

MANAGEMENT&ECONOMICS

# Productivity effects of Hanwoo genetic improvement program

Jae Bong Chang<sup>1\*</sup>, Sanghyen Chai<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Marketing and Safety, Konkuk University, Seoul 05029, Korea

<sup>2</sup>Farmer Service Center for FTA Implementation Research Associate, Korea Rural Economic Institute, Naju 58321, Korea

\*Corresponding author: [jbchang@konkuk.ac.kr](mailto:jbchang@konkuk.ac.kr)

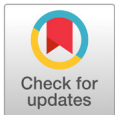
## Abstract

A genetic improvement program in Korea was implemented to improve the performance of Hanwoo cattle by generating livestock with genetically desirable economic characteristics. In particular, in response to external changes, such as the expansion of Free Trade Agreement (FTA), the livestock genetic improvement program has increased farm income by improving the productivity and quality of Hanwoo cattle. Using production cost data from Statistics Korea, the total input and output indices of Hanwoo feeding cattle from 2008 - 2021 were estimated and the growth and productivity changes were analyzed. The productivity change measures results were used to estimate the cumulative effects of the Hanwoo genetic improvement program on quality improvement, another purpose of the program, using a finite distributed lag model. The average annual increase in output (market weight) of Hanwoo was 0.9%. However, total input increased by 1.6%, resulting in a 0.6% decline in total factor productivity. In contrast, the Hanwoo genetic improvement program contributed significantly to the production of high quality beef, rather than contributing to improved productivity of the cattle. Hanwoo carcass weight, which is used as a performance indicator for the livestock genetic improvement program, has significantly improved and is projected to increase at a slower rate. The collective findings indicate the need for new performance indicators that can comprehensively indicate the performance of the genetic improvement of Hanwoo.

**Keywords:** animal genetic improvement program, finite distributed lag model, Hanwoo, total factor productivity

## Introduction

생산성(productivity)은 생산을 위해 투입하는 생산요소들로 얼마만큼의 산출을 달성할 수 있는지를 나타내는 지표이다(Kwon and Kim, 2000). 따라서 농축산업의 생산성은 생산의 효율성이나 시간이 지나면서 투입된 비용 대비 결과가 어떻게 변하고 있는지 장기적인 변화를 파악할 수 있는 중요한 지표로서의 역할을 한다. 특히, 자유무역협정(free trade agreement, FTA) 체결에 따른 시장개방 확대 흐름에서 수입 농축산물과의 경쟁이 불가피한 우리나라 농축산



### OPEN ACCESS

**Citation:** Chang JB, Chai S. Productivity effects of Hanwoo genetic improvement program. Korean Journal of Agricultural Science 50:869-881. <https://doi.org/10.7744/kjoas.500423>

**Received:** October 18, 2023

**Revised:** November 17, 2023

**Accepted:** November 21, 2023

**Copyright:** © 2023 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

업의 경쟁력 확보를 위해서는 지속적인 성장과 효율성 제고가 필요하며, 이를 위해서 생산성 향상을 통한 가격경쟁력 확보와 고품질 생산을 통한 품질경쟁력 확보가 매우 중요하다.

이에 따라 주요 축산업 선진국들과의 FTA 체결 확대에 따른 대외 여건 변화에 대응하여 국내 축산업의 생산성 향상 및 품질 고급화를 통한 경쟁력 제고를 목표로 가축개량사업을 지속적으로 진행해 오고 있다. 가축개량사업을 통한 가축단위당 생산성 향상은 국내 축산농가의 경영 성과를 평가하고 향후의 투자방향을 결정하기 위한 논의를 위해서도 매우 중요한 의미를 가진다. 우리나라의 가축개량 역사는 한우를 중심으로 광복 전·후부터 시작되었으며, 1960년대에 처음으로 한우의 인공수정 기술이 성공하였고, 1970년대부터 한우개량단지 조성사업이 시작되는 등 본격적인 한우개량이 시작되었다.

이러한 한우 개량사업을 통한 성과가 누적되어 2000년대에 들어서면서 도체중을 중심으로 가시적인 개량 효과가 나타나기 시작하였다. 한우개량으로 1998년 319 kg이었던 거세우의 도체중이 2010년에는 415.3 kg, 2021년에는 455.1 kg까지 지속적으로 증가하였다. 그러나, 2000년대 중반까지 2.5 - 2.9% 수준의 연평균 증가율을 기록하던 도체중은 점차 증가율이 하락하기 시작하여 2010년대에는 전체 한우의 경우 0.7%, 거세우는 0.8%의 연평균 증가율을 기록하여 도체중의 증가율은 둔화되고 있는 것으로 나타나고 있다(Statistics Korea, 2023).

