국내생산	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	생산활동별 총산출
	비농업		–	–	국내생산	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
상품			중간수요(중간투입)	중간수요(중간투입)	–	–	–	–	–	가계소비	가계소비	정부소비	–	투자수요	수출	총수요
생산요소	노동	고용노동	피용자보수	피용자보수	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	생산요소별 총소득
		자가노동	자가노동비	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	농업 토지		지대	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
	자본		영업잉여	영업잉여	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	
가계	농가		–	–	–	노동소득	노동소득	토지소득	자본소득	–	–	이전소득	–	–	–	가계유형별 총수입
	비농가		–	–	–	노동소득			자본소득	–	–	이전소득	–	–	–	
정부			–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	세금수입	–	–	정부수입
세금			간접세	간접세	–	–	–	–	–	판매세	판매세	–	–	–	–	세금수입
저축-투자			–	–	–	–	–	–	–	농가저축	비농가저축	정부저축	–	–	해외저축	총저축
해외부문			–	–	수입	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	외환유출
열 합계			생산활동별 총투입		총공급	생산요소별 총투입				가계 유형별 총지출		정부총지출	세금지출	총투자	외환유입	–

자료: Burfisher, M. E.(2021), Introduction to computable general equilibrium models; 신동천(1999),《국제무역의 연산균형분석》; 노용환·남상호(2006),《한국경제의 소득재분배 효과분석: 사회회계행렬을 이용한 접근》.

2. 생산활동 및 상품

❍ 한국 농업 특화 SAM의 생산활동 및 상품 계정 구축을 위한 기초자료는 한국은행에서 발행하는 2015년 산업연관표 실측표(기본부문(381부문))와 부속표임.[31)]

❍ 생산활동 및 상품 계정의 농축산업은 산업연관표 기본부문을 기준으로 최대한 세분하여 분류함. 산업연관표의 기본부문에서 농업은 벼, 채소, 과실 등 11개 부문으로 분류되어 있으며, 축산업은 한육우, 낙농, 양돈, 가금, 기타 축산의 5개 부문으로 분류되어 있음.

- 산업연관표의 부문 분류 기준 중에서 가장 세분된 분류는 기본부문이나, 기본부문 중에서도 채소, 과실 등 부문은 다수의 품목이 통합되어 있으며, 노지재배와 시설재배, 사육 및 재배 규모 등은 구분되지 않음.

〈표 4-3〉 한국 농업 특화 SAM의 생산활동 및 상품 계정의 농축산업 부문

No.	구분	부문	설명	2015년 총산출액 (10억 원)
1	농업	**벼**	벼(도정 전) 및 부산물	7,085.6
2		**맥류 및 잡곡**	쌀보리, 겉보리, 맥주보리, 밀(소맥), 옥수수, 메밀, 기타 및 부산물	275.1
3		**콩류**	콩, 팥, 땅콩, 녹두, 기타 및 부산물	498.5
4		**감자류**	감자, 고구마, 기타 및 부산물	1,043.9
5		**채소**	엽채류(배추, 양배추, 시금치, 상추, 미나리 등), 근채류(무, 당근, 우엉, 연근 등), 양념채소(마늘, 양파, 고추 등), 과채류(수박, 참외, 오이, 토마토, 딸기 등), 버섯류(양송이, 느타리, 팽이, 새송이 등), 기타	12,360.0
6		**과실**	사과, 배, 복숭아, 포도, 감귤, 감 등	4,914.2

31) 2023년 7월 기준 최신 산업연관표 실측표는 2015년 자료이며, 2024년 상반기 공표 예정인 2020년 산업연관표 실측표 자료가 공표되면 업데이트 예정.

(계속)

No.	구분	부문	설명	2015년 총산출액 (10억 원)
7	농업	**화훼작물**	절화류, 분화류, 구근류, 화목류, 초화류 등	634.1
8		**약용작물**	인삼, 약용작물, 약용임산물 등	1,930.9
9		**종자**	채소종자, 화훼종자, 과수종자, 버섯종자, 식량작물 종자 등	500.8
10		**기타 식용작물**	참깨, 들깨, 차, 커피, 기타 및 부산물	660.8
11		**기타 비식용작물**	섬유작물, 사료작물, 잎담배, 기타	161.7
12	축산업	**낙농**	원유, 젖소(암컷) 및 부산물	2,591.1
13		**한육우**	한우, 육우 및 부산물	4,655.8
14		**양돈**	돼지	6,533.4
15		**가금**	닭, 오리, 달걀, 오리알, 메추리, 기타 및 부산물	5,108.9
16		**기타축산**	벌꿀, 염소, 사슴, 녹용, 누에, 기타 및 부산물	624.5

자료: 한국은행(2019), 《2015 기준년 산업연관표》를 이용해 저자 작성.

○ 농축산업의 전방산업은 농업 및 축산업 생산활동을 통해 생산된 농축산물을 1차 가공 및 2차 가공하는 음식료품 부문(대분류 기준)과 농축산식품 외식소비와 관련된 음식점이 해당함. 음식점(외식)은 소분류 기준으로 분류했으며, 음식료품(식품 및 음료품, 사료 제외)은 품목별 용도 및 가공에 차이가 있어 기본부문을 기준으로 개별 분류함.

〈표 4-4〉 한국 농업 특화 SAM의 생산활동 및 상품 계정의 농축산업 전방산업 부문

No.	구분	부문	설명	2015년 총산출액 (10억 원)
1	공통	음식점(외식)	일반음식점(한식, 중식, 일식, 서양식, 급식 등), 기타 음식점, 주점, 비알콜음료점	121,244.7
2	식량작물	정곡	쌀, 보리쌀, 기타 및 부산물	7,144.8
3		제분	밀가루, 콩가루, 옥수수가루, 제과용 혼합분말 및 반죽, 기타	2,478.5
4		원당 및 정제당	원당, 정제당 등	975.2
5		전분 및 당류	고구마 전분, 옥수수 전분, 소맥 전분, 포도당, 물엿, 과당 등	1,580.0
6		떡, 빵 및 과자류	떡, 빵, 도넛, 피자, 케이크, 스낵류, 건과자류, 초콜릿, 캔디 등	8,192.4

(계속)

No.	구분	부문	설명	2015년 총산출액 (10억 원)
7	식량작물	면류	국수, 당면, 냉면, 라면 등	2,788.8
8		조미료 및 첨가용식품	화학조미료, 식초, 고춧가루, 후춧가루, 간장, 된장, 고추장, 카레, 케첩, 마요네즈 등	6,299.3
9		유지	참기름, 들기름, 콩기름, 옥수수 원유, 마가린, 올리브유, 채종유, 대두박 등	2,767.5
10	채소·과일 및 기타	과실 및 채소 가공품	김치, 단무지, 과실주스, 채소주스, 과실 통조림, 채소 통조림, 냉동·건조 과실, 냉동·건조 채소 등	4,314.9
11		기타 식료품	커피, 녹차, 홍차, 백삼, 홍삼, 인삼차, 두부, 레토르트 식품, 김밥, 도시락, 시리얼식품, 조제수프, 이유식, 알 가공품, 담배 등	21,487.8
12		음료 및 주류	주정, 소주, 맥주, 기타 주류, 콜라, 사이다, 과실음료, 채소음료, 두유, 생수, 얼음 등	15,079.4
13	축산물	도축육	쇠고기, 돼지고기, 원피 등	13,017.7
14		가금육	닭고기, 오리고기, 기타 및 부산물	4,551.7
15		육가공품	햄 및 베이컨, 소시지, 고기 통조림 및 병조림, 가금육 가공품, 육지동물 가공품 등	3,224.4
16		낙농품	시유, 연유, 분유, 조제분유, 버터, 치즈, 아이스크림 등	7,569.8

자료: 한국은행(2019), 《2015 기준년 산업연관표》를 이용해 저자 작성.

❍ 농축산업의 후방산업은 농업 및 축산업 생산활동의 투입재를 생산하는 산업임. 농축산업 공통 후방산업으로 농림어업서비스, 농업용기계 등이 있으며, 그 외 후방산업은 농업 후방산업과 축산업 후방산업으로 구분할 수 있음. 농업 후방산업으로는 종자, 살충제 및 농약, 비료 및 질소 화합물 등이 있으며, 축산업 후방산업으로는 사료, 의약품(동물약품), 기타 비식용작물(사료작물) 등이 있음.

〈표 4-5〉 한국 농업 특화 SAM의 생산활동 및 상품 계정의 농축산업 후방산업 부문

No.	구분	부문	설명	2015년 총산출액 (10억 원)
1	공통	농업용 기계	경운기, 트랙터, 이앙기, 콤바인, 건조기, 사료가공용 기계 등 농업용 기계, 축산용 기계, 임업용 기계	3,346.8
2		농림어업서비스	농업, 축산업, 임업, 어업 서비스	1,132.7

(계속)

No.	구분	부문	설명	2015년 총산출액 (10억 원)
3	농업 후방산업	종자	채소종자, 화훼종자, 과수종자, 버섯종자, 식량작물 종자 등	500.8
4		비료 및 질소화합물	질소·인산·칼륨·복합비료 및 유기질비료, 질소화합물 등 (가축분뇨 퇴·액비 포함)	3,049.7
5		살충제 및 농약	농작물 재배에 사용되는 살충제, 살균제, 제초제 등	1,758.1
6	축산업 후방산업	사료	축우용, 양돈용, 양계용 등 동물사육용 배합사료, 어류양식용 배합사료, 애완동물 사료, 사료첨가제 등	11,030.9
7		기타 비식용작물 (사료작물)	사료작물, 섬유작물, 잎담배, 기타	161.7
8		의약품 (동물약품)	의약품 원료, 백신, 동물용 의약품, 진단용 시약 등 인간 또는 동물의 질병 치료 및 예방을 위한 의약품	17,849.3

자료: 한국은행(2019), 《2015 기준년 산업연관표》를 이용해 저자 작성.

❍ 그 외 농축산업과 직접적인 투입/산출 관계는 적으나 간접적으로 영향을 미치는 산업이나, 투입/산출 관계는 있으나 해당 산업이 다양한 산업과 연계된 연료, 에너지, 수도 등 산업을 개별 부문으로 분류했으며, 농가나 농촌지역 생활 여건에 영향을 미칠 수 있는 의료, 교육 등 산업을 개별 부문으로 분류함.

〈표 4-6〉 한국 농업 특화 SAM의 생산활동 및 상품 계정의 기타 농축산업·농가 관련 산업

No.	구분	부문	설명	2015년 총산출액 (10억 원)
1	연료	석탄제품	석탄코크스 및 석탄 관련 제품, 연탄 등	504.4
2		원유정제 처리제품	나프타, 휘발유, 제트유, 등유, 경유, 중유, 액화석유가가스, 정제혼합용 원료유 등	103,009.7
3	에너지	전력	수력, 화력, 원자력, 자가발전	56,972.3
4		신재생에너지	소수력 발전, 태양광 발전, 풍력 발전 등	2,602.6
5		가스·증기· 온수	도시가스, 증기 및 온수 공급	33,225.1
6	수도 및 폐수·폐기물	수도	가정용, 영업용, 산업용 등 수도	3,971.4
7		폐수 및 폐기물 처리	분뇨처리, 하수처리, 폐수처리, 폐기물 처리 및 자원재활용서비스	15,250.2
8	도소매	도소매	도소매 및 상품중개서비스	247,647.6

(계속)

No.	구분	부문	설명	2015년 총산출액 (10억 원)
9	운송	운송	육상운송, 수상운송, 항공운송, 창고 및 운송보조, 우편 및 소화물전문운송	141,344.5
10	농업·농촌 지역 관련 서비스	금융 및 보험	중앙은행, 예금취급기관, 금융투자기관, 생명보험, 비생명보험, 금융 및 보험 보조 서비스 등	156,925.2
11		연구개발	국공립·비영리·산업 연구개발, 기업 내 연구개발 등	68,495.5
12		사업관련 전문서비스	법무 및 회계서비스, 시장조사 및 경영지원서비스, 광고 등	74,113.7
13		인력공급 및 알선	고용알선, 인력공급 등	18,744.2
14		교육	유치원, 초등학교, 중학교, 고등학교, 대학 및 대학원, 농업기술원, 학원 등 국공립·비영리·산업 교육서비스 등	116,328.6
15		의료 및 보건	병원, 의원, 보건소, 치과, 한의원 등 국공립·비영리·산업 의료 및 보건 등	98,333.4
16		문화·여가·스포츠	문화서비스, 여행 관련 서비스, 스포츠 서비스 등	40,293.8

자료: 한국은행(2019), 《2015 기준년 산업연관표》를 이용해 저자 작성.

❍ 종합하면 한국 농업 특화 SAM의 생산활동 및 상품계정의 산업부문은 총 72개 부문임.

- 농축산업 16개 부문
- 농축산업 전방산업 16개 부문
- 농축산업 후방산업 8개 부문
- 기타 농축산업·농가 관련 산업 16개 부문
- 그 외 산업 부문 16개 부문

❍ 다음 표는 본 연구의 생산활동 및 상품계정의 부문과 2015 기준년 산업연관표의 부문이 어떻게 연결되어 있는가를 보여줌.

〈표 4-7〉 한국 농업 특화 SAM의 생산활동 및 상품 계정의 산업분류[참고]

No.	구분	한국 농업 특화 SAM 부문 구분	산업연관표 부문 구분	산업연관표 부문 코드	분류기준
1	농업	벼	벼	0111	기본부문
2		맥류 및 잡곡	맥류 및 잡곡	0112	기본부문
3		콩류	콩류	0113	기본부문
4		감자류	감자류	0114	기본부문
5		채소	채소	0121	기본부문
6		과실	과실	0122	기본부문
7		화훼작물	화훼작물	0191	기본부문
8		약용작물	약용작물	0192	기본부문
9		종자	종자	0195	기본부문
10		기타 식용작물	기타식용작물	0196	기본부문
11		기타 비식용작물	기타비식용작물, 잎담배, 천연고무	0193, 0194, 0199	기본부문
12	축산업	낙농	낙농	0211	기본부문
13		한육우	축우	0212	기본부문
14		양돈	양돈	0291	기본부문
15		가금	가금	0292	기본부문
16		기타축산	기타축산	0299	기본부문
17	임업	임업	영림, 원목	0301, 0302	기본부문
18		임산물	식용 임산물, 기타 임산물	0303, 0309	기본부문
19	어업	수산물	수산물	040	소분류
20	농림어업 서비스	농림어업서비스	농림어업서비스	0500	기본부문
21	식품	도축육	도축육	0811	기본부문
22		가금육	가금육	0812	기본부문
23		육가공품	육가공품	0813	기본부문
24		낙농품	낙농품	0814	기본부문
25		수산가공품	수산가공품	082	소분류
26		정곡	정곡	0831	기본부문
27		제분	제분	0832	기본부문
28		원당 및 정제당	원당, 정제당	0841, 0842	기본부문
29		전분 및 당류	전분 및 당류	0843	기본부문
30		떡, 빵 및 과자류	떡, 빵 및 과자류	0851	기본부문
31		면류	면류	0852	기본부문
32		조미료 및 첨가용식품	조미료 및 첨가용식품	0861	기본부문
33		유지	유지	0862	기본부문
34		과실 및 채소 가공품	과실 및 채소 가공품	0871	기본부문
35		기타 식료품	기타 식료품, 담배	087, 1000	소분류 및 기본부문

(계속)

No.	구분	한국 농업 특화 SAM 부문 구분	산업연관표 부문 구분	산업연관표 부문 코드	분류기준
36	사료	사료	사료	0880	기본부문
37	음료품	음료 및 주류	음료품	09	중분류
38	광업	석탄	석탄	061	중분류
39		원유	원유	0621	기본부문
40		천연가스	천연가스(LNG)	0622	기본부문
41		금속 및 비금속 광물	금속 및 비금속 광물	07	중분류
42	제품	섬유 및 가죽제품	섬유 및 가죽제품	C02	대분류
43		목재, 종이 및 인쇄	목재 및 종이, 인쇄	C03	대분류
44		석탄제품	석탄제품	161	소분류
45		원유정제 처리제품	원유정제처리제품	162	소분류
46		윤활유 및 기타 석유제품	윤활유 및 기타석유정제품	163	소분류
47		화학제품	화학제품(의약품, 비료 및 질소화합물, 살충제 및 농약 제외)	C05(2000, 2101, 2102 제외)	대분류
48		의약품	의약품	2000	기본부문
49		비료 및 질소화합물	비료 및 질소화합물	2101	기본부문
50		살충제 및 농약	살충제 및 농약	2102	기본부문
51		제조업	비금속광물제품, 1차 금속제품, 금속가공제품, 컴퓨터·전자 및 광학기기, 전기장비, 기계 및 장비(농업용기계 제외), 운송장비, 기타 제조업 제품, 제조임가공 및 산업용 장비 수리	C06, C07, C08, C09, C10, C11(3911 제외), C12, C13, C14	대분류
52		농업용 기계	농업용 기계	3911	기본부문
53	에너지	전력	수력, 화력, 원자력, 자가발전	4501, 4502, 4503, 4504	기본부문
54		신재생에너지	신재생에너지	4505	기본부문
55		가스, 증기 및 온수	도시가스, 증기 및 온수 공급	4610, 4620	기본부문
56	수도 및 폐수·폐기물	수도	수도	4700	기본부문
57		폐수 및 폐기물 처리	폐수처리, 폐기물 처리 및 자원재활용서비스	48, 49	중분류
58	건설	건설	건설	F	대분류
59	서비스	도소매	도소매 및 상품중개서비스	5200	기본부문
60		운송	운송서비스	H	대분류
61		음식점 및 음료점(외식)	음식점 및 주점	581	소분류

(계속)

No.	구분	한국 농업 특화 SAM 부문 구분	산업연관표 부문 구분	산업연관표 부문 코드	분류기준
62	서비스	숙박	숙박서비스	5820	기본부문
63		정보통신 및 방송	정보통신 및 방송 서비스	J	대분류
64		금융 및 보험	금융 및 보험 서비스	K	대분류
65		부동산	부동산서비스	L	대분류
66		연구개발	연구개발	70	중분류
67		사업관련 전문서비스	사업관련 전문 서비스	71	중분류
68		인력공급 및 알선	인력공급 및 알선	7420	기본부문
69		교육	교육서비스	760	소분류
70		의료 및 보건	의료 및 보건	770	소분류
71		문화·여가·스포츠	예술, 스포츠 및 여가 관련 서비스	R	대분류
72		기타 서비스	과학기술 및 기타 전문서비스, 사업지원서비스(인력공급 및 알선 제외), 공공행정, 국방 및 사회보장, 사회복지서비스, 기타 서비스	72, N(7420 제외), 75, 78, S	대분류 및 중분류

자료: 한국은행(2019), 《2015 기준년 산업연관표》를 이용해 저자 작성.

