

암소도축률을 이용한 한우 중·장기 수급모형 연구*

전상곤**, 박동주***

차례

1. 서론	23
2. 이론적 모형과 분석 방법	25
3. 분석 결과	29
4. 요약 및 결론	37

Keywords

한우산업(Hanwoo industry), 전망모형(forecast model), 수급모형(demand and supply model), 이력제(traceability system)

Abstract

이 연구는 한우 수급모형 정교화를 위해 수행되었다. 최근 한우 사육두수가 급격히 증가하면서 이에 따른 가격 하락에 대한 불안감이 산지 중심으로 커지고 있다. 현 상황에 불안한 사육 심리와 한우산업의 안정을 위해 중·장기 모형을 개발하는 데 이 연구의 목적이 있다. 이 연구에서는 한우 중·장기 모형을 수립하기 위해 이력제 자료를 활용하여 보다 정확한 모형을 구축하기 위해 노력하였다. 이 연구와 선행연구의 가장 큰 차이점은 사육두수를 기반으로 모형을 구성한 것이 아니라 울(률)의 개념을 이용하여 모형을 구조화한 것이다. 즉, 특정 시점의 저장(사육두수)과 특정 기간의 유량(출생두수, 도축두수 등)의 개념을 울(률)로 환산하고 이를 변수화하여 모형의 주요 변수로 선택하였다. 이 모형의 장점은 한우 사육 구조의 구조적 변화, 농가의 위험성에 대한 우려가 모델에 쉽게 반영될 수 있는 것이다. 이렇게 개발된 모델은 농가의 중·장기 사육 의도와 한우산업의 수급 상황을 보다 쉽게 예측할 수 있게 해줄 것이다. 나아가 이 연구를 통한 기초자료를 이용하여 중·장기 수급 안정을 위한 적절한 대응방안도 이끌어 낼 수 있을 것으로 기대된다.

* 이 연구는 2021년 한국농촌경제연구원이 공동 주최한 제1회 한우 수급 예측모형 경진대회에 발표한 전상곤과 박동주의 논문 "이력제 자료 활용 한우 수급 모형 정교화"의 일부를 발췌하여 논문화한 것임.

** 경상국립대학교 식품자원경제학과 교수 및 농업생명과학연구원 책임연구원, 교신저자. e-mail: jeonsanggon@gmail.com

*** 경상국립대학교 농업경제학과 대학원 석사과정.

A Research on Mid-to-long-term Supply and Demand Model of Korean Beef Using Cattle Slaughter Rates*

Jeon Sang-gon**, Park Dong-joo***

Keywords

Hanwoo industry, forecast model, demand and supply model, traceability system

Abstract

This study aims to refine the forecast model for Korean cattle supply and demand amid concerns about price drops due to a steady increase in Korean cattle breeding. Also, our research aims to contribute significantly to refining the identification and analysis of the breeding and slaughtering status in the Korean cattle industry.

This study established a 'mid-to-long-term forecast model for Korean beef supply and demand, far different from the previous ones by using slaughter rates instead of the number of cattle heads. In addition, the model successfully reflects concerns about farmers' risks and structural changes in the current Korean beef breeding structure. As a result, the model we devised through our research will make it easier to forecast farmers' mid-to-long-term breeding intentions and the supply-demand status in the Korean beef industry.

* This study is an excerpt from Jeon Sang-gon and Park Dong-joo's paper "Refining the Korean Beef Supply and Demand Model Using Traceability data" published at the first Korean Beef Supply and Demand Prediction Model Competition co-hosted by the Korea Rural Economic Institute in 2021.

** Professor, Dept. of Food & Resource Econ., Inst. of Agri. & Life science, Gyeongsang National University, Corresponding author.
e-mail: jeonsanggon@gmail.com

*** M.S student, Graduate School of Agricultural Econ., Gyeongsang National University

1. 서론

한우 수급 안정화를 위해 보다 정확한 전망치에 대한 사회적인 수요가 증가하는 추세이며, 이에 대응하고자 이력제 원자료에 대한 자료들이 일반에 공개되기 시작했다. 현재 통계청을 통해 분기에 한 번씩 공표되는 이력제 자료를 보면, 사육규모별(20두 미만, 20~50두 미만, 50~100두 미만, 100두 이상), 성별(암, 수), 연령별(1세 미만, 1~2세 미만, 2세이상)자료가 시·도별로 나뉘어서 발표되고 있다. ‘축산물 이력제 빅데이터개방시스템’을 통해서 새롭게 일반에 공개되는 자료에는 소 사육, 출생, 폐사, 이동, 도축 등에 대한 자료와 소의 종류, 성별, 출생연월, 사육월령, 도축연월, 도축월령, 육질등급, 평균 도체중량 등에 대한 정보가 시군 단위까지 세부적으로 제공되고 있다. 또한, 통계청의 공식적인 통계자료가 연령에 국한하여 자료를 제공하는 반면, 새롭게 공개되는 자료는 월령별 단위로까지 자료가 세분화되어있다. 이러한 자료의 공개는 사육 및 도축 현황 파악과 분석을 보다 정교화 하는 데 큰 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다.

이 연구는 이력제 자료를 활용하여 한우 수급 전망모형을 정교화하기 위해 수행되었다. 한우 수급의 전망을 위한 가장 기초적인 자료는 사육두수와 도축두수이다. 사육두수는 이력제 실시 이전에 행정통계의 형식으로 통계청을 통해 2017년 2/4분기까지 발표되었다. 이력제 실시로 송아지의 출생과 더불어 발급되는 이표의 신고를 통해 보다 구체적인 사육두수 현황에 대한 정보 수집이 가능해지게 되었으며, 2014년 1/4분기 이후로는 이력제 자료를 바탕으로 통계청을 통해 사육두수 통계가 발표되고 있다.

한우 수급모형 정교화를 위해 최근의 선행연구들을 요약하면 다음과 같다. 먼저 현재 운용중인 KREI-KASMO 모형은 연차전망모형이다. 이후에 서홍석 외(2017)와 김충현 외(2018)는 코호트에 기반을 둔 3개월 분기 모형으로 이력제 통계를 활용하여 분기별 출생두수, 도축두수 추정을 통해 수급과 가격, 사육두수를 전망하였다. 모형의 한계점으로는 KREI-KASMO 연차전망모형의 경우 연별자료를 사용하여 연내에 발생하는 농가들의 사육 심리 변화를 정확히 설명하지 못하는 한계점이 있다. 또한, 서홍석 외(2017)와 김충현 외(2018)의 연구는 송아지 생산함수와 도축두수를 직접 추정하여 변화의 추세를 직접적(예를 들어, 출산율이나 암소도축률 등의 변화)으로 보여줄 수 없는 단점이 있다. 최근 2012년 이후 한우 사이클에 발생한 변화(사육진폭의 완만한 변화와 사육사이클의 장기화) 등 사육 구조의 변화를 명확히 반영하지 못하고 있다. 조석진(2003)과 김창호·조석진(2004)의 연구에서는 한우 사육농가의 의사결정에 큰 영향을 미치는 것은 기대심리이며 이러한 기대심리는 시장가격의 변동성과도 큰 관련이 있을 것으로 보았다. 특히, 암소사육농가들의 미래에 대한 불안감에 따른 의사결정의 변화는 미래 사육 두수와 수급을 결정하는 데 매우 큰 영향을 미친다고 판단했다. 전상곤 외(2020)의 연구를 보면, 한우 사육 구조에 큰 구조적 변화가 진행되고 있고 이러한 구조적 변화는 전업화, 규모화, 일관사육의 증가로 요약된다. 이러한 구조적 변화 역시 미래 한우산업 전망에 영향을 미치는 주요 원인이 된다. 정지현 외(2018)와 문홍성 외(2020)는 가격 변화의 비대칭성에 관해 연구를 진행하였다. 가격의 상승기와 하락기

에 따른 경제주체들의 반응은 다를 수밖에 없으며 이러한 특징을 모형에 반영할 경우 보다 현실적이고 정확한 전망이 가능해질 것으로 판단했다.