한우를 대상으로 한 가축개량은 도체중 증가라는 생산성 향상과 함께 고품질의 한우고기 생산을 목적으로 한다. 개량을 통한 한우고기의 고품질 생산은 육질등급과 육량등급을 구분하여 등급을 판정하는 쇠고기 등급제의 영향으로 더욱 큰 효과를 가지게 된다. 1998년 15.4%에 불과하였던 한우고기의 1등급 이상 출현율은 2007년에 처음으로 51.0%를 기록하여 50%를 넘어선 이후 꾸준히 증가하여 2021년에 74.9%를 기록하였다. 1998년 이후 2021년까지 한우고기의 1등급 이상 출현율의 증가는 연평균 7.6%를 기록하였다(KAPE, 2023). 한우개량을 통한 품질의 차이가 뚜렷해지면서 가격 차별화를 촉진하여 한우산업의 경쟁력 향상에 크게 기여하였다.

일반적으로 농축산업의 생산을 위해서는 노동, 토지, 자본, 사료 등 중간재 등의 투입요소가 필요하며, 농축산업의 생산성 변화는 이들 투입요소의 변화를 모두 고려하는 총요소생산성(total factor productivity, TFP)의 변화로 계측할 수 있다. 일반적으로 투입요소의 한계생산성이 요소 투입량이 증가함에 따라 감소하는 상황일 경우 해당 투입요소의 생산성은 하락하기 때문에 낮은 투자효율성을 의미하지 않는다. 또한, 개별 투입요소별 생산성은 투입요소 상호간에 효과를 고려할 수 없어 전반적인 효율성 파악에는 한계가 있다.

농축산업의 생산성 파악의 중요성을 반영하여 생산성 변화에 대한 분석은 꾸준히 시도되어 왔다. 우리나라 농업 전체를 대상으로 생산성 변화를 분석한 연구는 Yoo (1993), Hwang (1998), Kwon과 Kim (2000), Kwon (2010) 등을 들 수 있으며, 세부 품목에 대한 생산성 변화를 계측한 연구로는 우리나라 농업에서 차지하는 중요성으로 인해 미곡생산에 집중되었으며, Sagong (1998), An 등(1999), Kwon과 Kang (1999) 등이 있다. 이에 반해, 축산부문의 생산성 변화를 분석한 연구는 매우 제한적으로 Jeong과 Lee (2008)의 연구가 유일하다.

본 연구는 FTA 확대에 따른 국내보완대책의 일환으로 시행되어 오고 있는 가축개량지원사업의 정량적 평가를 통한 사업의 효과를 분석하고자 한다. 특히 본고는 가축개량의 가장 오래되고 대표적인 축종인 한우를 대상으로 FTA 국내보완대책의 일환으로 수행된 가축개량지원사업의 효과를 분석하였다. 이를 위해 먼저 총요소생산성의 변화를 분석하여 가축개량지원사업이 한우 생산성 변화에 미치는 효과를 계측하였다. 다음으로 한우개량의 또 다른 목적인 품질 고급화에도 한우개량지원사업이 미친 효과를 여러 기간 동안 누적되어 영향을 미치는 사업의 특성을 반영하여 유한시차모형(finite distributed lag model)을 이용하여 분석한다. 이를 통해 한우를 대상으로 한 가축개량지원사업의 운영 효과를 축산부문의 생산성 변화와 품질고급화에 미친 영향 계측을 통해 객관적으로 평가하고 적절한 축산업 대상 정책방향을 찾는 데 의미를 가질 것으로 기대할 수 있다.

## Materials and Methods

### 총요소생산성

가축개량지원사업은 유전적으로 우수한 경제형질을 가진 개체를 만들고 선발하는 것으로 국가종축개량지원, 지역단위 개량지원, 소사육방식개선으로 구성된다. 가축개량지원사업을 구성하는 세부사업별 예산 비중을 살펴보면 2022년 기준 국가종축개량지원사업이 86.0%를 차지하여 가장 비중이 크며, 이 가운데 한우개량지원이 31,831백만 원으로 가장 많았다.

따라서, 본 분석에서는 가축개량지원사업의 효과를 국내 축산업에서의 역할과 예산비중 등을 고려하여 한우개량사업을 중심으로 그 효과를 계측하고자 하였다. 한우개량지원사업이 생산량 증가를 가져다 주는 효과, 즉 한우개량지원사업의 수익성 성과를 계측하고, 생산성 변화에 기여해온 정도를 파악하고자 한다. 본 분석목적을 위해 FTA 국내보완대책의 일환으로 가축개량지원사업을 수행한 2008년부터 2021년 사이의 한우산업의 생산성 변화를 분석한다. 또한, 한우개량은 실질적으로 고품질의 고기 생산량을 증가시키기 위해 추진되어 온 것을 감안하여 생산성 분석은 한우 비육우를 대상으로 하였다.