❍ 앞서 제3장 1절에서 'KREI-1 CGE 모형'은 "생산활동(Activities)"과 "상품(Commodities)"을 구분했기 때문에, 하나의 생산활동이 복수의 상품과 연결되는 구조도 다룰 수 있다고 함.

- 예를 들면 SAM의 근거자료인 한국 산업연관표에서 "벼"와 "맥류 및 잡곡"의 생산활동이 이루어지지만, 그 산출물은 상품으로 직접 소비되지는 않고 모두 다른 생산활동의 중간 투입재로 사용됨. 소비되는 곡물은 또 다른 생산활동인 "정곡"이 만들어내는 것으로 집계되며, 정곡 내에서는 벼가 도정된 쌀과, 맥류 및 여타 잡곡의 도정물도 모두 포함됨. 따라서 이런 경우 예를 들면 쌀만의 소비를 늘리기 위한 정책의 효과 등을 정교하게 분석하는 데 어려움이 따를 수 있음.
- 따라서 다음과 같이 하나의 생산활동이 복수의 상품을 산출하도록 SAM을 구축할 수 있음.

- 생산활동 정곡은 쌀과 기타곡물, 2개의 상품을 산출함.
- 생산활동 도축육은 쇠고기, 돼지고기, 기타육류, 3개의 상품을 산출함.

〈표 4-8〉 하나 생산활동 – 복수 상품 산출 관계(예)

No.	생산활동	상품
1	음식점(외식)	음식점(외식)
2	정곡	쌀
		기타곡물
3	제분	제분
4	원당 및 정제당	원당 및 정제당
5	전분 및 당류	전분 및 당류
6	떡, 빵 및 과자류	떡, 빵 및 과자류
7	면류	면류
8	조미료 및 첨가용식품	조미료 및 첨가용식품
9	유지	유지
10	과실 및 채소 가공품	과실 및 채소 가공품
11	기타 식료품	기타 식료품
12	음료 및 주류	음료 및 주류
13	도축육	쇠고기
		돼지고기
		기타육류
14	가금육	가금육
15	육가공품	육가공품
16	낙농품	낙농품

자료: 한국은행(2019), 《2015 기준년 산업연관표》를 이용해 저자 작성.

3. 노동부문

❍ 농축산업의 경우 자가 노동비가 품목별 생산비에서 큰 비율을 차지하고 있으나, SAM 작성의 기초자료인 산업연관표에는 피용자보수(고용 노동)만 계상되고 있음. 이는 자가 노동비는 '농업경영주 자신 및 그의 가족노동에 대한 보수'를 평가한 것이나, 실질적인 현금의 흐름이 없어 산업연관표에서는 별도항목으로 계상되지 않기 때문임.

- 산업연관표에서 자가 노동은 영업잉여[32]의 일부로 포함됨으로써 농업부문의 주요한 생산요소인 자가 노동은 생산요소로 간주되지 않음.

❍ 농축산업 주요 품목별 생산비(비용합계)에서 노동비 비율을 산출한 결과 생산비에서 차지하는 자가 노동비 비율은 콩이 45.1%로 가장 높았으며, 마늘 42.1%, 벼 21.4%, 젖소 13.3% 등의 순으로 나타났으며, 노동집약적인 품목일수록 생산비에서 자가 노동비가 차지하는 비율이 크게 나타남〈표 4-9〉.

- 기업화가 진전되어 자가 노동보다 고용 노동 투입이 많은 돼지를 제외한 5개 품목에서 고용 노동비보다 자가 노동비가 크게 나타남. 특히 한우는 고용 노동비보다 자가 노동비가 19.6배 많았으며, 벼는 12.1배, 젖소 6.6배 순으로 나타남.

❍ 따라서 자가 노동을 생산요소로 간주하지 않을 경우 CGE 모형을 통한 노동관련 분석에 있어서 고용 노동만 고려하게 되는 왜곡된 분석 결과를 초래할 수 있음. 또한 자가 노동비를 생산요소가 아닌 영업잉여로 간주하는 경우 농업 분야의 수익성 및 노동생산성이 과대 산출되는 등의 오류가 발생하게 됨.

32) 산업연관표의 영업잉여는 부가가치 영역으로 취급되며, 생산과정에서 발생한 잉여로서 생산활동에 필요한 금융자산, 토지, 기타 유형 생산자산에 대한 명시적 또는 암묵적 이자나 임료, 기타 재산소득을 공제하기 전 소득임. 영업잉여 중 개인사업자의 소득(농업의 경우는 자가 노동비에 해당)은 개인이 기업을 경영함으로써 발생하는 소득으로서 기업주 자신 및 그의 가족노동에 대한 보수를 포함함(한국은행, 2019).

〈표 4-9〉 2015년 농축산물생산비통계 주요 품목별 노동비 비율

구분	벼(논벼)	콩	마늘	한우(비육우)	젖소	돼지(비육돈)
(단위)	(10a/원)	(10a/원)	(10a/원)	(마리/원)	(마리/원)	(마리/원)
고용 노동비	12,231 (1.8)	37,982 (7.3)	406,568 (13.9)	38,359 (0.6)	146,265 (2.0)	10,237 (3.3)
자가 노동비	148,098 **(21.4)**	235,001 **(45.1)**	1,231,256 **(42.1)**	752,603 **(11.0)**	962,428 **(13.3)**	6,792 **(2.2)**
노동비 합계	160,329 (23.2)	272,983 (52.4)	1,637,824 (55.9)	790,962 (11.5)	1,108,693 (15.3)	17,029 (5.5)
생산비 (비용합계)	691,869 (100.0)	521,075 (100.0)	2,927,910 (100.0)	6,867,510 (100.0)	7,248,049 (100.0)	307,077 (100.0)
총수입	993,903	641,240	15,792,942	7,183,277	10,056,865	404,220

주: ( )는 생산비에서 차지하는 비율(%)임.
자료: 통계청(각 연도), 《축산물생산비통계》.

○ 산업연관표에서 단일품목으로 구성된 벼와 양돈부문을 사례로 중간투입 및 부가가치를 검토하면 다음과 같으며, 자가 노동비가 영업잉여에 포함됨으로써 다른 산업에 비해 영업잉여의 비율이 높아 부가가치율이 높게 나타남.

- 주요 농축산업 부문별 부가가치율: 벼 70.8%, 채소 68.3%, 과일 69.8%, 한육우 22.9%, 낙농 35.4%, 양돈 36.5% 등

〈표 4-10〉 산업연관표의 주요 농업부문별(품목별) 부가가치 영역

구분	벼		양돈		〈비교〉 제조업		〈비교〉 전 산업	
	10억 원	비율 (%)	10억 원	비율 (%)	10억 원	비율 (%)	10억 원	비율 (%)
중간투입계	2,068.1	(29.2)	4,150.0	(63.5)	785,737.4	(71.2)	2,196,111.4	(57.3)
부가가치계	5,017.4	(70.8)	2,383.4	(36.5)	318,020.7	(28.8)	1,637,450.7	(42.7)
피용자보수	136.3	(1.9)	190.4	(2.9)	129,592.6	(11.7)	750,213.0	(19.6)
영업잉여	**4,606.2**	**(65.0)**	**1,828.2**	**(28.0)**	**84,781.4**	**(7.7)**	**441,465.2**	**(11.5)**
고정자본소모	606.9	(8.6)	330.4	(5.1)	88,423.2	(8.0)	309,669.7	(8.1)
생산세(보조금공제)	-332.0	(-4.7)	34.4	(0.5)	15,223.4	(1.4)	136,102.8	(3.6)
총투입계	7,085.6	(100)	6,533.4	(100)	1,103,758.1	(100)	3,833,562.1	(100)
부가가치율	**70.8**		**36.5**		**28.8**		**42.7**	

자료: 한국은행(2019), 《2015 기준년 산업연관표》를 이용해 저자 작성.

❍ 산업연관표는 생산과정에서 발생한 잉여와 자가 노동비(농업경영주 자신 및 그의 가족노동에 대한 보수) 등을 영업잉여로 집계하고 있으며, 영업잉여를 부가가치 영역에 포함함으로써 '총투입 = 총산출' 관계가 성립함.

❍ 따라서 농축산물생산비통계의 총수입에서 노동비가 차지하는 비율과 산업연관표의 산업별 총투입액(= 총산출액), 피용자보수를 이용해 자가 노동비를 산출할 수 있음.

- $TC_c + \pi_c = TR_c$
- $\frac{(L_{e,c} + L_{f,c})}{TR_c} \times TI_{IO} = L_{e,IO} + L_{f,IO}$
- 여기서 TC는 총비용(생산비), π는 이윤(순수익) , TR는 총수입, TI는 총투입, L_e는 고용 노동비, L_f는 자가 노동비를 의미하며, 아래 첨자 c는 농축산물생산비통계, 아래 첨자 $_{IO}$는 산업연관표를 의미함.

❍ 위의 방식을 적용해 한국 농업 특화 SAM에 농축산업 부문별 자가 노동비 산출 예시는 다음 표와 같음.

〈표 4-11〉 자가 노동비 산출 예시(벼, 양돈)

자료구분	구분		벼	양돈
2015년 농축산물 생산비	단위		(10a/원)	(마리당)
	노동비	고용 노동비	12,231	10,237
		자가 노동비	148,098	6,792
		합계	160,329	17,029
	생산비		691,869	307,077
	총수입(= 총투입)		993,903	404,220
	총수입 중 노동비 비율(%)		16.13	4.21
2015년 산업연관표	단위		(10억 원)	(10억 원)
	총투입(= 총산출)		7,085.6	6,533.4
	노동비	피용자보수	136.3	190.4
		자가 노동비(계산)	1,006.7	84.8
	총 노동비(계산)		1,143.0	275.2

자료: 한국은행(2019), 《2015 기준년 산업연관표》; 통계청(각 연도), 《농축산물생산비통계》를 이용해 저자 작성.

4. 토지부문

○ 한국 농업 특화 SAM에서는 전통적인 농축산업의 생산요소로 간주되는 토지, 노동, 자본의 3가지 생산요소를 고려함. 일반적인 SAM에서는 토지를 생산요소로 고려하지 않으며, 산업연관표에서는 토지비용을 계상하지 않기 때문에 농축산물생산비통계 및 농작물생산조사 등 관련 자료를 이용해 토지비용을 산출할 필요가 있음.

○ 자가 노동과 마찬가지로 토지를 생산요소로 간주하지 않을 경우 농축산업 분야의 수익성 및 생산성 등이 과대 산출되는 등의 오류가 발생할 수 있음. 한편 토지를 분석에 고려할 경우 농지 감소(농지 전용 등)의 영향, 농축산업 부문 내에서의 부문별 토지이용 변화, 토지 생산성 등에 대한 분석이 가능함.

○ 농축산업 주요 품목별 생산비(비용합계)에서 토지비용(토지임차료+토지용역비) 비율을 산출한 결과 벼(논벼)가 35.3%로 가장 높았으며, 콩 20.0%, 마늘 6.1%로 나타남. 한편 축사에서 가축을 사육하는 축산업의 경우는 상대적으로 토지비용이 적은 것으로 나타남.

〈표 4-12〉 2015년 농축산물생산비통계 주요 품목별 토지비용 현황

구분	벼(논벼)	콩	마늘	한우(비육우)	젖소	돼지(비육돈)
(단위)	(10a/원)	(10a/원)	(10a/원)	(마리/원)	(마리/원)	(마리/원)
토지임차료	143,788 (20.8)	73,106 (14.0)	82,354 (2.8)	7,051 (0.10)	24,437 (0.34)	95 (0.03)
토지용역비	100,284 (14.5)	30,929 (5.9)	95,650 (3.3)	28,833 (0.42)	62,935 (0.87)	900 (0.29)
토지비용 합계	244,072 **(35.3)**	104,035 **(20.0)**	178,004 **(6.1)**	35,884 **(0.52)**	87,372 **(1.21)**	995 **(0.32)**
생산비 (비용합계)	691,869 (100.0)	521,075 (100.0)	2,927,910 (100.0)	6,867,510 (100.0)	7,248,049 (100.0)	307,077 (100.0)
총수입	993,903	641,240	15,792,942	7,183,277	10,056,865	404,220

주: ( )는 생산비에서 차지하는 비율(%)임.
자료: 통계청(각 연도), 《농축산물생산비통계》.

❍ 토지를 반영하기 위한 농축산업 부문별 토지비용은 임대한 토지에 대해 실제로 지급한 토지 임차료(지대) 및 자가 토지를 농축산업 생산에 사용하지 않고 타인에게 임대하였을 때 수취할 수 있는 임차료를 기회비용 측면에서 토지용역비로 계산함.

❍ 산업연관표는 토지비용을 고려하지 않으나, 농축산물생산비통계의 총수입에서 토지비용이 차지하는 비율을 산업연관표의 산업별 총투입액(= 총산출액)에 적용해 토지비용을 산출함.

- $\frac{(ALC_c)}{TR_c} \times TI_{IO} = ALC_{IO}$

- 여기서 TR는 총수입, TI는 총투입, ALC_c는 토지비용을 의미하며, 아래 첨자 c는 농축산물생산비통계, 아래 첨자 IO는 산업연관표를 의미함.

❍ 위의 방식을 적용해 한국 농업 특화 SAM에 농축산업 부문별 토지비용 산출 예시는 다음 표와 같음.

〈표 4-13〉 토지비용 산출 예시(벼, 양돈)

자료구분	구분		벼	양돈
2015년 농축산물 생산비	단위		(10a/원)	(마리당)
	노동비	토지임차료	143,788	95
		토지용역비	100,284	900
		합계	244,072	995
	생산비		691,869	307,077
	총수입(= 총투입)		993,903	404,220
	총수입 중 토지비용 비율(%)		24.6	0.25
2015년 산업연관표	단위		(10억 원)	(10억 원)
	총투입(= 총산출)		7,085.6	6,533.4
	토지비용(계산)		1,740.0	16.1

자료: 한국은행(2019), 《2015 기준년 산업연관표》; 통계청(각 연도), 《농축산물생산비통계》를 이용해 저자 작성.