이 연구는 선행연구들의 한계점을 토대로 한우 수급 중·장기 모형을 보다 정교화하는 데 노력하였다. 중·장기 모형은 동태 수급 방정식 모형 구축에 주안점을 두되, 과거 연구에서 반영하지 못한 주요 설명변수들을 해당 방정식에 추가하였다. 즉, 수급 균형과 수요와 공급에 의해 당기의 균형이 달성되며, 동시에 당기에서 결정된 시장 균형이 미래 시점의 수급 상황에 유기적이고 동태적으로 연결되는 모형을 구축하였다. 이 연구에서 개발된 ‘중·장기 한우 수급 전망모형’은 기존의 이력제 자료를 활용하여 새롭게 개발된 분기모형인 서흥석 외(2017), 김충현 외(2018)와 몇 가지 측면에서 차별화된다. 첫째, 선행연구에서는 사육두수와 도축두수를 두수 개념으로 직접적으로 추정하고 있다. 본 연구에서 개발한 모형은 ‘두수’가 아닌 ‘울(騁)’의 개념으로 모형을 구조화하였다. 예를 들어, 암소 도축두수를 직접적으로 추정하는 대신에 살아있는 개체(저량, stock) 중 특정 기간 동안 얼마나 도축(유량, flow)되는지의 비율, 즉, 암소도축율(騁)을 내생변수로 설정하여 이를 추정하였다. 이러한 변수를 내생변수로 설정하면 다음과 같은 이점이 있다. 단순히 도축두수가 늘고 주는 것뿐만 아니라, 농가들의 도축의향(혹은 번식의향)과 도축률의 변화 정도를 이용하면 보다 쉽게 이해하고 산업 변화의 방향을 보다 심도 있게 분석할 수 있는 장점을 제공한다.

둘째, 농가의 위험에 대한 불안감을 반영하였다. 최근 들어 한우 사육두수가 증가하고 있음에도 불구하고 산지가격의 호조가 계속되고 있으나, 농가들의 불안감은 다른 어느 때보다 크다. 이러한 불안감은 농가들의 사육의향에 매우 큰 영향을 미친다. 따라서, 이러한 불안감을 반영하는 변수를 계량화하여 수급모형에 직접 반영함으로써 농가들의 사육 심리를 반영할 수 있는 수급 전망 모형을 개발하였다.

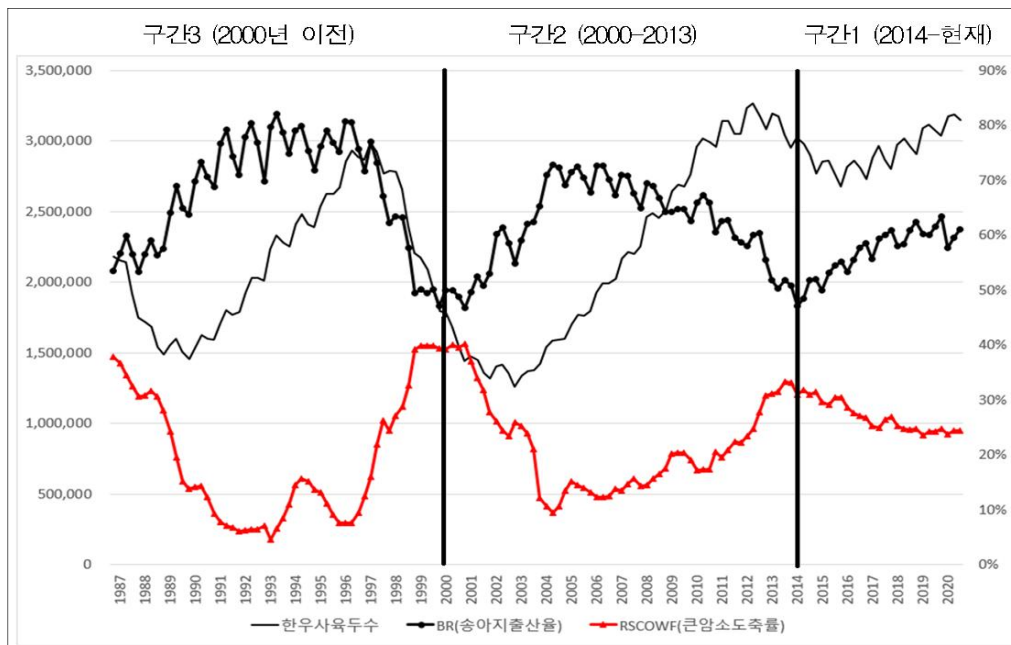
셋째, 최근 한우산업은 전업화, 규모화, 일관사육화가 진행되고 있다. 이러한 사육 구조의 변화를 반영할 수 있다면 보다 현실적이고 정확한 전망이 가능해질 것이다. 이에 이러한 구조 변화에 대한 변수를 계량화하여 모형에 반영하였다.

선행연구들과 본 연구의 가장 큰 차이점은 도축두수와 출생두수를 ‘두수’의 개념이 아니라, ‘울(騁)’의 개념으로 정의하고 모형을 구축한 것이다. 특히, 중·장기 한우 사육두수와 수급에 영향을 직접적으로 미치는 ‘암소도축률’과 ‘송아지출산율’의 변화에 대해 농가들의 사육의향을 직접적으로 분석할 수 있는 방법을 제공할 수 있게 되었다.

〈그림 1〉은 지난 30여 년간의 한우 사육두수의 변화를 나타낸 한우 사육두수 변화 사이클이며, 이를 설명할 수 있는 ‘암소도축률’과 ‘송아지출산율’을 한 그림에 표기하였다. 암소 사육농가의 번식의향이 높아지면, ‘암소도축률’은 하락하고 ‘송아지출산율’은 상승한다. 이러한 변화는 향후 1~2년 이후에 사육두수 증가로 이어지고 미래 수급 상황에 영향을 미치게 된다. 〈그림 1〉에서 2000년을 보면, ‘암소도축률’은 이 시점부터 하락 추세이고 ‘송아지출산율’은 이 시기부터 상승 추세이다. 즉, 이 시기를 전후하여 암소 사육농가의 번식의향이 되살아나기 시작한 것이다. 사육두수는 이로부터 2~3년 후인 2002

년~2023부터 다시 증가세로 반전되었다. 이와 같은 변화는 2014년에도 관찰된다. 이 시기부터 ‘암소도축률’은 다시 하락하고 ‘송아지출산율’은 상승하기 시작하였고, 사육두수는 이로부터 2년 후인 2016년부터 다시 증가세로 돌아섰다. 과거와의 차이는 ‘암소도축률’과 ‘송아지출산율’의 변화의 폭이 과거에 비해 작아진 것이고, 그에 따라 사육두수의 변동폭도 작아진 것이다. 이처럼, ‘울(률)’로 정의한 변수들에 대한 정확한 분석을 토대로 한우산업에 대한 중·장기적인 농가들의 사육의향 변화를 보다 정교하게 해석하고 전망할 수 있다.