생산성 변화를 분석하기 위해 한우 비육우의 투입량지수와 가격지수, 산출량지수와 산출물의 가격지수를 구축할 필요가 있다. 본 분석에서는 생산기술을 과도하게 제약하지 않는 톨크비스트(Törnqvist) 지수를 이용하여 산출과 투입지수를 구축하였다. 한우 비육우 생산을 위해 투입된 모든 투입요소인 총투입을  $X$ , 비육우의 산출물을  $y$ 라고 할 경우, 총요소생산성(TFP)는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$TFP = \frac{y}{X} \quad (1)$$

이러한 총요소생산성의 성장률은 로그를 취한 후 시간에 대해 미분을 취한 값으로 구할 수 있으며 다음과 같이 정의할 수 있다(Kwon, 2023).

$$TFP = \dot{y} - \dot{X} = \frac{d \ln y}{dt} - \sum_{i=1}^N r_i \frac{d \ln x_i}{dt} \quad (2)$$

여기서  $r_i$ 는 투입요소  $i$ 의 비용에서의 비중으로 각 투입요소의 변화율의 합인  $X$ 는 디비지아 투입물지수(Divisia input index)이다. 따라서, 생산성변화율은 산출량 증가율에서 디비지아 투입물 지수를 빼 준 값이다.

위의 생산성 변화율은 시간을 연속적인 실수로 보고, 변수들을 시간에 대해 미분을 하게 된다. 그러나, 분석에 이용하는 자료들은 연간 또는 월간 등의 이산시점(discrete time)으로 집계되므로 이를 이산시점 지표로의 전환이 필요하며, 두 시점  $s$ 와  $t$ 사이의 생산성변화율은 다음과 같이 근사하여 나타낼 수 있다.

$$TFP = (\ln y^t - \ln y^s) - \sum_{i=1}^N \left( \frac{r_i^t + r_i^s}{2} \right) (\ln x_i^t - \ln x_i^s) \quad (3)$$

이러한 생산성변화율이 톨크비스트 생산성지수로, 각 투입요소의 증가율은 가중합하여 총투입의 증가율을 구하며, 두 시점에 있어 투입비용 몫의 평균을 가중치로 취하게 된다.

위의 식(3)를 통해 총요소생산성의 변화율을 도출하기 위해서는 총투입  $X$ , 산출물  $y$ 와 가격지수 등이 필요하다. 본 분석에서 산출물은 비육우를 통한 한우고기 생산량으로 단일 산출물이다. 이러한 비육우의 산출물은 비육기간과 송아지 구입 체중에 따라 상이하다. 이러한 연도별 상이한 비육기간은 1년으로 환산하여 투입량과 산출량을 비교해야 한다. 따라서, 비육우의 산출물 지표로 두당 연간 증체량을 기준으로 산출량 지수를 구하였다. 이와 함께 일반적으로 비육우 산출물로 활용되는 두당 출하체중을 함께 산출량 지수로 활용하였다.

투입물의 경우, 한우 비육우 생산에 투입된 투입요소들로 비육하기 위한 송아지인 가축, 노동, 자본, 중간투입재

(사료)로 구분한다. 사료의 경우 조사료, 농후사료, TMR (total mixed ration) 사료로 구분되며, 노동은 자가 및 고용 노동, 자본은 유동자본과 고정자본으로 구분된다.

## 유한시차모형

본 분석에서는 2008년부터 2021년까지의 14개년에 대한 가축개량지원사업을 통한 투융자 집행액과 한우 비육우의 산출 및 총요소생산성지수, 도축을 통한 육질등급 자료의 시계열 자료를 이용한다. 시계열 자료를 이용한 분석은 동시간 변수 외에도 시차변수(lagged variable)들의 효과를 고려해야 한다.

가축개량지원사업의 효과는 시행 당해의 한우 비육우의 산출물량이나 등급으로 표현되는 품질 개량에 영향을 줄 수 있으나, 사업의 효과가 일정한 시차를 두고 효과가 발생하는 것이 현실적인 경우이다. 예를 들어, 정부가 한우의 가축개량을 위한 지원사업을 시행하였다면, 이로 인한 한우의 생산량이나 품질 향상의 효과가 즉각적으로 나타날 수는 없다. 씨수소나 암소 개량 등을 통해 그 효과가 후대에 전해지게 되고 새로 태어난 송아지를 비육하여 한우고기를 생산하는 데까지 시간이 소요된다. 따라서 동시대적인 관계가 나타나는 효과가 아닌 과거에서 미래에 영향을 주는 효과가 더욱 크게 나타나는 것이 보다 합리적이다.