5. 가계부문

❍ 농축산업에 종사하는 농가와 농업을 제외한 산업이나 서비스부문에 종사하는 비농가는 소득수준에 차이가 있음. 또한 농가가 주로 거주하는 농촌지역과 비농가가 주로 거주하는 도시지역의 문화시설·교육시설·복지시설 등 인프라 차이로 인해서 농가와 비농가의 소비구조에서 차이가 예상됨.

❍ 통계청에서 공표하는 가계동향조사와 농가경제조사를 이용해 농업에 종사하는 농가와 비농가의 지출 구조를 비교한 결과 가계지출 및 소비지출 금액은 농업가구보다 비농업가구가 많으며, 그 차이는 확대되고 있는 것으로 나타남.

❍ 소비지출 항목별로 오락·문화, 의류 및 신발, 교육, 음식 및 숙박 등은 비농가의 지출액 및 소비지출액에서 차지하는 비율이 높았음. 한편, 전체 소비지출 금액은 비농가가 많으나 식료품 및 비주류 음료와 보건·의료에 대한 지출금액은 농가가 더 많았으며, 소비지출액에서 차지하는 비율도 비농가에 비해 농가에서 높게 나타남.

- 이러한 소비구조의 차이는 비농가 많이 거주하는 도시지역은 오락·문화, 교육 등 서비스에 대한 접근이 용이하며, 외식소비가 많기 때문이며, 이와는 대조적으로 농가가 많이 거주하는 농촌지역은 가정 내 식품 소비가 많으며, 고령화로 인해 의료비 지출이 많기 때문으로 유추됨.

❍ 한국 농업 특화 SAM은 이러한 농가 및 비농가의 소비구조의 차이에 따른 영향을 고려하기 위하여 가구(가계)를 농가와 비농가로 분리된 SAM을 구축함.

〈표 4-14〉 농가 및 비농가 소비지출 현황 및 비율

단위: 천 원/월·가구(%, %p)

구분	농가(A)		비농가(전국)(B)		A-B(%p)	
	2015년	2020년	2015년	2020년	2015년	2020년
가계지출	2,551	2,875	2,887	3,927	▲336	▲1,053
비소비지출	489	632	694	1,017	▲204	▲385
소비지출	2,062 (100.0)	2,243 (100.0)	2,193 (100.0)	2,910 (100.0)	▲131 (0.0)	▲667 (0.0)
식료품 및 비주류음료	476 (23.1)	553 (24.6)	307 (14.0)	469 (16.1)	169 (9.1)	84 (8.5)
주류 및 담배	28 (1.4)	50 (2.2)	29 (1.3)	40 (1.4)	▲1 (0.0)	10 (0.9)
의류 및 신발	56 (2.7)	65 (2.9)	137 (6.2)	146 (5.0)	▲81 (▲3.5)	▲81 (▲2.1)
주거 및 수도광열	144 (7.0)	169 (7.5)	259 (11.8)	304 (10.4)	-115 (▲4.8)	-135 (▲2.9)
가정용품 및 가사서비스	58 (2.8)	58 (2.6)	89 (4.1)	159 (5.5)	-31 (▲1.3)	-101 (▲2.9)
보건·의료	179 (8.7)	221 (9.9)	155 (7.1)	263 (9.0)	24 (1.6)	▲42 (0.8)
교통·통신	195 (9.5)	221 (9.9)	394 (18.0)	510 17.5	▲199 (▲8.5)	▲289 (▲7.7)
오락·문화	68 (3.3)	40 (1.8)	128 (5.8)	169 (5.8)	▲60 (▲2.5)	▲129 (▲4.0)
교육	44 (2.1)	42 (1.9)	220 (10.0)	228 (7.8)	▲176 (▲7.9)	▲187 (▲6.0)
음식·숙박	120 (5.8)	105 (4.7)	289 (13.2)	372 (12.8)	▲169 (▲7.4)	▲268 (▲8.1)
기타 상품 및 서비스	362 (17.5)	400 (17.8)	186 (8.5)	250 (8.6)	176 (9.1)	149 (9.2)
감가상각비	332 (16.1)	321 (14.3)	-	-	-	-

주 1) 비소비지출 항목으로는 조세 및 부담금, 공적연금납부금, 사회보험납부금, 사적비소비지출 등이 포함됨.
2) 소비지출 항목 중에서 감가상각비는 농가경제조사에서만 공표하고 있음,
자료: 통계청(각 연도), 《가계동향조사》, 통계청(각 연도), 《농가경제조사》.

5 모의 시나리오 분석[33)]

1. 노동력 변화 영향 분석

1.1. 분석 배경

○ 한국 경제사회가 직면한 가장 큰 과제인 저출산·고령화로 인한 인구 감소와 고령화는 국가 경제와 농업에 큰 영향을 미칠 것으로 예상됨.

- 통계청(2021)에 따르면 한국의 인구는 2020년 기준 5,184만 명이나, 2030년까지 연평균 6만 명 내외로 인구가 감소하며, 2070년에는 3,766만 명까지 감소할 것으로 전망됨.
- 이에 따라 인구 성장률은 2035년까지는 -0.1% 수준이나, 그 이후에는 성장률이 더 떨어져 2070년에는 -1.24%에 이를 전망임.

33) 본 장의 모의 시나리오 분석은 한국 농업 특화 CGE 모형의 유용성을 검증하기 위한 것으로, 제시된 분석 결과의 활용에는 주의를 요함. 후속 연구를 통해 탄성치 등에 대한 추가적인 데이터 구축을 통해 모형의 현실 반영도를 높여갈 필요가 있음.

❍ 인구 감소와 고령화로 인해 생산연령인구도 동시에 감소할 것으로 전망되었음.

- 2020년 기준 한국의 생산연령인구는 3,738만 명에서 2030년까지는 357만 명이 감소하여 3,381만 명이 될 전망임.
- 2070년에는 2020년보다 약 2,001만 명이 감소한 1,737만 명 수준으로 전망되었음.

❍ 농촌지역 인구, 농가 인구, 농업취업자 수도 지속적으로 감소하거나 감소할 것으로 전망됨.

- 통계청(2021)에 기반한 시도 인구 전망을 보면 2020년 대비 2050년에는 경기, 세종, 제주, 충남을 제외한 나머지 광역자치단체의 인구는 모두 감소할 것으로 전망되었음. 농축산물은 서울 등 광역시가 아닌 농촌이 상대적으로 많이 분포한 도 단위에서 주로 생산되는데, 향후 도 단위 인구가 감소할 것으로 전망된 것임.
- 1970년 1,442.2만 명이던 농가 인구는 2000년 403.1만 명, 2021년에는 221.5만 명으로 감소하였음. 이는 약 20년 동안 연간 2.9% 정도씩 감소한 것임(농림축산식품부, 2022).
- 취업자 기준으로 보면 국가 전체 취업자는 2010년 2,403.3만 명에서 2021년 2,727.3만 명으로 증가하였음. 하지만, 농림어업부문 취업자 수는 2010년 158.6만 명에서 2021년 145.8만 명으로 감소하였음(농림축산식품부, 2022).
- 광공업, 사회간접자본 및 기타서비스업 분야의 취업자 수는 증가하였지만, 농림어업부문 취업자 수만 감소한 것임.

❍ 국가 인구 감소, 농가 인구 및 농업취업자 수의 감소는 농축산물을 포함한 모든 재화의 수요와 공급, 농가와 비농가의 소득 등 경제 전반에 영향을 미침.

- 따라서 농업 및 국가 전체 노동력 감소가 미치는 영향에 대해 파악하고 이에 대비해야 할 필요가 있음. 특히, 농축산업 분야는 자가 노동이 다른 산업 분야에 비해 차지하는 비율이 크며, 농가 인구 감소는 자가 노동 공급을 감소시켜 농업 분야 생산에 차질을 유발할 것으로 예상됨.
- 국가 전체와 농가의 노동력 공급 감소가 국가 경제 및 농업 분야에 미치는 영향에 대해 모의 시나리오 분석을 함으로써 본 연구에서 개발된 한국 농업특화 CGE 모형의 유용성 및 타당성을 밝힘과 동시에 인구 감소에 대응한 정책 강화의 필요성을 보여주고자 함.
- 농업부문만을 고려한 부분균형모형에서는 노동력 감소로 인한 가계의 소득 감소와 상품 수요 감소를 고려한 경제 전체의 균형 생산량과 가격 도출이 쉽지 않으나, CGE 모형은 이것이 가능한 장점이 있음.

1.2. 노동력 공급 감소 시나리오

❍ 이 연구에서는 노동력 공급 감소가 국가 경제 전체와 국내 농업 분야에 미치는 영향을 파악하기 위해 다음의 세 가지 시나리오를 설정하였음.

- 농가의 자가 노동 공급이 10% 감소하는 경우
- 국가 전체의 고용 노동 공급이 3% 감소하는 경우
- 위의 두 가지 상황이 동시에 발생하는 경우

❍ 농가 인구는 5년 정도에 약 10% 이상 감소하고 있는 것으로 나타났음.

- 농가 인구는 2000년 403.1만 명에서 2005년 343.4만 명으로 5년 사이 14.8%가 감소하였음.

- 2021년에는 농가 인구가 221.5만 명이었음. 이는 2016년 농가 인구 249.6만 명 대비 11.3%, 2017년 242.2만 명 대비 8.5%가 감소한 수준임.

❍ 농가 인구가 5년 정도에 약 10% 감소하고 있으므로, 첫 번째 시나리오는 농가의 자가 노동력이 10% 감소하는 것을 설정하였음.

- 농축산물 생산은 농가의 가족을 포함한 자가 노동력 고용량이 타 산업에 비해 매우 높은 수준임(한국은행, 2019).
- 이 연구의 CGE 모형에서는 농가만이 자가 노동을 보유하고, 농축산물 생산 활동에서만 자가 노동과 토지를 사용하는 것으로 가정하였음.
- 이에 기반하여 농가 자가 노동력이 농가 인구와 비례한다고 가정함.

❍ 통계청(2021)에 따르면 2030년까지 한국의 인구는 10년간 0.1%씩 감소하고, 2030년부터 2070년까지는 1.24%씩 감소할 것으로 전망되었음.

❍ 두 번째 시나리오는 국가 전체의 고용 노동력 공급이 3% 감소하는 것으로 설정하였음.

- 이 연구의 CGE 모형에서는 농축산물을 포함한 모든 생산 활동에서 고용 노동을 생산요소로 사용함.
- 이에 국가 전체 인구와 고용 노동 공급이 비례한다고 가정하였음.

❍ 세 번째 시나리오는 농가의 인구 감소와 국가 전체 인구 감소가 동시에 발생하여 농가의 자가 노동 공급과 국가 전체의 고용 노동 공급 감소가 동시에 발생하는 것으로 설정하였음.

- 구체적으로 자가 노동력 공급은 10% 감소하고, 고용 노동력 공급은 3% 감소하는 경우가 동시에 발생하는 것임.

〈표 5-1〉 시나리오 설정(노동 공급 감소)

구분	가정
시나리오 1	자가 노동 공급 10% 감소
시나리오 2	고용 노동 공급 3% 감소
시나리오 3	자가 노동 공급 10%, 고용 노동 공급 3% 동시 감소

자료: 저자 작성.

1.3. 분석 결과

❍ 분석 결과는 2015년 경제 상황을 나타내는 SAM 대비 각 시나리오별 변화율로 나타내었음.

- 노동력 감소가 없는 베이스 시나리오 상황에서 국가 전체 GDP는 1,637.5조 원이며, 농축산업 분야 GDP는 27.4조 원임.[34]

❍ 자가 노동력 공급이 10% 감소하는 것으로 가정한 첫 번째 시나리오에서는 전체 농축산물 생산량이 감소하는 것으로 나타났음.

- 이는 농가 인구 감소에 따른 자가 노동력 공급 감소는 자가 노동력 투입 감소로 이어져, 농축산물 생산에 음(-)의 영향을 미친다는 것을 실증적으로 보여줌.
- 자가 노동력 공급이 10%나 감소하였음에도, 대부분 품목의 생산량 감소비율이 0.1% 내외임. 이는 자가 노동력 공급이 감소하면, 자가 노동력의 잠재가격이 상승하여 고용 노동, 자본, 토지 등 다른 생산요소의 투입량을 증가시키기 때문임.
- 특히, 맥류 및 잡곡, 콩류 등의 생산량 감소가 상대적으로 크게 나타났음.

34) CGE 모형에서 베이스 시나리오의 결과는 SAM과 일치하게 도출되어야 함.

❍ 동일한 시나리오에서 생산량 감소로 대부분의 농축산물 가격은 증가하는 것으로 나타났음.

- 다른 품목군에 비해 감자류, 채소, 과실, 화훼의 가격 상승폭이 상대적으로 크게 나타났음.
- 일부 품목은 가격이 감소하는 것으로 나타났으나, 감소폭이 매우 작은 수준임.
- 동일한 외부 여건 변화가 오더라도 농축산물 품목군별로 생산 및 소비의 특징, 다른 생산활동과의 투입 및 산출 관계 등에 따라 그 영향이 상이하게 나타날 수 있다는 것을 의미함.

❍ 국가 전체 인구가 감소하여 고용 노동 공급량이 3% 감소하는 경우를 상정한 시나리오 2 분석 결과에 따르면, 모든 농축산물의 생산량 감소율이 시나리오 1보다 더 큼.

- 고용 노동은 모든 산업 분야에서 생산요소로 사용되고 있어, 고용 노동력 공급 감소는 자가 노동력 공급 감소에 비해 상대적으로 영향이 더 크게 나타났음. 고용 노동력 공급 감소는 상품 생산에 음(-)의 영향을 주며, 임금 소득 감소로 상품 수요가 감소하기 때문임.
- 자가 노동력은 농축산업 분야에서만 사용이 되므로, 자가 노동력 공급이 감소되면, 그중 일부는 고용 노동력으로 대체가 될 수 있음. 하지만, 고용 노동력은 전체 산업에서 사용이 되므로 자가 노동력 공급량이 증가하지 않는 상황에서는 농업 분야의 고용 노동이 자가 노동으로 대체되기 어려운 구조임. 이에 자가 노동력 공급 감소보다 고용 노동력 공급 감소의 영향이 더 크게 나타난 것으로 판단됨.
- 또한 고용 노동력 공급 감소는 농축산업 분야 후방 연계 산업의 산출물인 투입재의 생산량도 감소시킴. 투입재 생산량 감소는 다시 농축산업 생산량 감소에 영향을 미침.

- 시나리오 2에서의 농업용 기계, 비료 및 질소화합물, 살충제 및 농약의 생산량은 베이스 시나리오에 비해서 각각 2.865%, 1.477%, 1.374% 감소함〈표 5-4〉.

❍ 시나리오 2 분석에 따르면, 모든 농축산물 생산량 감소로 소비자 가격은 대부분 증가하는 것으로 나타났음.

❍ 농가의 자가 노동력 공급이 10%, 국가 전체의 고용 노동력 공급이 3% 감소하는 상황이 동시에 발생할 경우 모든 농축산물 생산량은 감소하는 것으로 나타났음.

- 농축산물의 생산량 및 소비자 가격의 변화 방향은 시나리오 2와 같으며, 변화의 크기는 더 큼. 이는 국가 전체의 고용 노동력 공급 3% 감소 영향에 농가의 자가 노동력 공급 10% 감소 영향이 더해졌기 때문임.

〈표 5-2〉 농축산업 생산량 및 가격 변화(노동 공급 감소)

단위: %

구분	시나리오 1		시나리오 2		시나리오 3	
	생산량	가격	생산량	가격	생산량	가격
벼	-0.062	-0.001	-1.375	-0.023	-1.433	-0.024
맥류 및 잡곡	-0.094	0.001	-2.088	0.025	-2.176	0.026
콩류	-0.109	0.012	-2.419	0.261	-2.521	0.272
감자류	-0.060	0.022	-1.347	0.486	-1.403	0.506
채소	-0.080	0.029	-1.777	0.646	-1.852	0.674
과실	-0.094	0.021	-2.100	0.467	-2.189	0.487
화훼	-0.081	0.030	-1.800	0.668	-1.876	0.696
약용	-0.039	-0.002	-0.860	-0.040	-0.896	-0.042
종자	-0.114	0.025	-2.541	0.563	-2.648	0.587
기타 식용	-0.152	0.022	-3.371	0.497	-3.513	0.519
기타 비식용	-0.154	0.003	-3.412	0.060	-3.555	0.062
낙농	-0.056	0.008	-1.249	0.190	-1.302	0.198
축우	-0.055	0.009	-1.232	0.210	-1.284	0.218
양돈	-0.055	-0.009	-1.227	-0.200	-1.279	-0.209
가금	-0.060	-0.006	-1.343	-0.144	-1.400	-0.150
기타 축산	-0.088	0.011	-1.963	0.244	-2.046	0.255

주: 가격은 국내 생산재 중 국내 공급량과 수입재를 Armington 결합한 국내시장 복합재의 가격임.
자료: 저자 작성,

❍ 노동력 공급 감소가 거시 지표에 미치는 영향을 보기 위해 농업 분야와 국가 전체 GDP 변화, 가구 소득 변화, 물가 변화, 본원적 생산요소 가격 변화를 계측하였음.