그림 1. 사육 구조 변동에 따른 기간별 분리



2. 이론적 모형과 분석 방법

이 연구에서 개발한 한우 중·장기 수급 전망모형의 개요는 다음과 같다(〈그림 2〉참조). 개발된 모형은 수급 균형모형으로 수요와 공급이 일치하는 모형이다. 크게 보면, 수소에 대한 수요와 공급이 일치하고, 암소에 대한 수요와 공급이 일치하는 모형이다. 수소에 대한 수요와 암소에 대한 수요는 기본적으로 소비지로부터 유도되는 수요함수(derived demand function)이다. 여기에 사육농가에 의해 결정되는 수소와 암소의 도축량을 공급으로 두고 수요와 공급을 일치시키는 수급 균형모형을 개발한다. 이렇게 도매 단계에서 수요와 공급에 의해 도매가격이 결정된다. 먼저, 수소 도매가격이 결정되면, 이에 연동하여 암소 도매가격과 산지에서의 송아지 가격이 변화한다. 다만, 가격 간 연동계수가 고정된 것이 아니어서 설명력을 높이기 위해 암소는 암소도축물량을 송아지는 송아지두수를 추가적으로 설명변수로 사용

하였다. 다음으로, 산지가격의 변동에 따라 사육농가들의 사육의향이 영향을 받아 도축두수 및 송아지 출생두수가 결정되는 구조를 가진다.

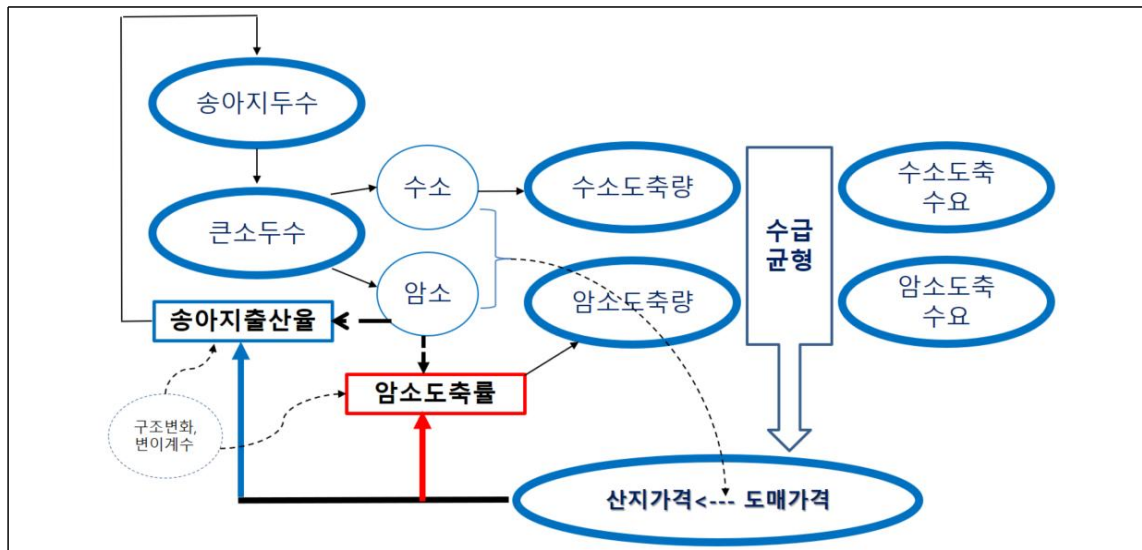
도축두수는 당기의 수급에 직접적으로 영향을 미쳐 가격에 다시 영향을 주게 되며, 출생된 송아지는 시차를 거쳐 미래의 수급 상황에 영향을 미치는 구조를 가지고 있다. 이러한 수급 균형 모형은 모든 내생 변수가 동시에 결정되는 구조를 가지게 되며, 동시에 외생변수가 적절하게 주어질 경우 이로부터 축차적으로 미래의 수급 상황을 예측할 수 있는 동태 수급 전망 모형(dynamic demand-supply forecast model)이 되는 것이다.

수소는 일반적으로 사양관리 프로그램에 따라 비거세우는 단기비육, 거세우는 장기비육을 하게 된다. 따라서, 시장가격에 따라 영향을 받는 것보다는 사전에 준비된 사양관리 프로그램에 따라 도축시점이 어느 정도 결정되는 특징을 가지고 있다. 이에 반해, 암소 도축은 한우산업의 전망에 있어 매우 중요한 의미를 가진다. 암소 사육농가들의 암소 도축의향이 높아진다면 이것은 도축물량 증가로 당기의 가격을 하락하는 방향으로 영향을 준다. 하지만, 암소 도축이 증가하면 태어날 송아지가 감소하여 미래 시점의 공급 물량 감소로 가격이 상승하는 방향으로 영향을 주게 된다. 반대로 암소 도축의향이 낮아진다면 당기의 가격은 올라가겠지만 미래의 가격은 하락할 가능성을 내포하는 것이다. 따라서 중·장기 수급 전망 모형의 구축에 있어 가장 핵심적인 내용은 사육 암소 중 얼마나 도축이 되고 송아지 재생산에 가담하는 가이다.

이 연구에서는 암소 사육농가들의 이러한 ‘암소 도축’ 및 ‘송아지 생산’ 의향의 변화가 시기에 따라 어떻게 달라지는지 그 동태적 특성을 모형에 명시적으로 반영하였다. 서홍석 외(2017)와 김충현 외(2018)의 모형에서 산지가격의 변화가 암소 도축두수와 송아지 출생두수에 직접적으로 영향을 미치는 구조였다면, 이 연구에서 개발된 모형은 ‘암소도축률’과 ‘송아지출산율’을 내생변수로 설정하여 암소 사육농가들의 도축 및 번식 의향을 직접적으로 설명할 수 있도록 모형을 설계하였다.

다른 차이점은 선행연구와 달리, 한우 수급 전망 모형에 암소 사육농가의 미래에 대한 불안감과 전업화, 규모화, 일관사육화 등 사육 구조의 변화를 수급모형에 직접적으로 반영하였다. 이를 위해 큰암소도축률과 송아지출산율의 추정에 미래에 대한 불안감 반영을 위해 암소 가격 변이계수를 설명변수로 포함시켰다. 사육 구조의 변화가 큰암소도축률과 송아지출산율에 미치는 영향을 반영하기 위해 사육 구조 변화 지수를 추계하여 이를 설명변수로 사용하였다.