❍ 자가 노동력 공급이 10% 감소하는 것으로 가정한 시나리오 1에서 농축산업 분야 명목 GDP는 0.053%, 실질 GDP는 0.073%가 감소하는 것으로 나타났음.

- 국가 전체 명목 GDP는 0.063%, 실질 GDP는 0.068% 감소하는 것으로 나타났음.
- 농축산물 가격 증가보다 생산량 감소가 상대적으로 더 크므로 명목 GDP가 감소하고, 실질 GDP 감소폭은 더 큰 것으로 판단됨.

❍ 가구 소득을 보면 농가의 가구 소득은 1.155%, 비농가는 0.030% 정도 감소하는 것으로 나타났음.

- 자가 노동은 농가만 보유하고 있는 자원이므로 자원 부존량 감소로 인한 농가 가구 소득 감소가 비농가보다 크게 나타났음.
- 자가 노동력 공급 감소로 인한 농축산물 생산량의 감소는 전후방 관련 산업의 생산량 감소로 이어지는 등 국가 전체 산업의 생산량 감소를 유발하므로 이에 따라 비농가의 소득도 감소하는 것으로 판단됨.
- 〈표 5-4〉에서 보듯이 음식점, 정곡, 제분 등 모든 전방 연계 산업과 농업용 기계 등 모든 후방 연계 산업의 생산량이 감소함.

❍ 자가 노동 잠재 가격은 공급량 감소로 5.416% 증가하였음.

- 고용 노임은 0.003%, 자본 가격은 0.061%, 토지 잠재 가격은 0.022% 감소하는 것으로 나타났음. 이는 자가 노동력 공급 감소로 인해 다른 자원의 공급량이 상대적으로 증가한 것에 기인함.

- 다른 생산요소에 비해 고용 노동의 가격 감소폭이 상대적으로 작음. 이는 1차적으로 자가 노동력이 고용 노동력으로 대체되기 때문인 것으로 판단됨.

○ 국가 전체의 부존자원으로 볼 수 있는 고용 노동력 공급이 3% 감소한 시나리오 2에서는 농업 분야와 국가 전체 GDP, 농가와 비농가 소득 모두 감소하는 것으로 나타났음.

- 고용 노동력은 농가와 비농가 모두 보유한 자원임. 이에 자가 노동력과 고용 노동력을 모두 보유한 농가의 소득 감소폭(0.970%)보다 비농가의 소득 감소폭(1.328%)이 상대적으로 더 크게 나타났음.

○ 고용 노동 공급량만 감소한 시나리오 2에서는, 고용 노동 가격이 1.612% 증가하는 것으로 나타났음.

- 고용 노동력과 1차적인 대체 관계에 있는 자가 노동력 가격도 0.137%가 증가하는 것으로 나타났음. 이는 농축산업 분야에서 고용 노동력과 자가 노동력이 대체관계이기 때문임.
- 자본 가격은 1.352%, 토지 가격은 0.494% 감소하는 것으로 나타났음.
- 이 연구의 CGE 모형에서는 농축산업을 제외한 다른 사업에서는 생산요소로 고용 노동과 자본만을 사용하는 것으로 가정하였음. 고용 노동력 공급 감소는 자본 공급량의 상대적 증가로 자본 가격이 하락하는 데 영향을 미친 것으로 판단됨.

○ 앞의 두 가지 경우가 동시에 발생하는 시나리오 3에서는 농업 및 국가 전체 GDP, 가구 소득 모두 감소하며, 변화의 크기가 시나리오 2보다 큼.

- 자가 노동과 고용 노동 모두 감소한 영향으로 자가 노임 5.559%, 고용 노임 1.613%가 감소하였음. 자가 노동 공급 감소량이 고용 노동 공급 감소량보다 크므로 가격 상승폭이 상대적으로 크게 나타났음.

- 노동 공급량 감소는 토지, 자본의 상대적 희소성을 감소시켜 해당 생산요소의 가격은 감소하는 것으로 나타났음.

〈표 5-3〉 거시 지표 변화(노동 공급 감소)

단위: %

구분		시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3
농업 분야 GDP	명목	-0.053	-1.186	-1.236
	실질	-0.073	-1.627	-1.695
국가 전체 GDP	명목	-0.063	-1.406	-1.465
	실질	-0.068	-1.520	-1.585
가구소득(명목)	농가	-1.155	-0.970	-2.125
	비농가	-0.030	-1.328	-1.354
생산요소 가격	고용 노동	-0.003	1.612	1.613
	자가 노동	5.416	0.137	5.559
	자본	-0.061	-1.352	-1.409
	토지	-0.022	-0.494	-0.515

주: 토지의 가격은 집계 가격임.
자료: 저자 작성,

❍ 노동 공급량이 감소하는 시나리오에서 농축산업 전·후방 연계 산업의 생산량은 모두 감소하는 것으로 나타났음.

- CGE 모형에서는 농축산업 전·후방 연계 산업에 대한 영향은 생산요소인 노동력 공급 감소로 인한 직접적인 영향, 연계 산업인 농축산업의 생산량 감소로 인한 간접적인 영향이 혼합되어서 그 영향이 나타남.

- 자가 노동 공급이 감소하여 농축산물 생산이 감소하는 영향(시나리오 1)보다는 고용 노동력 공급이 감소하여 산업 생산에 미치는 직접적인 영향(시나리오 2)이 상대적으로 크게 나타났음. 국가 전체의 노동력 감소는 생산요소 공급 감소로 인한 생산활동 자체뿐만 아니라 가계의 소득을 감소시켜 농축산업과 전·후방 연계 산업이 생산하는 상품 수요에 미치는 음(-)의 영향이 상당함을 알 수 있음.

- 모든 시나리오에서 생산량 변동폭보다는 최종 가격 변동폭이 상대적으로 적게 나타났음.

〈표 5-4〉 연계 산업 생산량 및 가격 변화(노동 공급 감소)

단위: %

구분		시나리오 1		시나리오 2		시나리오 3	
		생산량	가격	생산량	가격	생산량	가격
전방 연계 산업	음식점(외식)	-0.062	0.009	-1.383	0.192	-1.441	0.201
	정곡	-0.053	0.000	-1.184	-0.001	-1.235	-0.001
	제분	-0.056	-0.003	-1.238	-0.069	-1.291	-0.072
	원당 및 정제당	-0.015	-0.010	-0.342	-0.229	-0.357	-0.239
	전분 및 당류	-0.056	0.002	-1.239	0.036	-1.291	0.038
	떡, 빵 및 과자류	-0.054	0.009	-1.207	0.206	-1.258	0.215
	면류	-0.056	0.007	-1.242	0.146	-1.294	0.152
	조미료 및 첨가용식품	-0.055	0.006	-1.233	0.125	-1.285	0.130
	유지	-0.059	0.005	-1.325	0.109	-1.381	0.113
	과실 및 채소 가공품	-0.065	0.008	-1.445	0.190	-1.507	0.198
	기타 식료품	-0.049	0.001	-1.088	0.025	-1.134	0.026
	음료 및 주류	-0.057	0.002	-1.271	0.033	-1.324	0.034
	도축육	-0.055	0.001	-1.224	0.025	-1.276	0.026
	가금육	-0.058	-0.003	-1.302	-0.074	-1.357	-0.077
	육가공품	-0.054	0.002	-1.203	0.040	-1.254	0.041
	낙농품	-0.053	0.006	-1.180	0.127	-1.229	0.133
후방 연계 산업	농업용 기계	-0.129	0.002	-2.865	0.037	-2.986	0.039
	농림어업서비스	-0.067	0.028	-1.495	0.637	-1.558	0.664
	비료 및 질소화합물	-0.066	-0.004	-1.477	-0.093	-1.539	-0.097
	살충제 및 농약	-0.062	-0.007	-1.374	-0.169	-1.433	-0.177
	사료	-0.056	0.003	-1.256	0.060	-1.309	0.062
	의약품(동물약품)	-0.025	-0.008	-0.549	-0.172	-0.572	-0.179

주 1) 의약품에서 동물용 약품 산업을 따로 구분하지는 않았음.
2) 가격은 국내 생산재 중 국내 공급량과 수입재를 Armington 결합한 국내 시장 복합재의 가격임.
자료: 저자 작성,

2. 국제 원자재 가격 변화 영향 분석

2.1. 분석 배경

❍ 이상기후로 인한 식량 생산의 불확실, 우크라이나-러시아 전쟁 등으로 인한 국제 곡물 공급망의 불안정 등으로 인해 국제 곡물가, 국제유가 등의 급등이 빈번하게 발생함.

- 국제 곡물과 원유 가격이 급등하는 이유는 크게 생산 및 재고 감소와 국제 물류에 어려움이 발생하는 경우로 나눌 수 있음.
- 이상기후는 생산 감소 및 그로 인한 재고량 감소를 유발하고, 러시아-우크라이나 전쟁은 국제 물류에 장애를 유발함.

❍ 국내 농업 및 국가 경제가 대외 여건에 의해 영향을 받는 대표적인 요인은 국제 곡물 가격, 원유(Crude Oil) 가격 상승으로 인한 수입 물가 상승임.

- 한국은 쌀을 제외한 밀, 옥수수, 대두 등 주요 곡물의 자급률이 10%에도 미치지 못해 수입에 크게 의존하는 실정임.
- 동시에 한국은 자국에서 원유가 생산되지 않아, 원유의 전량을 수입하고 있음.
- 2022년 러시아-우크라이나 전쟁 초기에는 국제 곡물가와 원유 가격이 크게 급등하기도 하였음.

❍ 국제 곡물 가격 상승은 국내 동일 품목 혹은 대체재 생산량을 증가시킬 수도 있고, 수입된 곡물이 투입재로 사용되는 산업의 산출물 가격을 증가시킬 수도 있음.

- 예를 들어, 국제 옥수수 가격이 상승하면 옥수수를 주요 원료로 사용하는 배합사료 가격이 상승함. 배합사료 가격 상승은 축산물생산비를 상승시키며, 축산물 가격 상승으로 연결됨. 또한 축산물 가격 상승은 축산물을 주원료로 이용하는 육가공산업의 생산비를 상승시키며, 외식 등 관련 산업의 산출물 가격도 상승시키는 파급 영향을 유발하게 됨.
- 즉, 국제 옥수수 가격 상승은 배합사료 가격 상승뿐만 아니라, 축산물 가격, 육가공품 가격을 상승시켜, 종국적으로 최종 소비자 가격 상승으로 연결됨.

❍ 원유는 석유정제업의 주투입재로 사용되어, 국제 원유가 상승은 석유정제업 산출물의 가격을 상승시킴. 동시에 정제된 석유는 다양한 산업의 투입재로 사용되어 국가 전체에 미치는 영향이 매우 큼.

❍ 이처럼 국제 곡물가 및 원유가 상승은 직접적으로 해당 상품을 원료로 사용하는 상품의 가격 상승을 유발할 뿐만 아니라, 관련된 모든 산업의 가격 및 생산량에도 영향을 미침.

- 곡물 가격, 원유가 상승의 농업 부분에 미치는 직접적 영향뿐만 아니라, 국가 전체에 미치는 영향이 다시 농업부문에 미치는 간접적인 영향까지 균형상태에서 파악하기 위해서는 농업 분야에 특정된 부분균형모형이 아니라 국가 전체 산업의 수요와 공급, 산업 간 관계, 가계 소득 등을 반영한 일반균형모형이 유용함.

❍ 국제 원자재 가격 상승이 국내 농업과 국가 경제에 미치는 영향을 파악하고 이를 대비해야 할 필요가 있음. 곡물 가격, 원유가 상승에 대한 대비책을 마련하기 이전에 그 영향을 파악하는 것이 필요함. 이에 본 연구에서는 국제 원자재 가격 상승의 영향을 분석하고자 함.

- 곡물 가격, 원유가 상승이 농축산물 생산량과 가격에 미치는 영향뿐만 아니라, 비료 및 질소화합물, 사료 등 후방 연계 산업과, 농축산물을 주원료로 하는 식품산업 등 전방 연계 산업의 생산량과 가격에 미치는 영향 등을 국가 경제 전체의 균형상태에서 분석하고자 함.

1.2. 국제 원자재 가격 상승 시나리오

❍ 우리나라는 다양한 원자재를 수입하고 있으나, 본 연구에서 가장 대표적인 것으로 국제 곡물과 원유를 상정하였음.

❍ 이 연구에서는 국제 원자재 가격 상승의 시나리오를 아래와 같이 두 가지로 가정하였음.

- 국제 곡물 가격(맥류 및 잡곡의 수입 가격)이 5% 상승하는 경우
- 원유 가격이 20% 상승하는 경우

〈표 5-5〉 시나리오 설정(국제 원자재 가격 상승)

구분	가정
국제 곡물 가격 상승	국제 곡물 가격 5% 상승
원유 가격 상승	원유 가격 20% 상승

자료: 저자 작성.

1.3. 분석 결과

❍ 국제 곡물 가격(맥류 및 잡곡)이 5% 상승한 것을 가정한 시나리오에서는 맥류 및 잡곡을 제외한 나머지 농축산물 생산량이 감소하는 것으로 나타났음.

- 수입되는 맥류 및 잡곡 가격의 상승으로 장기적으로 수입 대체가 일어나 국내 생산량이 12.505%가 상승하는 것으로 나타남. 베이스 시나리오에서 맥류 및 잡곡의 국내 생산량이 매우 작으므로, 증가율은 크나, 증가량은 절대적으로 크게 증가하지 않음.
- 나머지 농축산물은 맥류 및 잡곡과 자가 노동, 토지 등 생산요소 사용에 있어서 경쟁 관계에 있음. 맥류 및 잡곡 생산에 투입되는 생산요소 사용량이 증가하여 나머지 농축산물의 생산량은 감소하는 것으로 나타남.

❍ 국제 곡물 가격 상승 시나리오에서는 맥류 및 잡곡의 수입 가격 증가하고 사료 등을 원료로 사용하는 축산물 생산업의 산출물 최종 가격이 증가하는 것으로 나타났음〈표 5-6〉.

- 맥류 및 잡곡은 대부분 수입에 의존하므로 해당 상품의 소비자 가격은 4.673% 상승하는 것으로 나타남. 이는 맥류 및 잡곡의 전체 소비량 중 국내 생산량이 차지하는 부분이 매우 작아, 국제 가격 상승의 영향을 대부분 받기 때문으로 판단됨.
- 사료를 주요 투입재로 사용하는 낙농, 축우, 양돈, 가금업의 소비자 가격 상승이 다른 농축산물보다 높게 나타남.
- 옥수수를 중심으로 수입되는 국제 곡물은 국내에서 사료의 원료로 사용되어 간접적으로 축산물 생산 가격에 영향을 미친다는 것이 정량적으로 나타났음.
- 맥류 및 잡곡을 주원료로 하는 제분과 전분 및 당류의 가격은 각각 1.901%, 0.968% 상승함.

❍ 원유 가격이 20% 상승하는 것을 가정한 시나리오 분석 결과에 따르면, 주요 농축산물 국내 생산량 변화는 상품에 따라 상이하게 나타남.

- 맥류 및 잡곡, 콩류, 과실 등의 생산량은 증가하였음. 그러나 벼, 낙농, 축우 등의 생산량은 감소함.
- 대부분의 농축산물의 가격 변화는 상품별로 상이하게 나타났음.
- 이는 생산활동별로 원유를 원료로 하는 석유화학 제품의 투입량 및 생산함수가 다르기 때문으로 판단됨.