그림 2. 한우 중·장기 수급 전망 모형 구조



자료: 저자 작성

중·장기 한우 수급 모형에서 사용된 모든 자료는 분기별 자료(quarterly data)이다. 본 모형 개발에 사용된 자료는 <표 1>과 같이 정의된다. 사육두수는 통계청의 분기별 발표 원자료를 그대로 사용하였다. 이로부터 아래 계산식에 정의된 공식에 따라 도축두수와 송아지출산율, 암소도축률, 수소도축률을 계산한 값들을 내생변수로 활용하였다. 본 연구에서 정의된 각종 ‘울(률)’은 특정 시점에서 계측되는 저장(stock) 개념인 사육두수와 기간 동안에서 계측되는 유량(flow) 개념인 도축두수 혹은 송아지 생산두수의 비율로 정의된다.

본 연구에서 모형 개발에 사용된 자료의 기간은 2002년 1/4분기부터 2020년 2/4분기까지의 분기별 자료이다. 실제로 한우 사육두수 자료 중 이력제에 기반하여 발표되는 공식 통계청자료는 2014년 1/4분기부터이고, 축산물이력제 빅데이터 개방시스템에서 제공하는 자료는 2018년 1/4분기부터이다. 따라서, 모형 구축을 위해 관측치의 수가 부족하여 이력제 발표 자료 이전의 값들과 통합하여 관측치의 수를 늘려 수급 전망 모형을 추정 및 구축하였다. 여기서 문제점은 이력제 이전의 자료와 이력제 이후의 자료간에 갭(gap)이 존재한다는 것이다. 이력제 이전 자료에 비해 이력제 이후 자료의 사육두수가 보다 크게 나타난다. 본 연구에서는 이러한 문제점들을 해결하고자 이 시계열 자료 간 발생하는 오차에 대해 이들의 평균치를 사용하여 이력제 이전 자료들을 보정하였고 이를 이력제 이후 자료들과 통합하였다.

시점을 2002년으로 선택한 것은 너무 과거로 가면 절단된 자료간의 문제가 보다 심각해질 수도 있고, 새롭게 시작되는 한우 사이클이 2002년(2002년을 저점으로 다시 사육두수가 증가하는 새로운 사이클이 시작됨)이어서 이로부터 통합된 자료를 구축하여 새롭게 구축되는 모형에 적용을 하는 것이 보다 타당하다는 판단에서이다. 본 연구의 중·장기 한우 수급 모형에 사용된 주요 사육 및 도축 관련 변수들의 기초 통계량은 <표 2>와 같고, 그 외의 주요 변수들은 <표 3>과 같다.

표 1. 주요 변수명 정의

구분	영문 변수명	정의	계산식
사육 두수	CALFF	1세 미만 암송아지	
	COWF	1~2세 암소	
	COWFT	2세 이상 암소	
	CALFM	1세 미만 수송아지	
	COWM	1~2세 수소	
	COWMT	2세 이상 수소	
도축 두수	SCALFF	어린암소도축두수	$= CALFF_{t-4} - COWF_t$
	SCOWF	큰암소도축두수	$= (COWF_{t-4} + COWFT_{t-4}) - COWFT_t$
	SCALFM	어린수소도축두수	$= CALFM_{t-4} - COWM_t$
	SCOWM	큰수소도축두수	$= (COWM_{t-4} + COWMT_{t-4}) - COWMT_t$
송아지 출산물, 도축률	BR	송아지출산물	$= \frac{CALFF_t + CALFM_t}{COWF_{t-4} + COWFT_{t-4}}$
	RSCALFF	어린암소도축률	$= \frac{SCALFF_t}{CALFF_{t-4}}$
	RSCOWF	큰암소도축률	$= \frac{SCOWF_t}{COWF_{t-4} + COWFT_{t-4}}$
	RSCALFM	어린수소도축률	$= \frac{SCALFM_t}{CALFM_{t-4}}$
	RSCOWM	큰수소도축률	$= \frac{SCOWM_t}{COWM_{t-4} + COWMT_{t-4}}$

주 1) 자료는 통계청 가축동향조사 발표자료 중 한우 사육두수를 원자료로 이용하여 도축두수를 계산하고 이를 기초로 송아지 출산율과 도축률을 계산하였음.

2) 어린암소도축률은 1~2세에 도축되는 미경산우(어린 암소)와 연관이 깊고, 큰암소도축률은 2세 이상에서 도축되는 큰 암소와 연관성이 있음.

표 2. 주요 변수들의 기초 통계량

구분	평균	최대	최소	표준편차
CALFF	357,882	459,087	184,588	76,949
COWF	325,356	461,635	151,114	99,315
COWFT	325,356	461,635	151,114	99,315
CALFM	381,536	480,519	210,847	74,846
COWM	339,044	486,791	150,561	105,692
COWMT	163,234	332,923	19,362	97,902
SCALFF	20,613	72,066	-20,056	26,395
SCOWF	283,601	516,264	68,705	131,300
SCALFM	30,471	91,021	-31,537	36,295
SCOWM	314,518	502,714	147,061	116,043
BR	61.4%	72.8%	47.2%	0.0670
RSCALFF	7.8%	31.0%	-5.3%	0.1011
RSCOWF	22.1%	33.4%	9.5%	0.0652
RSCALFM	10.4%	35.9%	-7.2%	0.1251
RSCOWM	69.5%	89.9%	55.7%	0.1044

주: 2002년 1/4분기부터 2020년 2/4분기까지 자료임.

표 3. 모형에 사용된 기타 자료

변수명	변수설명	자료출처
SC	사육 구조 변화지수 (= $\frac{50\text{두이상규모 사육두수}}{50\text{두미만규모 사육두수}}$)	통계청 자료 이용 계산
ASM	수소도축두수	축산물품질평가원
ASF	암소도축두수	축산물품질평가원
MWT	수소 도체중	축산물품질평가원
FWT	암소 도체중	축산물품질평가원
PFCF	암송아지 산지가격(6~7개월)	농협 축산정보센터
PFCM	수송아지 산지가격(6~7개월)	농협 축산정보센터
PFF	암소 산지가격(600kg 기준)	농협 축산정보센터
PFM	수소 산지가격(600kg 기준)	농협 축산정보센터
PWF	암소도매가격평균(지육1kg)	농협 축산정보센터
PWM	수소거세우도매가격평균(지육1kg)	농협 축산정보센터
FEEDP	비육사료가격(원/kg)	통계청
CVPPF	지난 8분기 간 암소 가격 변이계수	8분기 간 분기별 암소 가격 평균을 표준편차로 나눔.
RGNI	실질 국민총소득(계절조정)	통계청
APOP	장래추계인구(2015년 기준)	통계청
PPI	생산자물가지수(2010=100)	통계청
CPI	소비자물가지수(2010=100)	통계청
RG2	한우 사육두수가 새로운 사이클을 시작하는(다시 증가세로 반전) 2014년 이후를 1로, 그 이전은 0으로 둔 더미변수	

3. 분석 결과

이 연구에서 가장 중요한 내생변수는 BR(송아지출산율)과 RSCOWF(큰암소도축률)이다. 두 변수의 변동에 따라 암소 중 몇 마리 정도가 도축이 되고 몇 마리 정도의 송아지가 태어날지가 정해지며 그 정도에 따라 사육두수와 공급 물량이 순차적으로 결정되기 때문이다. 주요 변수들에 대한 추정결과가 <표 4~5>에 제시되어 있다. 시계열 자료의 특성상 자기상관 등의 문제가 심각하여 추정 계수에 대한 효율성의 문제가 발생할 수 있어, 이를 보완하고자 Newey & West(1987)가 제시한 방식대로 이분산과 자기상관이 존재 시 추정 계수들의 비효율성에 대처할 수 있도록 표준편차를 조정하였다. 각 추정식들의 R^2 가 대체로 0.9이상으로 높게 나타났으며 대부분의 설명변수들도 유의하게 나타났다. 참고로 각 방정식의 추정결과에서, 설명변수들이 종속변수에 미치는 영향을 이해하기 쉽도록 해당 계숫값을 탄성치로 변환한 결과를 각 표에 제시하였다.