〈표 5-6〉 농축산업 생산량 및 가격 변화(국제 원자재 가격 상승)

단위: %

구분	국제 곡물 가격 상승		원유 가격 상승	
	생산량	가격	생산량	가격
벼	-0.041	-0.008	-0.542	-0.544
맥류 및 잡곡	12.505	4.673	3.005	0.689
콩류	-0.092	-0.017	1.703	0.230
감자류	-0.059	-0.021	-0.375	-0.523
채소	-0.024	-0.019	-0.469	-0.243
과실	-0.018	-0.018	0.065	-0.105
화훼	-0.004	-0.019	-0.673	1.083
약용	-0.021	-0.019	-0.031	-0.702
종자	-0.011	-0.018	0.913	-0.112
기타 식용	-0.065	-0.016	2.017	0.168
기타 비식용	-0.038	-0.014	2.770	0.667
낙농	-0.103	0.536	-0.542	-0.096
축우	-0.166	0.580	-0.319	-0.042
양돈	-0.165	0.417	-0.320	-0.231
가금	-0.094	0.389	-0.476	-0.286
기타축산	-0.365	0.145	1.204	0.064

주: 가격은 국내 생산재 중 국내 공급량과 수입재를 Armington 결합한 국내 시장 복합재의 가격임.
자료: 저자 작성,

❍ 국제 곡물 가격이 5% 상승한 시나리오에서는 농업 분야 명목 GDP는 0.025% 증가하고, 실질 GDP는 0.037%가 증가하는 것으로 나타났음.

- 같은 상황에서 국가 전체 명목 GDP는 0.022%, 실질 GDP는 0.001% 감소하는 것으로 나타났음.

- 농업 분야 GDP 증가는 국제 곡물 가격이 상승하여 장기적으로 수입 대체가 일어나 국내 맥류 및 잡곡 생산량이 증가하였기 때문임.
- 따라서 농축산업 분야 GDP는 증가하나, 국가 전체 GDP는 매우 미미하지만 감소하는 것으로 나타났음.

❍ 국제 곡물 가격 상승 시나리오에서 가구 소득의 변동을 보면 농가의 가구 소득은 0.005% 비농가는 0.022% 감소하는 것으로 나타났음.

- 농가 소득이 비농가 소득에 비해 감소폭이 적은 것은 맥류 및 잡곡 등 농축산물 생산에 투입되는 자가 노동과 토지의 잠재 가격이 상승한 것에 기인하는 것으로 판단됨.
- 비농가는 고용 노동과 자본만을 보유하므로, 두 가지 생산요소의 상대 가격이 하락하여 소득 감소폭이 상대적으로 더 크게 나타남.

❍ 동일한 시나리오에서 자가 노임은 0.010%, 토지 가격은 0.093%가 증가하고, 고용 노임은 0.024%, 자본 가격은 0.022% 감소하는 것으로 나타남.

- 국제 곡물 가격 증가는 장기적으로 수입산의 국산 대체를 유발하여 맥류 및 잡곡 생산량 증가를 유발하고, 이 상품의 생산에 투입되는 생산요소인 자가 노동과 토지 가격을 상승시킴.
- 반대로 고용 노동과 자본은 상대적으로 희소성이 떨어져 가격이 감소하는 것으로 나타남.

❍ 국가 전체 모든 산업과 관련된 원유 가격이 20% 상승하는 경우 농업 분야 명목 GDP는 1.265%, 실질 GDP는 0.221% 하락하는 것으로 나타남.

- 국가 전체 GDP는 1.115%, 명목 GDP는 0.353% 감소하는 것으로 나타남.

- 수입 물가 상승으로 인해 명목 GDP 변동보다 실질 GDP 변동 폭이 상대적으로 작게 나타남. 앞서 노동력 공급 감소 영향에서는 명목 GDP보다 실질 GDP 변동이 더 크게 나타났음.

❍ 원유 가격이 20% 상승한 경우 농가와 비농가의 소득은 각 1.029%, 0.997% 감소하는 것으로 나타남. 국가 전체와 농업 분야 실질 GDP 감소와 함께 생산요소 가격도 모두 감소하는 것으로 나타남.

- 구체적으로 고용 노임은 0.998%, 자가 노임은 1.085%, 자본 가격은 1.108%, 토지 가격은 1.293% 감소하였음.

〈표 5-7〉 거시 지표 변화(국제 원자재 가격 상승)

단위: %

구분		국제 곡물 가격 상승	원유 가격 상승
농업 분야 GDP	명목	0.025	-1.265
	실질	0.037	-0.221
국가 전체 GDP	명목	-0.022	-1.115
	실질	-0.001	-0.353
가구소득(명목)	농가	-0.005	-1.029
	비농가	-0.022	-0.997
생산요소 가격	고용 노동	-0.024	-0.988
	자가 노동	0.010	-1.085
	자본	-0.022	-1.108
	토지	0.093	-1.293

자료: 저자 작성.

❍ 국제 곡물 가격은 농축산업 연계 산업에도 영향을 미치는 것으로 나타남.

- 맥류 및 잡곡의 수입 가격 증가로 인한 맥류 및 잡곡의 가격 상승과 맥류 및 잡곡을 제외한 다른 농축산물의 생산량 감소로 인해 농축산물을 원료로 하는 식품산업 등 전방 연계 산업의 생산량은 감소하고 가격은 상승함〈표 5-8〉.

- 수입 곡물을 주요 원료로 사용하는 사료와 제분의 생산량 감소폭이 상대적으로 더 크게 나타났음. 동시에 가격은 각 1.019%, 1.901%가 상승하는 것으로 나타났음. 또한 전분 및 당류, 면류의 최종 가격도 각 0.968%, 0.388% 상승하는 것으로 나타났음.
- 사료 등 투입재 가격의 상승으로 축산물 가격이 상승하고, 축산물을 주요 원료로 사용하는 도축육, 가금육, 육가공품, 낙농품의 가격도 동시에 상승하는 것으로 나타났음. 이는 국제 곡물 가격 상승의 2차 간접 영향을 볼 수 있음.

❍ 원유 가격의 20% 상승은 원유를 주원료로 사용하는 후방 연계 산업 등에 미치는 영향이 상대적으로 큰 것으로 나타났음.

- 원유 가격이 상승하여 비료 및 질소화합물, 살충제 및 농약의 생산량이 감소하고, 최종 소비자 가격은 각 1.051%, 1.135% 증가하는 것으로 나타났음.
- 이 외에 원유정제 처리제품, 윤활유 및 기타 석유정제품의 가격이 각 14.539%, 12.968% 증가하는 것으로 나타났음. 이는 국제 원유가 상승의 직접적인 영향으로 볼 수 있음.

〈표 5-8〉 관련 산업 생산량 및 가격 변화(국제 원자재 가격 상승)

단위: %

구분		국제 곡물 가격 상승		원유 가격 상승	
		생산량	가격	생산량	가격
전방 연계 산업	음식점(외식)	-0.031	0.047	-0.510	-0.122
	정곡	-0.041	0.015	-0.418	-0.388
	제분	-0.427	1.901	-0.367	0.156
	원당 및 정제당	-0.127	-0.016	1.248	0.289
	전분 및 당류	-0.490	0.968	-0.178	0.222
	떡, 빵 및 과자류	-0.093	0.167	-0.501	0.102
	면류	-0.192	0.388	-0.411	0.117
	조미료 및 첨가용식품	-0.064	0.069	-0.426	0.067
	유지	-0.222	0.114	-0.987	0.453
	과실 및 채소 가공품	-0.035	-0.009	0.010	0.141

(계속)

구분		국제 곡물 가격 상승		원유 가격 상승	
		생산량	가격	생산량	가격
전방 연계 산업	기타 식료품	-0.057	0.064	-0.413	-0.092
	음료 및 주류	-0.046	0.048	-0.387	0.091
	도축육	-0.165	0.298	-0.320	0.122
	가금육	-0.060	0.213	-0.389	-0.189
	육가공품	-0.055	0.106	-0.503	0.063
	낙농품	-0.102	0.172	-0.520	0.205
후방 연계 산업	농업용 기계	0.003	-0.020	0.176	-0.223
	농림어업서비스	0.041	-0.019	-0.385	0.275
	비료 및 질소화합물	0.064	-0.016	-1.036	1.051
	살충제 및 농약	-0.022	-0.018	-0.576	1.135
	사료	-0.193	1.019	-0.389	0.304
	의약품(동물약품)	-0.006	-0.015	0.211	0.265
원유 관련 산업	원유정제처리제품	0.004	-0.016	-20.584	14.539
	윤활유 및 기타 석유정제품	0.018	-0.018	-16.139	12.968

주 1) 의약품에서 동물용 약품 산업을 따로 구분하지는 않았음.
2) 가격은 국내 생산재 중 국내 공급량과 수입재를 Armington 결합한 국내 시장 복합재의 가격임.
자료: 저자 작성.

3. 양돈산업 규모별 영향 분석

3.1. 분석 배경

❍ 우리나라 양돈산업은 사양기술 개발, 노동력 절감 등으로 생산성 향상을 바탕으로 성장하며, 국민에 단백질 공급원으로써 기여하고 있음.

- 돼지고기 1인당 소비량은 2000년 16.5kg에서 2021년 27.6kg으로 1.7배 증가했으며, 2021년 기준 육류 소비량 중에서 49.2%를 차지하고 있음.
- 돼지고기는 육류 중에서 소비량이 가장 많아 국민 생활에 가장 밀접한 품목이라 할 수 있으며, 국가 물가 변동 수준을 나타내는 주요 품목 중 하나임.

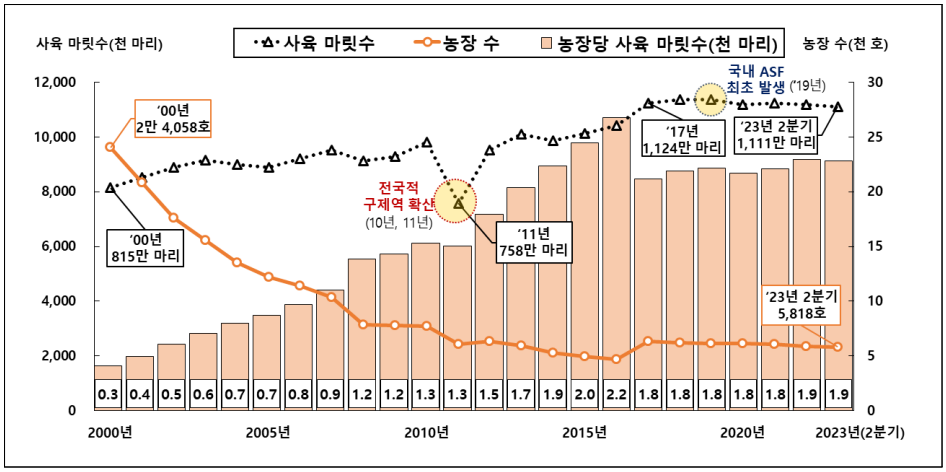
〈표 5-9〉 1인당 육류 소비량 추이

연도	육류 전체 (일/kg)	쇠고기		돼지고기		닭고기		〈참고〉 자급률(%)
		소비량 (일/kg)	비율 (%)	소비량 (일/kg)	비율 (%)	소비량 (일/kg)	비율 (%)	
2000	32.9	9.5	28.9	16.5	50.2	6.9	21.0	65.3
2005	31.3	6.0	19.2	17.8	56.9	7.5	24.0	66.7
2010	38.7	8.7	22.5	19.3	49.9	10.7	27.6	64.5
2015	46.9	11.0	23.5	22.5	48.0	13.4	28.6	68.6
2020	52.5	12.9	24.6	27.1	51.6	12.5	23.8	68.9
2021	56.1	13.9	24.8	27.6	49.2	14.6	26.0	67.3
연평균증가율 ('00~'21, %)	2.57	1.83	-	2.48	-	3.63	-	-

자료 : 농림축산식품부(2022), 《농림축산식품 주요통계 2022》.

○ 돼지고기 소비 증가로 돼지 사육 마릿수는 2000년 815만 마리에서 2023년 2분기 기준 1,111만 마리로 증가하면서 양돈산업 규모가 확대되었음. 돼지 사육 농장 수는 같은 기간 2만 4천 호에서 1/4 수준인 5,818호로 감소하였으나, 농장당 사육 마릿수는 2000년 339마리에서 2023년 1,910마리로 증가해 대규모화가 진행되고 있음.

〈그림 5-1〉 돼지 사육 및 농장 현황

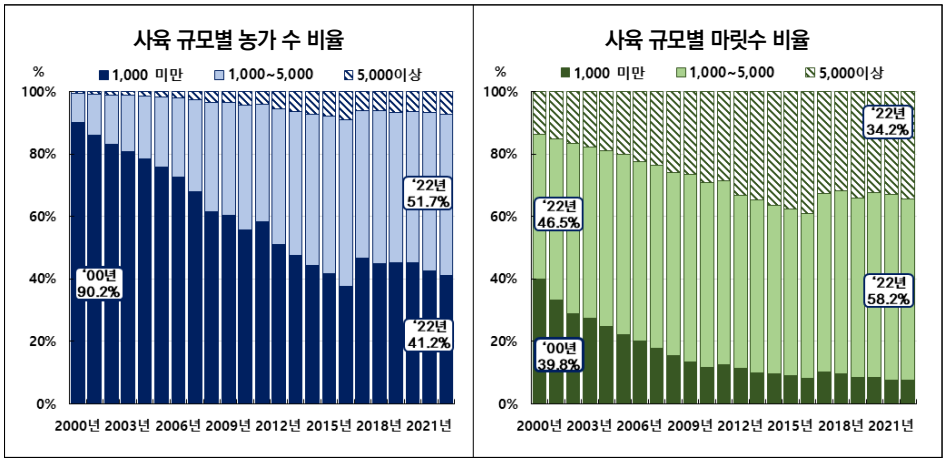


자료: 통계청(각 연도), 《가축동향조사》.

○ 우리나라 양돈산업은 사육 마릿수 증가 및 소규모 농가의 퇴출로 대규모화가 진전되고 있음. 사육 규모별 농가 수 비율은 2000년에는 1,000마리 미만 사육 농가가 2만 1,501호(90.2%)로 대부분이었으나, 2022년에는 2,344호(41.2%)로 감소함.

- 사육 규모별 사육 마릿수 비율도 소규모 농가 퇴출 및 대규모화 진전으로 1,000마리 이상 농가의 사육 마릿수 비율이 92.4%로 증가함.

〈그림 5-2〉 돼지 사육 규모별 농가 수 및 마릿수 비율



자료: 통계청(각 연도), 《가축동향조사》.

○ 양돈산업은 대규모화가 진행되는 가운데 가족 노동 중심의 중소규모 농가와 고용 노동 중심의 대규모 농가는 사육 규모별 노동(자가 노동, 고용 노동), 자본 등 생산요소와 사료 등 중간 투입재의 투입구조에서도 차이가 드러나고 있음.

○ 양돈산업의 대외 여건과 관련해 사료 원료 곡물의 수입의존도가 높아 이상기온, 전쟁 등 곡물 수급 불균형에 따른 국제 곡물 가격 변동에 취약하다는 문제가 지적되고 있음(김종진 외, 2022). 이로 인해 국제 곡물 가격 변동은 사료 가격 불안정 및 국내 양돈산업의 경쟁력을 저하시키는 요인으로 작용함.

- 최근 기상이변이 한층 심화하고 있으며, 국가 간 무역분쟁 및 우크라이나-러시아 전쟁이 장기화되는 가운데 국제 곡물 가격 변동에 따른 영향 분석은 양돈농가의 경영안정을 위해서도 필요함.

○ 대내 여건과 관련해 2001년 이후 시작된 초저출산 현상(합계출산율 1.3 미만)에 따른 인구증가율 감소와 고령화 문제는 우리나라 경제 전체에 큰 영향을 미칠 것으로 예상되며, 이러한 현상은 농촌지역이나 농축산업에 더 크게 작용하고 있음(정민국 외, 2020).

- 따라서 저출산 고령화로 인구가 감소가 예상되는 가운데 국가 전체 노동력 공급 감소나 농가 감소(자가 노동 공급 감소)가 양돈산업에 미치는 영향에 대해서도 분석할 필요가 있음.

○ 따라서 한국농업의 특성을 반영한 한국 농업 특화 CGE 모형을 활용해 국제 곡물 가격변화나 인구구조 변화 등 대내·외 여건 변화가 양돈산업에 미치는 영향을 모의 시나리오 분석함.

- 아울러 이러한 대내·외 여건 변화가 양돈산업 규모별로 차별화된 영향이 있는지 검토함. 이러한 분석 결과는 대내·외 여건 변화에 대응하여 양돈산업 경영안정을 위한 방안 및 정책 대상자 선정을 위한 기초자료로 활용이 기대됨.

3.2. 양돈산업 규모 구분과 분석 시나리오

3.2.1. 양돈산업 규모 구분

○ 국제 곡물 가격 상승 등 거시적인 환경변화가 양돈산업에 미치는 영향은 사육규모별 노동(자가 노동, 고용 노동), 자본 등 생산요소와 중간 투입재의 투입

구조 차이로부터 발생하게 됨. 이러한 사육 규모별 차별화된 파급 영향을 분석하기 위하여 한국 농업 특화 SAM을 기초로 우리나라 양돈산업을 '중소규모'와 '대규모'로 세분함.

❍ 따라서 72개의 산업부문으로 구성된 한국 농업 특화 SAM에서 양돈산업의 생산활동을 '중소규모 양돈'과 '대규모 양돈'으로 세분화함에 따라 총 73개 산업부문으로 구성된 SAM을 분석에 활용함.

- 따라서 생산활동은 '중소규모 양돈'과 '대규모 양돈'으로 구분되며 '중소규모 양돈'과 '대규모 양돈'에서 생산된 상품은 동일한 즉 "2생산활동-1상품" 형태의 SAM을 구성하고 이를 CGE 모형에 활용함.[35]

❍ 양돈농가의 규모 구분을 위한 기초자료는 축산물생산비통계의 사육 규모별 비육돈 1마리당 사육비와 사육 규모별 농가 수 및 사육 마릿수(가축방역위생관리본부 축산농장현황)와 도축실적(농림축산검역본부)을 이용해 산업연관표의 양돈부문을 중소규모와 대규모 농가로 세분하였음.[36]

❍ 양돈농가 사육 규모 구분은 〈표 5-10〉과 같이 2,000마리를 기준으로 구분함.[37]

- 사육 규모별 농가 수는 중소규모 농가(2,000마리 미만)는 4,332호(73.6%)이며, 대규모 농가(2,000마리 이상)는 1,557호(26.4%)로 중소규모 농가 수가 대규모 농가 수보다 약 3배 많은 것으로 나타남.

---

35) 한국 농업 특화 CGE 모형은 생산활동과 상품을 구분하고 있기 때문에 다수의 생산활동이 하나의 상품을 공급하는 경우 분석이 가능함.

36) 사육 규모별 투입구조의 차이를 반영하기 위한 기초자료인 통계청(각 연도), 《축산물생산비통계》의 양돈농가 사육 규모 구분은 1,000두 미만, 1,000~1,999두, 2,000~2,999, 3,000두 이상이나 통계청(각 연도), 《가축동향조사(통계청)》의 사육 규모는 1,000두 미만, 1,000~5,000두 미만, 5,000~10,000두 미만, 10,000두 이상으로 구분됨. 따라서 기업농 기준인 2,000마리를 기준으로 구분하기 위해 가축방역위생관리본부에서 관리하는 "팜스(FAHMS)" 축산농장 데이터베이스를 활용함.

37) 돼지 사육 농가는 2,000마리 이상 규모부터 기업농으로 분류됨(가축위생방역관리본부, 2021).

- 한편, 사육 규모별 사육 마릿수는 대규모 농가(2,000마리 이상)에서 63.1%를 차지하고 있어 양돈산업 생산액에서 더 큰 비율을 차지하고 있음.

〈표 5-10〉 사육 규모별 돼지 사육현황(2015년 기준)

단위: 호, 마리, %

구분	단위	중소규모 양돈농가 (2,000마리 미만)	대규모 양돈농가 (2,000마리 이상)	전체
농가 수	호	4,332	1,557	5,889
	(%)	(73.6)	(26.4)	(100.0)
사육 마릿수	천 마리	3,593	6,142	9,735
	(%)	(36.9)	(63.1)	(100.0)
호당 사육 마릿수	마리	829	3,945	1,653

주: 가축방역위생관리본부에서 관리하는 "팜스(FAHMS)" 축산농장 데이터베이스로 국가승인통계인 통계청 《가축동향조사》와 상이할 수 있음.
자료: 가축위생방역지원본부(2021), 《가축방역관리를 위한 축산농장 통계》.

○ 비육돈 1마리당 사육비를 사육 규모별로 비교하면, 중소규모 농가(2,000마리 미만)는 대규모 농가(2,000마리 이상)보다 가축비, 사료비, 자가 노동비, 기계 및 시설비 등 지출이 많음. 이에 비해 대규모 농가(2,000마리 이상)는 고용 노동비 지출이 많으나, 전반적인 사육비는 중소규모 농가(2,000마리 미만)보다 적은 것으로 나타남.

〈표 5-11〉 사육 규모별 비육돈 사육비(2015년 기준)

단위: 원/마리

구분	중소규모 양돈농가 (2,000마리 미만)(A)		크기 비교	대규모 양돈농가 (2,000마리 이상)(B)		A-B
		비율(%)			비율(%)	
가축비	97,761	(28.8)	〉〉	70,750	(23.7)	-27,011
사료비	169,464	(50.0)	〉	165,963	(55.7)	-3,501
수도광열비	3,609	(1.1)	〉	3,522	(1.2)	-87
방역치료비	7,808	(2.3)	〈	9,456	(3.2)	1,649
기계 및 시설비	15,456	(4.6)	〉〉	12,257	(4.1)	-3,200

(계속)

구분	중소규모 양돈농가 (2,000마리 미만)(A)		크기 비교	대규모 양돈농가 (2,000마리 이상)(B)		A-B
		비율(%)			비율(%)	
고용 노동비	5,910	(1.7)	≪	10,986	(3.7)	5,076
기타비용	15,072	(4.4)	>	14,119	(4.7)	-953
일반비소계	315,078	(92.9)	>>	287,052	(96.3)	-28,027
자가 노동비	17,560	(5.2)	>>	4,561	(1.5)	-12,999
자본용역비	5,515	(1.6)	<	5,685	(1.9)	170
토지용역비	1,067	(0.3)	>	873	(0.3)	-194
비용합계	339,219	(100.0)	>>	298,170	(100.0)	-41,049

주: 축산물생산비통계 사육비 항목별로 집계하였으며, 2,000마리 미만은 축산물생산비통계 사육규모 구분의 1,000마리 미만과 1,000~1,999마리의 평균, 2,000마리 이상은 2,000~2,999마리, 3,000마리 이상의 평균임.
자료: 통계청(각 연도), 《축산물생산비통계》를 이용해 저자 작성.

○ 사육 규모별 비육돈 마리당 수익성을 비교하면, 총수입의 대부분을 차지하는 비육돈 판매수입은 규격돈 생산 등으로 대규모와 중소규모 농가에서 비슷한 것으로 나타남. 한편, 대규모 농가는 일반비나 비용합계가 중소규모 농가보다 적어 수익성은 중소규모 농가보다 높았음.

- 대규모 농가(2,000마리 이상)는 비용 절감 등으로 소득률이 중소규모 농가(2,000마리 미만)보다 6.9%p 높으며, 자가 노동 투입이 적어 순수익률도 중소규모 농가 보다 10.1%p 높은 것으로 나타남.

〈표 5-12〉 사육 규모별 비육돈 수익성(2015년 기준)

단위: 원/마리

수익성	중소규모 양돈농가 (2,000마리 미만)(A)	크기 비교	대규모 양돈농가 (2,000마리 이상)(B)	A-B
총수입(A)	407,431	≒	407,300	131
일반비(B)	315,078	>	287,052	28,027
비용합계(C)	339,219	>>	298,170	41,049
소득(A-B)	92,353	<	120,248	▲27,896
순수익(A-C)	68,212	≪	109,130	▲40,918
소득률((A-B)/A)(%)	22.7	<	29.5	▲6.9
순수익률((A-C)/A)(%)	16.7	≪	26.8	▲10.1

자료: 통계청(각 연도), 《축산물생산비통계》를 이용해 저자 작성.

3.2.2. 대내·외 여건변화 시나리오

❍ 시나리오 설정을 위한 대외 여건 변화는 우크라이나-러시아 전쟁, 중동 정세 불안 등으로 유발될 수 있는 옥수수, 밀 등 국제 곡물 가격 상승으로 설정함. 해당 곡물은 주로 산업연관표 기본부문의 '맥류 및 잡곡류 부문'에 해당함.

- 우리나라의 주요 곡물 수입량은 전 세계 교역량의 상당 부분을 차지할 만큼 큼. 특히 사료용으로 많이 이용되는 옥수수 수입량이 지속해서 증가함.[38]
- 배합사료 원료로 투입되는 옥수수 등 국제 곡물 가격이 상승할 경우 사료비 상승으로 양돈산업에 영향을 미치게 됨.[39]
- 또한 환율이 상승하는 경우는 국제 곡물뿐만 아니라 모든 수입품의 가격이 상승하는 효과가 나타나 양돈산업에 영향을 미치게 됨.

❍ 대외 여건 변화를 고려하는 '시나리오 1'은 국제 곡물(맥류 및 잡곡류 부문)의 수입 가격이 5% 상승하는 '시나리오 1-①'과 국제 곡물의 수입 가격이 10% 상승하는 '시나리오 1-②' 및 환율이 5% 상승하는 '시나리오 1-③'으로 구성함.[40]

❍ 한편 대내 여건 변화는 저출산·고령화로 인한 노동력 공급 감소에 따른 영향을 분석함.

- 즉, 농가 인구 감소와 고령화가 심해지고 있다는 점을 고려한 자가 노동력 공급 감소와 고용 노동력 감소가 규모별 양돈산업에 미치는 영향을 분석함.

---

38) 옥수수 수입량은 가축사육 마릿수 증가에 따른 사료용 수요 증가로 2000년 872만 톤에서 2019년에는 265만 톤(30.4%) 증가한 1,137만 톤임(이용건 외, 2022).

39) 2021년 기준 축산물생산비통계의 비육돈 사육비에서 사료비가 차지하는 비율은 56.6%임.

40) 2021년 원/달러 환율은 전년 대비 3.0% 하락하였으며, 분기별로는 전년 동기 대비 -8.2% ~ 5.9% 변화하였음(한국농촌경제연구원, 2022). 분석 결과를 직관적으로 이해하기 위해 국제 곡물 가격 및 환율변화율은 5% 및 10% 상승을 가정하여 분석함.

❍ 대내 여건 변화를 고려하는 ‘시나리오 2’는 생산요소인 노동의 투입에 있어서 자가 노동 공급이 10% 감소하는 ‘시나리오 2-①’과 고용 노동 공급이 10% 감소하는 ‘시나리오 2-②’ 그리고 국가 전반의 인구 감소로 자가 노동 및 고용 노동 공급이 함께 10% 감소하는 ‘시나리오 2-③’으로 구성함.

❍ ‘시나리오 2’는 대규모 농가와 중소규모 농가의 자가 노동 및 고용 노동 투입에 차이가 있음을 반영한 분석임. 특히 지금까지 일반적인 SAM을 이용한 CGE 분석에서는 고용 노동만 생산요소로 간주한 결과 ‘시나리오 2-②’에 해당하는 분석 결과만을 도출할 수 있었음. 따라서 ‘시나리오 2-① 및 2-③’는 자가 노동을 고려할 수 있다는 점에서 기존의 연구에서 분석할 수 없었던 차별성을 가지는 시나리오라 할 수 있음.

〈표 5-13〉 양돈산업 분석을 위한 시나리오

시나리오	시나리오 1 (국제 곡물 가격 변동 시나리오)	시나리오 2 (인구구조 변화 시나리오)
세부 시나리오	1-① 국제 곡물 가격 5% 상승	2-① 자가 노동 공급 10% 감소
	1-② 국제 곡물 가격 10% 상승	2-② 고용 노동 공급 10% 감소
	1-③ 환율 5% 상승	2-③ 자가 노동 및 고용 노동 공급10% 감소

자료: 저자 작성.

3.3. 분석 결과

❍ 시나리오를 적용하기 전인 베이스라인의 양돈부문 규모별 생산액(2015년 기준)은 중소규모 농가 2조 1,204억 원(32.5%), 대규모 농가 4조 4,130억 원(67.5%)이며, 각각의 시나리오 적용에 따른 생산액 변화, 생산요소 투입 변화, 상품(산출물)가격 변화 등을 비교함.

3.3.1. 규모별 양돈산업 생산에 미치는 영향

❍ 국내외 여건 변화가 양돈부문 생산활동에 미치는 영향은 양돈농가 규모별 생산요소 및 투입구조 차이에 따라 차이가 나타남. 국제 곡물 가격 상승 및 인구 감소는 양돈산업의 생산량을 감소시키는 것으로 분석되었으며, 양돈산업의 생산 감소는 대규모 농가보다 중소규모 농가에서 크게 나타남.

❍ 구체적으로 국제 곡물 가격이 상승하는 시나리오 '1-①'과 '1-②'에서 생산량 감소율은 중소규모 농가가 대규모 농가의 약 2배에 달하는 것으로 나타남.[41] 한편 환율이 상승해 국제 곡물을 포함한 모든 수입품 가격이 상승하는 시나리오 '1-③'의 경우는 대규모 농가는 생산량이 거의 변하지 않았으나, 중소규모 농가는 생산량이 0.64%(13억 5천만 원) 감소하는 것으로 분석되었음.

- 국제 곡물 가격이 10% 상승하는 시나리오 '1-②'를 기준으로 자가 노동 투입량과 고용 노동 투입량은 생산량 감소가 크게 나타난 중소규모 양돈농가에서 더 많이 감소하였음.
- 환율이 5% 상승하는 시나리오 '1-③'에서는 자가 노동 투입 감소와 고용 노동 투입량 증가가 중소규모 양돈농가에서 모두 크게 나타남.

❍ 자가 노동 공급이 10% 감소하는 시나리오 '2-①'에서는 중소규모 농가 및 대규모 농가에서 생산량이 소폭 감소하였음.

- 자가 노동 투입은 중소규모 및 대규모 양돈농가 모두 약 10.0% 감소하였음. 고용 노동 투입은 중소규모 농가에서는 13.7% 증가했으며, 대규모 농가에서는 1.7% 증가함.

41) 시나리오 1-②에 따른 사육 규모별 생산액 변화는 중소규모 농가 -10억 4천만 원, 대규모 농가 -11억 원으로 분석됨.

○ 고용 노동 공급이 10% 감소하는 시나리오 '2-②'에서는 중소규모 양돈농가와 대규모 양돈농가의 생산 감소가 모두 크게 나타남.

- 이는 국가 전체에 고용 노동 감소로 인해 양돈산업에 투입되던 노동력이 중소규모 농가에서 25.4%, 대규모 농가에서 14.5%로 많이 감소했기 때문임. 양돈농가 생산 감소로 자가 노동 투입도 중소규모 농가 4.3%, 대규모 농가 3.7% 감소함.

○ 마지막으로 자가 노동 공급과 고용 노동 공급이 함께 10% 감소하는 시나리오 '2-③'에서 생산량은 대규모 양돈농가는 3.8% 감소하며, 중소규모 양돈농가는 5.0% 감소해 분석을 위해 설정한 시나리오 중에서 생산량 감소가 가장 크게 나타남.

○ 각각의 시나리오에 따른 양돈산업의 규모별 생산량 변화는 대규모보다 중소규모 양돈농가에서 더 많이 감소하는 것으로 분석되었음. 이러한 분석 결과는 양돈산업의 중소규모 농가 퇴출 및 양돈산업 규모화가 진전된 배경을 설명해 주는 것으로 볼 수 있음.

〈표 5-14〉 대내·외 여건 변화가 양돈산업 규모별 생산에 미치는 영향

단위: %

구분	규모	시나리오 1 (국제 곡물 가격 변동 시나리오)			시나리오 2 (인구구조 변화 시나리오)		
		시나리오 1-①	시나리오 1-②	시나리오 1-③	시나리오 2-①	시나리오 2-②	시나리오 2-③
생산량	중소규모	-0.25	-0.49	-0.64	-0.09	-4.93	-5.02
	대규모	-0.13	-0.25	-0.01	-0.08	-3.74	-3.81
자가 노동 투입량	중소규모	-0.31	-0.63	-2.00	-10.03	-4.27	-13.86
	대규모	-0.19	-0.38	-1.35	-10.02	-3.65	-13.30
고용 노동 투입량	중소규모	-0.16	-0.30	1.94	13.69	-25.43	-12.99
	대규모	-0.11	-0.22	0.63	1.71	-14.48	-12.86

자료: 저자 작성.