먼저, BR(송아지출산율)에 대한 추정 결과를 보면(<표 4>), 1년 전 송아지 가격 대비 암소 가격 비율(PFF(-4)/PFCF(-4))의 추정 계수가 -0.023(탄성치는 -0.08)인 음(-)의 값으로 유의수준 1%하에서 유의하게 추정되었다. 1년 전 송아지 가격 대비 암소 가격이 1% 상승하면, 송아지출산율이 0.08% 하락한

다. 즉, 1년 전 상황에서 송아지 가격에 비해 암소 가격이 좋으면 번식보다 암소도축이 유리하다고 판단하여 번식에 가담하지 않아 결과적으로 송아지 출산율이 하락하는 것이다. 규모화의 진전을 고려한 상황에서 이러한 가격비에 대한 농가의 반응 역시 -0.026 (탄성치는 -0.09)인 음(-)의 값으로 유의수준 1% 하에서 유의하게 계측되었다. 즉, 규모화(SC)가 진전될수록 송아지 가격 대비 암소 가격에 대해 더욱 부정적(negative)으로 반응하여 결과적으로 송아지 출산율이 더욱 낮아지는 것으로 추정되었다. 이는 최근 규모화 이후 송아지 출산율 저하에 따라 동일 암소 수 대비 태어나는 송아지 두수가 적어지는 현상을 잘 설명하고 있다고 판단된다. 또한, 송아지출산율을 설명하는 요인으로 2분기 전 암소 가격의 변이계수(지난 8분기 동안) $CVPFF(-2)$ 가 -0.206 (탄성치는 -0.03)의 값으로 유의수준 5%하에서 유의하게 추정되었다. 즉, 암소 가격의 불안정성이 커질수록 암소 사육농가들은 번식보다는 도축하려는 의향이 강해져 송아지출산율 저하로 이어진다고 판단할 수 있다.

다음으로 주요 변수인 RSCOWF(큰암소도축률)의 추정결과를 보자(〈표 5〉). BR(송아지출산율)과 달리 RSCOWF(큰암소도축률)은 송아지 가격 대비 암소 가격(PFF/PFCF)에 대해 1년 전이 아닌 동일 시점에 반응하여, 양(+)의 값 0.005 (탄성치는 0.05)로 반응한다. 즉, 송아지 가격 대비 암소 가격이 1% 상승하면 큰암소도축률은 0.05% 상승한다. 임신에서 출산까지는 대략 10개월의 시간이 걸리지만, 도축은 그 시점에 바로 이루어지기 때문이며, 송아지 가격에 비해 암소 가격이 높을수록 암소도축률이 높아진다. 다만, p-value가 0.12 로 통계적 유의성은 다소 낮게 추정되었다. 규모화(SC)가 진전될수록 이러한 가격에 대한 반응은 더욱 커지는 것으로 나타났다. 즉, 규모화와 일관사육화가 진전될수록 번식을 위한 암소사육은 힘들어지며 그에 따라 암소도축률은 좀 더 증가하는 것으로 추정되었다. 통계적 유의성은 유의수준 1%하에서 유의하게 추정되었다. 사료가격(FEEDP)에 대해서는 0.005 (탄성치는 0.08)의 값으로 추정되어 사료 가격 상승이 암소도축 증가로 이어지는 것을 확인할 수 있지만 통계적 유의성은 낮게 나타났다. 또한, CVPFF의 계숫값이 0.046 (탄성치는 0.02)으로 추정되어, 암소 가격의 불안정성이 커질수록 암소도축률이 상승하는 것으로 나타났으나, 통계적 유의성은 낮게 나타났다.

〈표 6~11〉은 기타 가격 변수들의 추정결과를 보여주고 있다. 중요하게 볼 부분은 수급 균형에서 균형을 통해 도달하는 도매가격(수소와 암소 모두)을 역수요함수의 형태로 추정한 것이다. 이 식에서 물량에 해당되는 부분(수소 도축물량, 암소 도축물량)은 분기별 도축물량을 의미한다. 이 물량은 앞의 이력제 시스템에서 제공되는 월별 물량을 근거로 분기별 도축물량으로 전환한 것이다.

가격에 대한 내생변수들 중 가장 먼저 중요하게 결정되는 수소 도매가격 PWM의 추정결과를 보자(〈표 6〉). 수소 도매가격에 대해 설명변수로 수소 도축물량($ASM \cdot MWT$)이 유의수준 1%하에서 유의하게 탄성치 -0.59 의 효과로 추정되었다. 즉, 수소 도축물량이 1% 증가하면, 수소도매가격은 0.59% 하락한다. 두 번째 설명변수인 $RG2 \cdot ASM \cdot MWT$ 를 보자. 이 변수는 2014년 이후 한우 사이클의 새로운 시작(사육두수가 다시 증가하기 시작)과 그리고 거세우 비중 증가에 따른 등급 출현율 상승에 따른 가격상승 효과를 더미변수인 $RG2$ 에 반영한 것에 첫 번째 설명변수를 결합한 것이다. 추정 결과, 탄성치 0.06 으로

유의수준 1%하에서 유의하게 추정되었다. 이는 수소 도축물량이 수소 도매가격에 주는 음(-)의 영향이 조금 상쇄되는 것을 의미한다. 1인당실질국민소득(RGNI/APOP)은 유의수준 1%하에서 유의하게 15,501.79(탄성치 0.66)의 효과로 추정되었고, 기타 분기 더미변수도 유의수준 10%하에서 모두 유의하게 추정되었다. 실질소득이 1% 증가하면, 수소 도매가격은 0.66% 상승하는 것으로 추정되었다.

다음으로 암소도매가격(PWF, <표 7>)은 암소도축물량(ASF*FWT)에 대해 유의수준 1%하에서 유의하게 탄성치 -0.14의 값으로, 수소 도매가격과는 유의수준 1%하에서 유의하게 0.959(탄성치 1.06)의 값으로 연결된 것으로 추정되었다. 수소 도매가격의 변화가 거의 대부분 암소 도매가격에 반영되고, 동시에 암소 도축물량이 1% 증가할수록 암소 도매가격은 0.14% 하락하는 것으로 추정되었다.

도매단계에서 결정된 수소 도매가격은 산지단계로 넘어와 수소 가격과 수송아지 가격에 영향을 미친다. 수소 산지가격(PFM, <표 8>)은 수소도매가격(PWM)과 유의수준 1%하에서 유의하게 0.172(탄성치 0.6: 수소도매가격이 1% 변할 때 수소 산지가격은 0.6% 변화)의 관계로 연결되어 있고, 1세 이상 한우 수소두수(COWM+COWMT)와는 유의수준 10%하에서 유의하게 탄성치 -0.05의 관계에 있는 것으로 추정되었다. 수송아지 산지가격(PFCM, <표 9>)은 수소 도매가격(PWM)과 유의수준 1%하에서 유의하게 0.096(탄성치 0.57: 수소 도매가격이 1% 변할 때 수송아지 가격은 0.57% 변화)의 관계로 연결되어 있고, 규모화의 진전(SC)에 따라 일관사육비중이 증가하고 가축시장에서 송아지 거래두수가 과거에 비해 감소하면서 송아지 가격을 상승시키는 역할을 하였다. 이 효과(SC*PWM)는 0.019(탄성치 0.12)의 값으로 유의수준 1%하에서 유의하게 추정되었고, 1세 미만 한우 수송아지두수(CALFM)와는 유의수준 1%하에서 유의하게 탄성치 -0.22의 관계에 있는 것으로 추정되었다.

도매단계에서 결정된 암소 도매가격은 산지단계로 넘어와 암소 가격과 암송아지 가격에 영향을 미친다. 암소 산지가격(PFF, <표 10>)은 암소도매가격(PWF)과 유의수준 1%하에서 유의하게 0.235(탄성치 0.67)의 관계로 연결되어 있고, 1세 이상 한우 암소두수(COWF+COWFT)와는 유의수준 1%하에서 유의하게 탄성치 -0.08의 관계에 있는 것으로 추정되었다. 암송아지 산지가격(PFCF, <표 11>)은 암소도매가격(PWF)과 유의수준 1%하에서 유의하게 0.069(탄성치 0.38)의 관계로 연결되어 있다. 규모화의 진전(SC)에 따라 일관사육비중이 증가하고 송아지 자가생산에 대한 의향이 커지면서 암소 가격의 상승으로 이어졌다. 이 효과(SC*PWF)는 0.008(탄성치 0.05)의 값으로 유의수준 5%하에서 유의하게 추정되었고, 1세 미만 한우 암송아지두수(CALFF)과는 유의수준 1%하에서 유의하게 탄성치 -0.25의 관계에 있는 것으로 추정되었다.

표 4. 송아지출산율(BR) 행태방정식 추정 결과

구분	계수	탄성치	표준오차	t 통계량	p-value
C	0.517		0.088	5.87	0.0000
PFF(-4)/PFCF(-4)	-0.023	-0.08	0.005	-4.93	0.0000
SC(-4)*PFF(-4)/PFCF(-4)	-0.026	-0.09	0.005	-4.84	0.0000
CVPFF(-2)	-0.206	-0.03	0.084	-2.44	0.0175
BR(-1)	0.364	0.36	0.108	3.36	0.0014
R ²	0.91				

표 5. 큰암소도축률(RSCOWF) 행태방정식 추정 결과

구분	계수	탄성치	표준오차	t 통계량	p-value
C	0.003		0.014	0.23	0.8152
PFF/PFCF	0.005	0.05	0.004	1.55	0.1274
SC*(PFF/PFCF)	0.016	0.18	0.005	3.23	0.0020
FEEDP/PPI	0.005	0.08	0.004	1.22	0.2265
CVPFF	0.046	0.02	0.052	0.87	0.3868
RSCOWF(-1)	0.662	0.66	0.077	8.56	0.0000
R ²	0.96				

표 6. 수소 도매가격(PWM/PPI) 함수 추정 결과

구분	계수	탄성치	표준오차	t 통계량	p-value
C	152.6126		25.78110	5.919553	0.0000
ASM*MWT	-1.63E-06	-0.59	1.46E-07	-11.15208	0.0000
RG2*ASM*MWT	3.42E-07	0.06	9.85E-08	3.470367	0.0009
RGNI/APOP	1.5501.79	0.66	3772.360	4.109308	0.0001
DS1	7.905588	0.01	4.057273	1.948498	0.0555
DS2	-18.90215	-0.03	4.071152	-4.642949	0.0000
DS3	-14.79955	-0.02	3.862709	-3.831391	0.0003
R ²	0.63				

표 7. 암소 도매가격(PWF/PPI) 함수 추정 결과

구분	계수	탄성치	표준오차	t 통계량	p-value
C	14.173		10.838	1.31	0.1954
ASF*FWT	-4.78E-07	-0.14	0.000	-5.64	0.0000
PWM/PPI	0.959	1.06	0.056	17.22	0.0000
DS1	1.853	0.00	1.142	1.62	0.1094
DS2	-7.133	-0.01	1.622	-4.40	0.0000
DS3	-7.097	-0.01	1.503	-4.72	0.0000
R ²	0.93				

표 8. 수소 산지가격(PFM/PPI) 함수 추정 결과

구분	계수	탄성치	표준오차	t 통계량	p-value
C	-1.171		4.834	-0.24	0.8094
PWM/PPI	0.172	0.60	0.026	6.57	0.0000
PFM(-1)/PPI(-1)	0.470	0.47	0.063	7.42	0.0000
COWM+COWMT	-4.66E-06	-0.05	2.72E-06	-1.71	0.0915
R ²	0.83				

표 9. 수송아지 산지가격(PFCM/PPI) 함수 추정 결과

구분	계수	탄성치	표준오차	t 통계량	p-value
C	-0.277		2.230	-0.12	0.9016
PWM/PPI	0.096	0.57	0.014	6.84	0.0000
SC*(PWM/PPI)	0.019	0.12	0.002	7.99	0.0000
PFCM(-1)/PPI(-1)	0.544	0.54	0.055	9.97	0.0000
CALFM	-1.59E-05	-0.22	3.45E-06	-4.60	0.0000
R ²	0.95				

표 10. 암소 산지가격(PFF/PPI) 함수 추정 결과

구분	계수	탄성치	표준오차	t 통계량	p-value
C	1.215		1.710	0.71	0.4797
PWF/PPI	0.235	0.67	0.009	27.34	0.0000
PFF(-1)/PPI(-1)	0.383	0.38	0.025	15.55	0.0000
COWF+COWFT	-3.24E-06	-0.08	6.52E-07	-4.97	0.0000
R ²	0.99				

표 11. 암송아지 산지가격(PFCF/PPI) 함수 추정 결과

구분	계수	탄성치	표준오차	t 통계량	p-value
C	2.198		2.491	0.88	0.3808
PWF/PPI	0.069	0.38	0.016	4.30	0.0001
SC*PWF/PPI	0.008	0.05	0.003	2.62	0.0110
PFCF(-1)/PPI(-1)	0.737	0.74	0.039	18.75	0.0000
CALFF	-1.85E-05	-0.25	3.94E-06	-4.68	0.0000
R ²	0.95				