3.3.2. 시나리오별 양돈산업 생산품에 미치는 영향

○ 분석대상 산업인 양돈산업의 '2생산활동-1상품' 형태의 SAM으로 분석한 결과 양돈산업의 산출물 가격은 중소규모와 대규모 양돈농가에서 동일하며, 생산량 변화는 규모별 가중 평균된 생산량 변화율을 의미함.

○ 국제 곡물 가격 및 환율이 상승하는 각각의 시나리오에서는 모두 양돈부문 생산량이 감소하며, 양돈부문 상품(산출물)가격은 상승하는 것으로 분석되었음.

- 환율 상승에 따른 영향인 시나리오 '1-③'에 따른 생산량 감소는 국제 곡물 가격이 5% 상승하는 시나리오 '1-①'보다 크게 나타났으나, 가격변화에 미치는 영향은 시나리오 '1-①'보다 적게 나타남. 이는 환율 상승에 따른 국가 전반의 경기 침체로 양돈부문 상품(산출물)에 대한 수요가 감소하기 때문으로 판단됨.

○ 고용 노동이 10% 감소하는 시나리오 '2-②'와 자가 노동과 고용 노동이 함께 10% 감소하는 '2-③'는 양돈부문 생산량이 4.12% 및 4.20%로 크게 감소하며, 고용 노동 소득 감소에 따른 양돈부문 상품(산출물)에 대한 수요 감소로 가격도 소폭 감소하였음.

〈표 5-15〉 대내·외 여건 변화가 양돈산업 상품에 미치는 영향

단위: %

구분		시나리오 1 (국제 곡물 가격 변동 시나리오)			시나리오 2 (인구구조 변화 시나리오)		
		시나리오 1-①	시나리오 1-②	시나리오 1-③	시나리오 2-①	시나리오 2-②	시나리오 2-③
양돈부문 (상품)	가격	0.42	0.83	0.16	-0.01	-0.70	-0.71
	생산량	-0.16	-0.33	-0.21	-0.08	-4.12	-4.20

자료: 저자 작성.

3.3.3. 시나리오별 양돈산업의 연관산업에 미치는 영향

❍ 국제 곡물 가격 상승으로 인한 물가상승 정도와 취약계층의 피해에 대한 관심이 증가하고 있음. CGE 모형은 국제 곡물 가격 상승이 농식품 전방산업이나 후방산업의 가격에 미치는 영향을 세부 산업별로 도출할 수 있는 장점이 있음.

❍ 국제 곡물 가격 상승에 따른 파급 영향은 제분, 전분 및 당류, 사료부문 순으로 가격 상승률이 크게 나타남.

- 시나리오 '①-2'를 기준으로 양돈 전방산업인 사료 가격이 2.09% 상승하는 것으로 나타났으며, 양돈 후방산업은 도축육부문 가격이 0.84% 상승하는 등의 영향이 있었음.
- 양돈산업과 관련해 국제 곡물 가격 상승으로 사료 가격이 상승하며, 이는 양돈산업 및 도축육 부문 가격 상승으로 이어지는 영향이 있는 것으로 나타남.

〈표 5-16〉 대내·외 여건 변화가 양돈산업의 연관산업에 미치는 영향

단위: %

가격 영향 순위	시나리오 1 (국제 곡물 가격 변동 시나리오)					
	시나리오 1-①		시나리오 1-②		시나리오 1-③	
	부문	영향	부문	영향	부문	영향
1	제분	2.11	제분	4.19	원유정제처리제품	3.91
2	전분 및 당류	1.06	전분 및 당류	2.11	가스, 증기 및 온수	3.80
3	사료	1.05	사료	2.09	윤활유 및 기타 석유정제품	3.45
4	축우	0.58	축우	1.16	석탄제품	2.77
5	낙농	0.54	낙농	1.07	제분	1.97
6	맥류 및 잡곡	0.53	맥류 및 잡곡	1.03	사료	1.96
7	도축육	0.42	도축육	0.84	원당 및 정제당	1.92
8	양돈	0.42	양돈	0.83	전분 및 당류	1.65
9	가금	0.39	가금	0.78	유지	1.51
10	면류	0.36	면류	0.72	화학제품	1.44

자료: 저자 작성.

3.4. 소결

❍ 한국 농업의 특성을 반영한 한국 농업 특화 SAM과 한국 농업 특화 CGE 모형을 활용하여 국제 곡물 가격 변화나 인구구조 변화 등 대내외 여건 변화가 양돈산업 규모별로 미치는 영향을 모의 시나리오 분석함.

- 분석을 위해 72개의 산업부문으로 구성된 한국 농업 특화 SAM에서 양돈산업의 생산활동을 '중소규모 양돈(2,000마리 미만)'과 '대규모 양돈(2,000마리 이상)'으로 세분하여 총 73개 산업부문과 72개 상품 부문으로 구성된 SAM을 분석에 활용함.
- 분석을 위한 시나리오 구성은 대외 여건 변화(국제 곡물 가격 변동) 시나리오와 대내 여건 변화(인구구조 변화) 시나리오로 구성함.

❍ 분석 결과를 요약하면 다음과 같음. 첫째, 국제 곡물 가격 상승은 양돈산업의 생산량을 감소시키며, 양돈산업의 생산 감소는 대규모 농가보다 중소규모 농가에서 크게 나타남. 국제 곡물 가격 상승으로 인한 양돈산업의 생산 감소로 양돈부문 상품(산출물)의 가격이 상승하며, 환율이 상승하여 모든 수입재 가격이 상승하는 경우는 양돈부문의 생산량이 감소하지만 양돈부문 상품(산출물)에 대한 수요가 더 많이 감소해 가격이 하락하였음.

❍ 둘째, 인구구조 변화에 따른 노동 공급 감소도 양돈산업의 생산량을 감소시키며, 그 효과는 중소규모 농가에서 크게 나타남. 자가 노동 공급이 감소하는 경우는 자가 노동 투입 감소로 양돈부문 생산량이 감소하나, 비농가 중심으로 소비자 수요는 유지되면서 양돈부문 상품가격은 상승함. 고용 노동 공급이 감소하는 경우는 자가 노동 감소하는 경우보다 양돈산업 생산량이 더 많이 감소하며, 양돈부문 상품에 대한 수요도 감소하면서 양돈부문 상품 가격도 하락함.

❍ 셋째, 국제 곡물 가격 상승은 제분, 전분 및 당류, 사료부문 순으로 가격 상승 영향이 크게 나타남. 국제 곡물 가격 10% 상승에 따른 양돈 전방산업의 영향은 사료 가격이 2.09% 상승하며, 양돈 후방산업은 도축육 가격이 0.84% 상승하는 등의 영향이 있었음.

❍ 이러한 분석 결과는 그동안 대내외 여건 변화의 영향으로 양돈산업에서 중소규모 농가를 중심으로 하는 퇴출 현상과 양돈산업 경쟁력 확보를 위해 대규모화가 진전된 배경을 설명해 줄 수 있는 것으로 사료됨.[42)]

- 국제 곡물 상승 등에 따른 양돈농가 경영안정 대책 수립에 있어서 중소규모 농가를 정책대상 우선순위로 지정할 필요가 있음.
- 저출산, 고령화 등 인구구조 변화에 따라 농업 및 축산업 노동력 공급 부족 문제가 지속 및 확대될 것으로 전망됨. 따라서 중소규모 농가의 경영 지속을 위한 단기 인력 조달 시스템 구축 등에 대한 검토가 필요함.

42) 분석 결과에 대한 좀 더 구체적인 해석, 현재 양돈산업이 직면한 더욱 다양한 시나리오(돼지고기 소비량 변화, 최저임금 상승 등) 적용 등은 추후 과제로 남김.

6 요약 및 향후 연구 방향

1. 요약

❍ 농업을 둘러싼 국내외 경제 환경이 빠르게 변화하고 농업에 대한 영향도 커지고 있음. 그러나 농업을 둘러싼 국내외 경제 환경의 변화 및 이에 대응한 농업 정책의 파급 효과를 분석할 연구원 자체의 분석 모형이 미흡해 농업 정책과 거시 변수 변화가 농업과 국가 경제에 미치는 파급 효과에 대한 정량 분석 자료 제공이 쉽지 않음.

❍ 따라서 본 연구는 다양한 경제 환경 변화와 농업 정책이 농업과 국가 경제에 미치는 파급 효과를 정량적으로 분석함으로써 경제 환경 변화에 적절히 대응하기 위한 효과적인 농업 정책 수립에 활용될 수 있는 한국 농업 특화 CGE 모형을 개발하는 것을 목적으로 함. 또한 향후 다양한 분석 목적에 적합한 CGE 모형을 지속적으로 개발하기 위한 연구에 활용될 수 있는 기초 모형을 제공하고자 함.

❍ CGE 모형은 경제구조, 경제행위자들(생산자, 가계, 정부, 해외부문 등)의 행동, 모든 종류의 상품 및 생산요소 시장 균형 등을 나타내는 연립방정식에 실제 경제자료를 반영하여, 정책 및 경제 환경 변화에 따른 주요 변수들(생산, 소비, 소득, 국제무역 등)의 균형 상태에서의 변화를 전망할 수 있게 하는 모형임.

❍ CGE 모형은 외부 요인과 정책의 경제의 파급효과를 구조적으로 분석할 수 있다는 장점이 있어, 국제기구, 연구기관, 개별 연구자 등은 국제무역, 환경 및 에너지, 조세, R&D 등 많은 분야에서 다양한 모형을 개발하여 활용하고 있음.

❍ 그러나 국내외에 개발되어 활용되고 있는 다양한 CGE 모형은 한국 농업의 특성, 정책적 관심 사항, 자료의 특성을 충분히 반영하고 있지 못한다는 한계를 가짐.

❍ 따라서 본 연구는 거시 변수와 농업 정책이 농업과 국가 경제에 미치는 영향을 보다 영향을 보다 명확하고 폭넓게 분석하기 위해서 한국 농업의 여러 특징을 포함하는 '기초 한국 농업 특화 1국가 정태 CGE 농업 경제 분석 모형'을 개발하였음. 이를 위해 GAMS를 통해 코드를 작성하였고, 한국 농업 특화 SAM을 구축함.

❍ 한국 농업 특화 CGE 모형이 다른 CGE 모형과의 주요 차별점은 다음과 같음. ① 생산요소인 노동을 고용 노동과 자가 노동으로 구분함. ② 토지를 생산요소로 포함함. ③ 가계 부문을 농가와 비농가로 구분함. ④ 생산활동과 상품을 구분함. ⑤ 농축산업과 전후방 관련 산업을 최대한 세분화함. 이와 같이 한국의 농업 구조 특성과 이용 가능한 자료들을 최대한 반영한 한국 농업 특화 CGE 모형을 개발함으로써 분석 결과의 활용성을 높임.

○ 개발된 한국 농업 특화 CGE 모형의 유용성을 검증하기 위한 모의 시나리오 분석을 함. ① 한국 경제사회가 직면한 메가트렌드 중 하나인 저출산·고령화로 인한 인구 및 노동력 감소의 농업과 국가경제에 미치는 영향을 모의 시나리오 분석함. ② 이상기후로 인한 식량 생산의 불확실, 우크라이나-러시아 전쟁 등으로 인한 국제 곡물 공급망의 불안정 등으로 인해 국제 곡물가, 국제유가 등의 급등이 빈번하게 발생함에 따라 이들 가격 상승이 농업과 국가경제에 미치는 영향을 모의 시나리오 분석함. ③ 저출산·고령화로 인한 노동력 감소와 국제 곡물 가격 상승이 소규모 농가 퇴출 및 대규모화 등 산업 구조가 지속적으로 변하고 있는 양돈산업에 미치는 영향을 모의 시나리오 분석함.

2. 향후 연구 방향[43]

○ 본 연구가 개발한 한국 농업 특화 CGE 모형은 개발이 완료된 최종 모형이 아니며, 향후 다양한 방향으로 확장·개발될 필요가 있음.

□ 실물변수의 영향 반영

○ 본 연구의 모형에서 본원적 생산요소인 자가 노동, 고용 노동, 자본, 토지는 모두 산업연관표를 기반으로 하고 있고 국민소득계정과 일관되도록 도출되었기 때문에 금액 단위로 표기되어 있음.

○ 토지의 경우 논과 밭 면적이라는 실물 단위로 표기되는 것이 정책효과 분석에 있어 보다 분명한 의미를 전달할 수 있음.

43) 본 장의 내용은 서울대학교 권오상 교수 연구팀이 수행한 위탁과제 '1국가 정태 CGE 모형 개발 기초연구'의 내용을 수정·보완하여 저자 작성.

- 이를 위해서는 산업연관표를 기반으로 하여 금액 단위로 표시된 현재의 토지 투입량을 실제 면적으로 전환하는 과정이 필요함.
- 또한 전환에 사용될 전환계수를 확보하여야 함.
- 노동도 노동 시간 등의 물질 변수로 변환하는 것도 가능할 것으로 판단됨.

○ 기후변화, 특히 가뭄의 영향을 감안할 때 농업용수 공급량도 본원적 생산요소로 추가할 수 있을 것임.

- 농업용수는 현재 대부분 무상으로 공급되고 있어 화폐 단위로 거래가 되지 않으므로 현재의 산업연관표에는 반영이 되어 있지 않음.
- 농업용수도 산업연관표의 영업잉여의 일부를 용수 투입으로 전환하는 절차가 필요함. 이 경우에도 용수의 잠재가격을 생산 활동별로 구축하고, 이용가능한 용수의 수량과 용수의 생산기여도를 연계하는 작업을 할 필요가 있음.

○ 홍수와 같은 자연재해의 영향 역시 침수면적 등을 산정하여 모형에 반영할 수도 있음.

□ 다지역 모형의 구축

○ 1국가 모형에서도 다지역 생산·소비구조를 가지는 경제모형을 구축할 수 있음.

- 특히 지역별 생산 품목 선택의 차이나 인구 및 토지 여건이 다른 상황을 반영하기 위해서는 도 단위의 균형모형을 연계하는 다지역 CGE 모형 구축이 필요함.
- 도 단위 균형모형을 확장하면 도농 간 인구이동이나 귀촌 등의 경제적 효과 분석하는 데 활용할 수 있을 것으로 판단됨.

□ 상·하향 통합모형

○ 농업부문을 세분화하여 CGE 모형과 결합하는 상·하향 통합 모형으로 본 연구의 CGE 모형을 확장할 수도 있음.

- 농업부문 상향식 모형과 CGE 하향식 모형을 연계하는 것은 현 모형에 비해 상대적으로 해상도가 높음.
- 또한 CGE 모형이 반영할 수 없는 여러 기술적, 자원부존적 특성을 모형에 반영할 수 있다는 장점이 있음.

○ 생산비조사나 농가경제조사와 같은 미시 조사자료를 상향식 모형에 적절히 반영하면, 실제 경제 구조와 보다 가까운 모형을 구축할 수 있어 모형의 활용도를 높일 수 있을 것으로 판단됨.

□ 미시 시뮬레이션

○ CGE 모형을 이용해서 경제 정책으로 인해 발생하는 CGE 모형 내의 가격이나 소득변화가 경제 내 다양한 생산자 및 소비자 계층에 어떻게 분배될 것인지를 파악하기 위해서는 미시자료를 이용하는 별도의 분석이 필요함.

- 경제 정책의 계층별 영향 분석은 CGE 모형 자체를 다수의 생산자와 소비자가 포함되도록 세분화하는 방법이 있음.
- 다른 방법으로는 CGE 모형의 분석 결과를 미시경제자료에 대한 분석, 즉 미시 시뮬레이션(Micro simulation)과 연계하는 방법을 통해 달성할 수 있음.

○ 미시 시뮬레이션은 최근 분석 사례가 많이 늘고 있고 방법론적 개선도 이루어지고 있어(Bourguignon & Bussolo, 2013; O'Donoghue, 2021), 이를 한국 농업에 대해 적용하는 것도 유용할 것으로 판단됨.

□ 모형의 공간적, 시간적 범위 확장

❍ 본 연구에서 구축한 한국 농업 특화 CGE 모형은 1국가 정태 모형임. 이를 바탕으로 다국가 혹은 글로벌 모형으로 확장하여 공간적 범위를 확장할 수 있음.