본 연구에서 개발된 중·장기 한우 수급 전망 모형의 예측력 검정을 위해 평균 절대 백분율 오차(MAPE: mean absolute percent error), 평균 제곱근 백분율 오차(RMSPE: root mean square percent error), 테일의 불균등 계수(Theil's U: Theil's inequality coefficient)를 사용하여 서로 비교하였다(〈표 12〉). 평가 기준으로 선정된 3가지 방법은 측정단위에 영향을 받지 않기 때문에 실측치에 대한 예측 오차의 상대적인 크기를 측정하는 데 대표적으로 사용되고 있다. 선택된 3가지의 예측력 검정 방법을 사용하여 2002년 1/4분기~2020년 2/4분기에 대한 표본을 대상으로 예측력을 검토하였다. 모

형 예측치와 실측치 간 오차율을 나타내는 RMSPE와 MAPE는 평가결과 값이 작을수록 예측치의 정밀도가 우수한 것을 나타낸다. 반면, 테일의 불균등 계수는 0과 1 사이의 값을 가지게 되는데, 예측치와 실측치가 정확히 같은 경우 0의 값을 갖게 되고, 계숫값이 작을수록 모형 예측력이 높다고 할 수 있다.

$$RMSPE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left(\frac{Y_t^s - Y_t}{Y_t} \right)^2} \times 100$$

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t^s - Y_t}{Y_t} \right| \times 100$$

$$Theil's \text{ inequality coefficient} = \frac{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t^s - Y_t)^2}}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t^s)^2} + \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (Y_t)^2}}$$

Y_t^s 는 예측치, Y_t 는 실측치, n 은 예측기간 수

중·장기 모형의 예측력 검증 결과, in-sample test와 out-of-sample test의 결과치에 대한 RMSPE와 MAPE는 대략 오차범위 10% 내외여서 예측력이 나쁘지 않음을 알 수 있고, 테일의 불균등 계수(Theil's U)도 대략 0.1 이하여서 모형으로서 예측에 큰 문제가 없는 것으로 판단된다. 다만, out-of-sample test에서 주요 변수인 큰암소도축률(RSCOWF)의 오차가 16%대로 크게 나타났다. 그 이유는 모형에서는 사육두수 증가와 그에 따른 산지가격 하락으로 암소도축률이 증가할 것으로 추정되었으나, 실제 현장에서는 규모화/전업화 농가들을 중심으로 입식의향이 매우 커 실제 암소도축률은 그리 크지 않게 나타났기 때문이다.

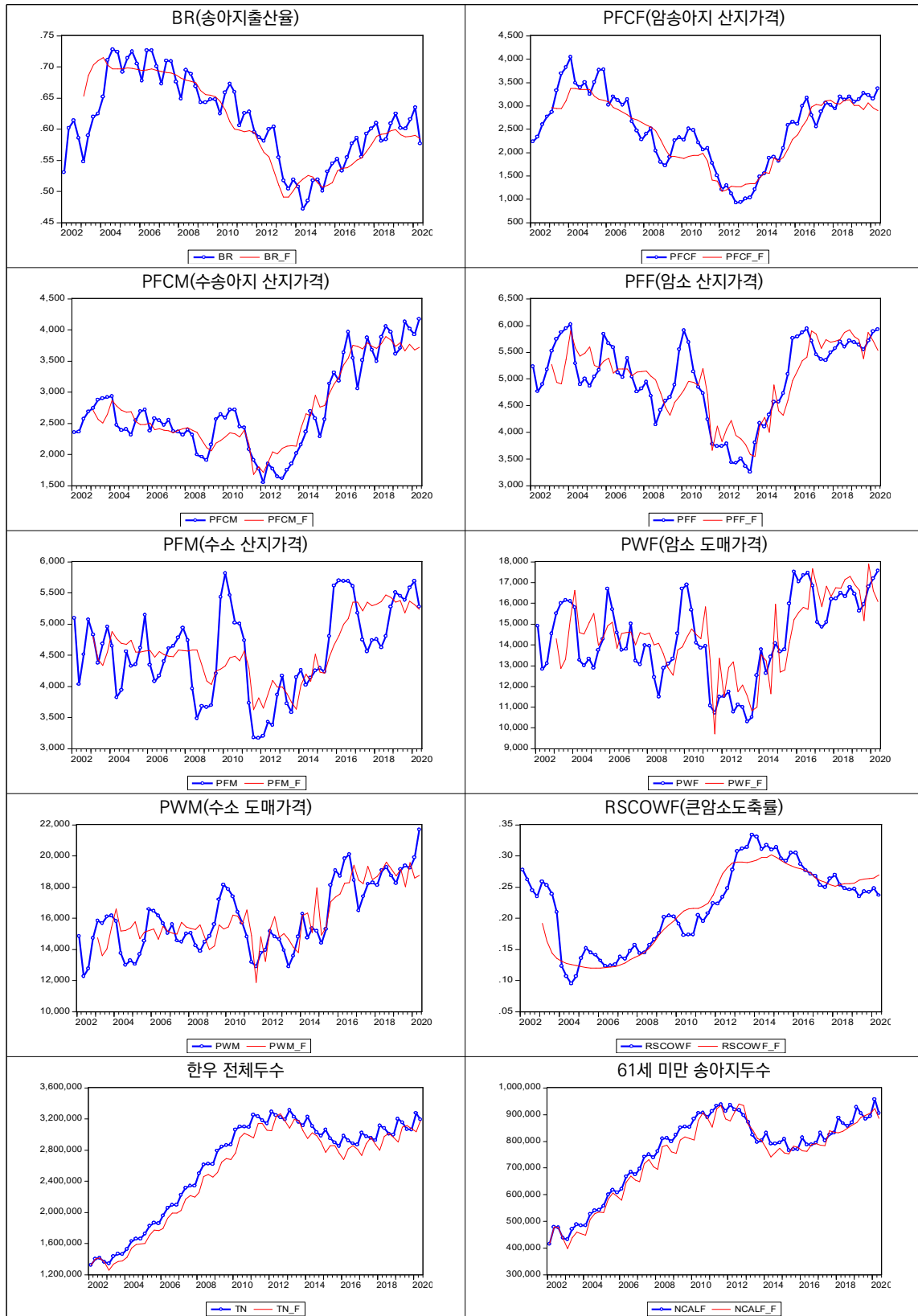
〈그림 3〉을 보면, 중·장기 한우 수급 전망 모형의 수급 연립 방정식 결과로 도출된 해 값(추정치)과 실제치의 값들이 비교되어 있다. 〈표 12〉의 결과를 〈그림 3〉에서 확인하면, 주요 변수들에 대한 추세선이 실제치를 잘 따라가고 있어 중·장기 모형으로서 역할을 잘 할 수 있을 것으로 판단된다. 마지막으로 〈그림 3〉의 맨 마지막 부분에 비교를 위해, 모형에서 직접적인 내생변수로 사용된 송아지출산율(BR)과 큰암소도축률(RSCOWF)('울(률)'의 개념에서 산출)을 두수로 전환하여 계산한 '한우 전체두수'와 '송아지두수'에 대해 실제치와 모형 추정치 값들을 도식화하여 비교해 보았다. 한우 전체두수를 보면, 실제치에 비해 추정치가 다소 적게 나타나고 있다. 동태모형의 해 값을 찾아가는 과정에서 분석대상기간의 초반부인 2002~2003년에 송아지출산율(BR)은 실제치보다 크고 큰암소도축률(RSCOWF)은 실제치보다 작게 추정이 되어, 이러한 초반의 오차가 누적되어 결과적으로 추정된 사육두수가 실제보다 커진 것이다. 이는 연립방정식 모형에 대한 '영점조정(오차보정)'을 하지 않은 것으로, 실제 모형을 운용함에 있어서는 실제치와 추정치 간의 오차에 대해 적절히 조절함으로써 모형의 적합도를 향상시킬 수 있다. 또한,

한우 전체두수는 계절적 편차가 명확하지만, 암소도축률과 송아지출산율에는 이러한 계절적 편차가 명확치 않아 울(률)의 개념에서 추정된 값을 토대로 사후에 사육두수로 전환한 추정치와 실제치 간의 계절적 오차가 발생하는 측면도 있다. 이는 울(률)의 개념에 기초한 모형의 구조적 특성에 기인하는 단점이라고 볼 수 있다. 다만, 기존의 모형에 더해 여기에서 개발된 모형을 보완한다면, 보다 훌륭한 농가의 번식 심리와 그에 따른 산업 전망을 고도화할 수 있으리라 판단된다.

표 12. 주요 추정방정식 예측력 검증 결과

변수	In-sample test (2002년 1/4분기~2020년 2/4분기)			Out-of-sample test (2020년 3/4분기~2020년 4/4분기)		
	MAPE	RMSPE	Theil's U	MAPE	RMSPE	Theil's U
BR (송아지출산율)	4.3%	5.7%	0.03	6.4%	6.6%	0.04
RSCOWF (큰암소도축률)	9.6%	13.1%	0.05	16.3%	16.4%	0.07
PWF (암소 도매가격)	8.3%	10.0%	0.1	5.0%	5.2%	0.05
PWM (수소 도매가격)	6.9%	8.4%	0.08	8.4%	8.4%	0.09
PFF (암소 산지가격)	7.3%	8.8%	0.09	7.1%	7.9%	0.08
PFCF (암송아지 산지가격)	11.0%	14.0%	0.13	12.4%	12.5%	0.14
PFM (수소 산지가격)	9.2%	11.5%	0.11	6.4%	7.6%	0.07
PFCM (수송아지 산지가격)	8.7%	10.7%	0.09	10.8%	11.1%	0.13

그림 3. 중·장기 한우 (연립)모형 실제치와 추정치 비교



주: 영문변수명으로 표기된 것은 실제치이고, 영문변수명_F로 표기된 것은 추정치임.

4. 요약 및 결론

이 연구에서는 ‘축산물이력제 빅데이터개방시스템’을 통해서 일반에 공개되는 자료를 이용하여 한우 수급 모형을 정교화하고 고도화하였다. 여기에서 개발된 모형은 실제 한우 관측에 유용하게 활용될 수 있다. 단순 사육두수의 추정이 아닌 변화율의 관점에서 내생변수들을 추정함으로써, 농가들의 사육의향(혹은 번식의향)의 변화를 보다 용이하게 간파하여 중·장기 수급 안정과 농가 소득 안정을 위해 필요한 적절한 정책을 사전에 준비하고 다양한 정책 시뮬레이션도 가능하게 되었다. 예를 들어, 최근에 사육두수 조절을 위해 시행되고 있는 미경산우와 경산우 비육지원사업의 경우에 농가들의 사육의향에 어느 정도 영향을 미쳤는지 분석가능하다. 정책 변수에 다양한 시나리오를 설정하여, 정책 효과를 사전에 시뮬레이션해 볼 수 있다.

다만, 본 연구의 한계로 다음과 같은 사항이 있고 이는 추후 연구를 통해 해결되었으면 하는 바람이다. 사육두수 변수를 명시적으로 사용할 경우 계절적 편차를 용이하게 반영할 수 있다. 하지만, 이 연구에서 도출된 울(뿔)을 이용한 변수의 경우, 저량과 유량의 비를 이용하여 계산된 바, 이러한 계절적 편차를 명시적으로 반영하는 데에는 한계가 있다. 또한, 시뮬레이션의 시작시점을 어디로 하느냐에 따라 초기 오차가 계속 누적 반영될 수 있는 단점도 있다. 물론, 이러한 한계는 실제 모형의 운영에 있어, 적절한 보정 절차를 통해 일정부분 해소가 가능하기도 하다.

최근 한우산업 안정과 농가 경영안정을 위해 사전적 수급 안정화에 대한 선제적 예방조치의 필요성에 대한 논의가 커지고 있다. 이를 위해 수급조절매뉴얼에 대한 논의도 한창이다. 여기에서 개발된 모형을 기초로 예측되는 전망치들을 근거로 수급조절매뉴얼에 이용될 기초 자료를 산출할 수 있다. 나아가, 여기에서 개발된 수급모형을 기초로 한우 사육농가 소득 모형을 구축한다면, 단순한 수급 전망 외에 이로 부터 비롯되는 농가 경영안정을 위한 기초 자료도 제공할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 김창호, 조석진. (2004). 한우 수소의 기대가설별 가격위험. *농업경영·정책연구*, 31(2), 363-376.
- 김충현, 서홍석, 이형우, 김진년. (2018). 쇠고기이력제 자료를 이용한 한우 수급모형 구축. *농촌경제*, 41(3), 25-50.
<http://doi.org/10.36464/jrd.2018.41.3.002>
- 농협 축산정보센터. 소 산지가격, 도매가격. <<https://livestock.nonghyup.com/main/main.do>>. 검색일: 2021. 4.15.
- 문홍성, 정지현, 김민경. (2020). 축산물 가격의 비대칭성 검증. *농업경제연구*, 61(1), 27-49.
<http://doi.org/10.24997/KJAE.2020.61.1.27>
- 서홍석, 김충현, 이형우, 김진년. (2017). 쇠고기이력제를 활용한 축산관측 고도화 연구. 한우자조금관리위원회.
- 전상곤, 신영식, 박동주. (2020). 한우 사육구조 변화 및 수급영향 분석. 한우자조금관리위원회.
- 정지현, 문홍성, 장재봉, 김민경. (2018). 수입축산물의 비대칭적 가격전이. *농업경영·정책연구*, 45(3), 376-397.
<http://doi.org/10.30805/KJAMP.2018.45.3.376>
- 조석진. (2003). 가격변동에 따른 암소의 공급반응구조분석. *농업경제연구*, 44(2), 1-13.
- 축산물품질평가원. 도축두수, 도체중. <<https://www.ekapepia.com/index.do>>. 검색일: 2021.5.5.
- 통계청. 가축동향조사, 사료가격지수, 실질국민총소득, 장래추계인구, 생산자물가지수, 소비자물가지수. <<https://kosis.kr/>>. 검색일: 2021.5.1.
- Newey, W. K. & K.D. West. (1987). A Simple, Positive Semi-definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix. *Econometrica*, 55(3), 703-708.