- 특히 통상문제 등을 논의하고 외국과의 협상 등을 시행함에 있어 우리의 시각이 담긴 분석결과를 제시할 수 있다는 점에 있어 장점이 있음.
- 하지만 특히 글로벌 모형의 경우 대개 특정 국가보다는 국제기구 등에서 개발·사용하고 있음.
- 이를 자체적으로 상시로 관리하고 개선하는 데에는 노력이 지속적으로 소요될 것으로 판단됨.

❍ 또한 현재 개발한 정태 모형에서 시간에 따른 내생 변수의 변화를 파악할 수 있도록 동태 모형으로 확장할 수 있음.

- 단, 앞서 언급한 바와 같이 본원적 생산요소가 균형성장을 한다고 가정하는 것이 비현실적이고, 농업부문의 생산량 증가에 한계가 있어, 모형 구축에 어려움이 있음.
- 농업 특화 동태 모형을 개발하기 위해 상기 언급된 어려움 등을 극복할 수 있는 방안을 고안할 필요가 있음.

□ 모형 내 탄성치의 현실화

❍ 이 연구에서 구축한 CGE 모형은 다양한 탄성치를 사용하고 있음.

- 본원 생산요소 사이의 대체탄성치, Armington 탄성치, CET 탄성치, 소비함수에 투입되는 탄성치, 품목군별 및 품목 간 토지 전환에 관련된 탄성치들은 기존 연구의 탄성치를 활용하거나 가정하여 사용하고 있음.

❍ 모형이 현실을 조금 더 잘 반영하기 위해서는 선행연구의 결과, 국제기구 및 GTAP에서 사용하고 있는 탄성치를 사용하는 것 보다는 자체적으로 추정을 하여 사용하는 방법이 있음.

- 이를 위해 CGE 모형과 계량경제학적 회귀 분석을 혼용하는 것으로 모형을 확장할 수 있을 것임.

□ 정책 영향 분석을 위한 방정식 추가

❍ 농업 정책 등의 특정 정책은 직접적으로 가계의 이전 소득을 증가시키기도 하지만, 경제 내부에서 다양한 기제를 통해 영향을 미침.

- 예를 들어 직불금은 농지의 가격을 상승시키기도 하고, 농가의 이전 소득을 증가시키기도 함. 또한 동시에 농가의 생산 결정에도 영향을 미치기도 함.
- 직불금의 변동은 동시에 국가의 재정 지출에도 변화를 유발함.

❍ 이에 따라 연구 목적에 부합하도록 모형의 방정식, 변수 등을 변경하여 본 연구에서 구축한 CGE 모형을 확장할 필요도 있음.

참고문헌

가축위생방역지원본부(2021), 《가축방역관리를 위한 축산농장 통계》.

강동관·문석웅·이해춘(2013), "CGE모형에 의한 숙련·비숙련 외국인력 도입의 경제적 효과 분석", 《재정정책논집》 15(2): 123-151.

강석규·이상호(2015), "온실가스 저감정책이 제주 농업 및 경제에 미치는 효과 분석", 《농업생명과학연구》 49(6): 311-319.

강승규(2020), "연산일반균형 모형을 활용한 지식기반사회의 기술혁신과 경제발전의 관계 연구", 건국대학교 대학원 박사학위논문.

권오상·강성원·이승호(2017), "한국형 상·하향 통합모형을 이용한 농업 부문의 온실가스 감축 비용 추정", 《환경정책》 25(2): 61-85.

권오상·강혜정(2011), "여성결혼이민자 유입이 한국 농업과 경제에 미치는 일반균형효과 분석", 《농업경제연구》 52(4): 79-106.

권오상·이한빈(2012), "기후변화에 따른 농업생산성 변화의 일반균형효과 분석", 《자원·환경경제연구》 21(4): 947-980.

권오상·한미진·반경훈·윤지원(2018), "한국 경제의 KLEM DB구축과 중첩 CES 생산함수 추정", 《자원·환경경제연구》 27(1): 1-38.

김덕기·최승묵(2008), 《연산일반균형모형을 이용한 관광정책의 경제적 효과 분석》, 한국문화관광연구원.

김영민·이성욱(2019), 《노동시장 여건 변화의 산업경제적 파급효과 분석》, 산업연구원.

김의준·Geoffrey J.D., Hweings·조희덕·이창근(2011), "고령화의 지역경제 영향 분석: 수도권-비수도권 CGE 모형의 활용", 《지역연구》 27(1): 19-36.

김종진·김지연·정대희·박성진·김범석·윤성주(2022), "우크라이나 사태의 국제곡물 시장 영향 분석", 《KREI 농정포커스》 제205호, 한국농촌경제연구원.

김충실(2002), "CGE 모형에 의한 논농업 직접지불제의 국민경제적 효과", 《농업경영·정책연구》 29(2): 191-209.

김홍배·임재영(2004), "Recursive CGE 모형을 이용한 경제성장과 산업별 토지수요 예측", 《국토계획》 39(2): 93-106.

남상호(2014), "연산가능 일반균형 모형을 이용한 사회복지지출의 경제성장 효과 분석", 2014년 재정학회 발표 논문.

남상호·안형석(2016), 《기초연금 도입의 사회·경제적 영향 - CGE 모형을 활용한 분석》, 한국보건사회연구원.

노용환·남상호(2006), 《한국경제의 소득재분배 효과분석: 사회회계행렬을 이용한 접근》, 한국은행 금융경제연구원.
농림축산식품부(2022), 《농림축산식품 주요통계 2022》.
문진영·오수현·박영석·이성희·김은미(2020), 《국제사회의 온실가스 감축 목표 상향과 한국의 대응방안》, 대외경제정책연구원.
박경원·권오상(2018), "불완전경쟁 CGE모형을 이용한 배출권거래제의 경제효과 분석", 《환경정책》 26(3): 233-265.
박순찬·주무현·김성훈(2013), "농식품 수출 확대 지원 정책의 파급효과 분석", 《농업경영·정책연구》 40(2): 451-468.
손원익·홍종호(2021), "바이오플라스틱산업의 경제적·환경적 파급효과: 축차동태 연산가능일반균형모형 적용", 《자원·환경경제연구》 30(2): 269-297.
순병민·문한필·이수환(2020), "CGE 모형을 이용한 미·중 무역마찰에 따른 농업부문 영향 분석", 《농업경영정책연구》 47(1): 89-109.
신동천(1999), 《국제무역의 연산균형분석》, 태창사.
심동녁·정현준·이은영·황원식·여영준(2019), 《ICT와 R&D 투자의 경제효과 분석을 위한 연산일반균형(CGE) 모형 개발》, 정보통신정책연구원.
이두영·김종진·박슬기·염정완·김범석(2022), 《농식품 부문 FTA특화 일반균형모형 개발을 위한 기초 연구》, 농림수산식품교육문화정보원.
이승호·권오상·강성원(2017), "상·하향 통합모형을 활용한 농업 수자원 부족의 경제적 효과 분석", 《농촌계획》 23(4): 111-126.
이용건·김종진·김상현·최재현(2022), "수입곡물의 물가영향 및 공급지장효과 분석", 《농촌경제》 45(2): 1-20.
이한빈·권오상(2015), "농업부문 연구투자의 후생효과: 다가구 CGE모형 분석", 《농업경제연구》 56(4): 109-138.
이효창·한택환(2021), "CGE 모형과 사회효용함수를 이용한 최적경유세율 결정 모형의 개발", 《환경정책》 29(1): 237-266.
임병인·안승구(2011), "CGE모형 추정결과를 이용한 국가 R&D 투자 우선순위 설정", 《기술혁신연구》 19(3): 58-83.
임병호·장정인·정수빈·김성아·최건우·강한애(2021), 《해양수산분야 글로벌경제효과 분석모형(KMI-GEM) 시범 구축 연구》, 한국해양수산개발원.
임병호·장정인·정수빈·김성아·최건우·강한애·정인교(2021), "코로나 19의 해양수산부문 파급효과: 1 국 CGE 모형의 활용", 《해양정책연구》 36(1): 47-70.
장정인·임병호·정인교·권장한·조정란·정수빈·김성아·최건우(2021), 《해양수산부문 정책효과 분석을 위한 KMI-GEM 구축(2)》, 한국해양수산개발원.

정민국·김현중·이형우(2020),《육류 소비행태 변화와 대응과제》, 한국농촌경제연구원.
전영준(2003), "CGE 모형을 이용한 법인세의 성장 및 분배 효과분석",《경제분석》9(2): 135-182.
전재완·홍성욱·박성근·허선경·김성진·곽대종·김민지(2018),《에너지 전환정책의 파급효과와 제조업에 미치는 영향 분석》, 산업연구원.
정인교·유정호(2019), "FTA 농업 긴급수입제한조치의 경제적 파급효과",《국제통상연구》24(3): 101-201.
정철·박순찬·박인원·김민성·곽소영·정민철(2017),《원산지 누적 조항의 무역비용 추정과 경제적 효과》, 대외경제정책연구원.
조경엽(2006), "2003~2005년 세재개편 평가 -동태적 CGE 모형을 이용한 효율성과 형평성 평가를 중심으로-",《공공경제》11(1): 1-68.
최용석·조창익(2020), "CGE 모형을 이용한 원자력 에너지의 국민경제 기여 효과 분석",《사회과학연구》46(3): 225-247.
통계청(각 연도),《축산물생산비통계》.
통계청(각 연도),《가축동향조사》.
통계청(각 연도),《가계동향조사》.
통계청(각 연도),《농가경제조사》.
통계청(각 연도),《농림어업조사》.
통계청(각 연도),《인구총조사》.
한국은행(2019),《2015 기준년 산업연관표》.
홍연아·성재훈·이용선·윤찬미·이정해·이지용·문동현·연미영(2022),《탄소중립을 위한 식품소비 단계의 온실가스 감축 대안과 효과분석》, 한국농촌경제연구원.
환경부·한국환경산업기술원(2021),《한국형 상하향식 온실가스 통합 감축 시스템 개발》, 기후변화대응 환경기술개발사업 제7차년도 최종보고서.

Adelman, I. & S. Robinson(1978), Income Distribution Policy in Developing Countries: A Case Study of Korea, Oxford University Press.
Amemiya. T.(1985), Advanced Econometrics, Harvard University Press.
Balistreri, E. J., & T. F. Rutherford(2013), "Computing General Equilibrium Theories of Monopolistic Competition and Heterogeneous Firms", in P. B. Dixon & D. W. Jorgenson(eds.), Handbook of Computable General Equilibrium Modelling, Vol 1B, North-Holland.
Böhringer, C. & T. F. Rutherford(2009), "Integrated Assessment of Energy

Policies: Decomposing Top-down and Bottom-up", Journal of Economic Dynamics and Control 33: 1648-1661.

Bourguignon, F. & M. Bussolo(2013), "Income Distribution in Computable General Equilibrium Modelling", in P. B. Dixon & D. W. Jorgenson(eds.), Handbook of Computable General Equilibrium Modelling, Vol 1B, North-Holland.

Burfisher, M. E.(2021), Introduction to computable general equilibrium models, Cambridge University Press.

Clements, K. W., M. J. M. Mariano & G. Verikios(2020), "Estimating the Linear Expenditure System with Cross-Sectional Data", Economics and Business Statistics Discussion Paper Series 2020-06, Griffith University.

Dixon, P. B. & M. T. Rimmer(2002), Dynamic General Equilibrium Modelling for Forecasting and Policy: A Practical Guide and Documentation of MONASH, Emerald.

Dixon, P. B. & D. W. Jorgenson(eds.) (2013), Handbook of Computable General Equilibrium Modelling, Vol 1A and Vol 1B, North-Holland.

Dixon, P. B., R. B. Koopman & M. T. Rimmer(2013), "The MONASH Style of Computable General Equilibrium Modelling: A Framework for Practical Policy Analysis", in P. B. Dixon & D. W. Jorgenson(eds.), Handbook of Computable General Equilibrium Modelling, Vol 1A, North-Holland.

Francois, J., M. Miriam & W. Martin(2013), "Market Structure in Multisector General Equilibrium Models of Open Economies", in P. B. Dixon & D. W. Jorgenson(eds.), Handbook of Computable General Equilibrium Modelling, Vol 1B, North-Holland.

Gali, J.(2015), Monetary Policy, Inflation, and the Business Cycle: An Introduction to the New Keynsian Framework and Its Applications 2nd ed, Princeton University Press.

Giesecke, J. A. & J. R. Madden(2013), "Regional Computable General Equlibrium Modeling", in P. B. Dixon & D. W. Jorgenson(eds.), Handbook of Computable General Equilibrium Modelling, Vol 1B, North-Holland.

Hillberry, T. & D. Hummels(2013), "Trade Elasticity Parameters for a Computable General Equilibrium Model", in P. B. Dixon & D. W. Jorgenson(eds.), Handbook of Computable General Equilibrium Modelling, Vol 1B, North-Holland.

Johansen, L.(1960), A Multisectoral Study of Economic Growth, North-Holland (enlarged edition, 1974).

Johansen, L.(1974), A Multisectoral Study of Economic Growth, Second Enlarged(ed.), North-Holland.

Jorgenson, D. W., R. J. Goettle, M. S. Ho & P. J. Wilcoxen(2013), Double Dividend: Environmental Taxes and Fiscal Reform in the United States, The MIT Press.

Křístková, Z. & A. Habrychova(2011), Modelling Direct Payments to Agriculture in a CGE Framework - Analysis of the Czech Republic, Agricultural Economics 57(11): 517-528.

Lau, M. K., A. Pahlke T. & F. Rutherfoed(2002), "Approximating Infiite- horizon Models in a Complementarity Format: A Primer in Dynamic General Equilibrium Analysis", Journal of Economic Dynamics and Control 26: 577-609.

Löfgren, L., R. L. Harris. & S. Robinson(2002), A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS, Internal Food Policy Research Institute.

Melitz, M. J.(2003), "The Impact of Trade on Intra-Industry Reallocations and Aggregate Industry Productivity", Econometrica 71: 1695-1725.

O'Donoghue, C.(2021), Practical Microsimulation Modelling, Oxford University Press.

Pesaran, H. M.(2015), Time Series and Panel Data Econometrics, Oxford University Press.

Robinson, S., M. Kilkenny & K. Hanson(1990), The USDA/ERS Computable General Equilibrium (CGE) Model of the United States, USDA/ERS. Staff Report No. AGES 9049.

Taheripour, F., X. Zhao, M. Horridge & F. Farrokhi(2020), "Land Use in Computable General Equilibrium Models", Journal of Global Economic Analysis 5(2): 63-109.

The Office of the Chief Economic Adviser(2015), Computable General Equilibrium (CGE) Modelling and SG's CGE Model, Scottish Government.

Train, K.(2009), Discrete Choice Methods with Simulation. Cambridge University Press.

Zodrow, G. W. & J. W. Diamond(2013), "Dynamic Overlapping Generations Computable General Equilibrium Models and the Analysis of Tax Policy:

The Diamond-Zodrow Model.", in P. B. Dixon & D. W. Jorgenson(eds.), Handbook of Computable General Equilibrium Modelling, Vol 1A, North-Holland.

〈온라인 자료〉

국제식량정책연구소(https://www.ifpri.org/), 검색일: 2023. 7. 10.

GTAP 데이터베이스(https://jgea.org/ojs/index.php/jgea/article/view/181/221), 검색일: 2023. 4. 10.

GTAP(https://www.gtap.agecon.purdue.edu/),검색일: 2023. 6 .20.

pep(https://www.pep-net.org/), 검색일: 2023. 6. 20.

OECD ilibrary(https://www.oecd-ilibrary.org/environment-and-sustainable-development/an-overview-of-the-oecd-env-linkages-model_5jz2qck2b2vd-en), 검색일: 2023. 6. 20.

IFPRI(https://www.ifpri.org/publication/miragrodep-model), 검색일: 2023. 6. 20.

IAMC(https://www.iamconsortium.org/resources/model-resources/envisage-environmental-impact-and-sustainability-applied-general-equilibrium-model/), 검색일: 2023. 6. 20.

GAMS(https://www.gams.com/), 검색일: 2023. 6. 20.

COPS(https://www.copsmodels.com/gempack.htm), 검색일: 2023. 6. 20.

GTAP(https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/res_display.asp?RecordID=6825), 검색일: 2023. 6. 20.

KREI

www.krei.re.kr

한국 농업 특화 CGE 농업경제분석 모형 개발 기초 연구

한국농촌경제연구원

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

95520

9 791161 496436

ISBN 979-11-6149-643-6