이렇게 시차를 두고 효과가 나타나는 경우를 분석하기 위해 본 분석에서는 유한시차모형을 이용한다. 즉, 가축개량지원사업 변수  $breeding_t$ 가 동기간( $breeding_t$ )은 물론이고 1기 후( $breeding_{t-1}$ ), 2기 후( $breeding_{t-2}$ ) 등 시차를 두고 종속변수에 영향을 미치는 모형이다. 아래 식(4)에서 각 독립변수들의 파라미터  $\beta_i$ 들은 단기 효과를 의미하는 충격 승수들이며, 장기효과들은 이러한 파라미터들의 합으로 설명된다(Woo and Kim, 2020). 이때  $breeding$ 은 각 년도에 가축개량지원사업으로 집행된 투융자 자금액이다. 종속변수  $y_t$ 는 한우를 대상으로 한 가축개량지원사업의 성과 변수로 본 연구에서는 생산성 효과를 위해 출하체중과 증체율을 이용하였으며, 품질 변화 효과를 위해 등급과 마블링 점수를 사용하였다.

시차 길이의 선택은 다양한 기준이 적용될 수 있으나, 일반적으로 적합도(goodness of fit) 기준에 기반을 둔 방법이 사용된다. 본 분석에서는 AIC (Akaike information criterion)와 SIC (Schwarz information criterion)를 이용하여 적절한 시차 길이를 선택할 수 있다.

$$\begin{aligned} y_t &= \alpha_0 + \beta_0 breeding_t + \beta_1 breeding_{t-1} + \beta_2 breeding_{t-2} + \dots + \epsilon_t \\ &= \alpha_0 + \sum_{i=0}^n \beta_i breeding_{t-i} + \epsilon_t \end{aligned} \quad (4)$$

장기효과는 최적 시차까지의 추정계수들의 선형결합 값에 대해 t-검정을 수행할 수 있다. 예를 들어, 2기까지가 최적의 시차로 판정될 경우에는 독립변수, 즉 현재(t기)의 가축개량지원사업 지원금액이 종속변수의 모든 미래값에 영향을 미치는 장기효과는  $\beta_0 + \beta_1 + \beta_2$ 가 된다. 아래와 같은 추정계수들의 선형결합에 대한 귀무가설에 대해 t-검정을 수행할 수 있다.

$$H_0 : \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 = 0 \quad (5)$$

그러나, 본 분석의 대상이 되는 한우개량의 경우 이미 수십년 동안 수행되어온 결과 이미 상당부분 그 효과가 누적되어 왔다고 판단할 수 있다. 따라서, 분석에서 도출된 효과가 해당 기간 동안만의 순수 효과라고 단정하기에는 한계가 있는 것이 사실이다.

## 분석자료

한우 비육우의 생산성의 변화를 분석하기 위해 본 분석에서 반영한 산출물과 투입요소들은 아래의 Table 1과 같으며, 통계치들은 통계청이 매년 발간하는 ‘축산물생산비통계(Statistics Korea, 2023)’ 자료로부터 구축하였다.

2008년부터 2021년까지의 분석기간 동안 비육우의 평균 두당 출하체중은 456.43 kg이며, 두당 연간 증체량은 평균 286.57 kg으로 나타났다. 이러한 자료를 이용하여 식(3)을 통해 한우 비육우 산출지수, 즉 한우 비육우의 생산량(두당 출하체중, 두당 연간증체량)에 대한 토크비스트 지수와 그 성장률, 각 투입요소별 지수와 가격지수를 도출할 수 있다.

**Table 1.** Summary statistics on Hanwoo output and inputs.

Variable		Mean	Std. Dev.	Min	Max	
Quantity	Output	Market weight per head (kg)	456.43	17.38	434.16	489.69
		Yearly weight growth per head (kg)	286.57	9.08	275.63	301.76
	Input	Calf weight (kg)	169.86	13.60	151.00	194.00
		Feed (kg)	4,068.47	335.90	3,461.63	4,527.04
		Labor (day, hour)	26.09	3.04	22.88	31.92
		Current capital (won)	840,242.37	74,753.83	721,515.52	1,004,987.25
		Land capital (won)	537,289.51	154,755.79	381,447.21	830,287.42
Price <sup>y</sup>	Output	Price of feeder cattle (won/kg)	9,973.06	1,609.13	7,913.29	13,062.66
		Price of calf (won/kg)	15,790.72	3,616.90	11,116.34	22,848.44
	Input	Price of feed (won/kg)	355.79	16.07	331.53	391.70
		Unit price of wage (won/day)	13,979.83	4,837.25	6,679.75	20,305.00
		Interest rate on current capital (%) <sup>z</sup>	10.72	17.67	0.00	41.50
		Interest rate on land capital (%) <sup>y</sup>	3.68	0.99	1.45	4.65
		Interest rate on fixed capital (%) <sup>y</sup>	1.76	2.92	0.00	7.11
		Interest rate on capital (%) <sup>y</sup>	7.52	5.81	2.35	17.22

Std. Dev., standard deviation.

<sup>y</sup> Price data are collected in current prices and converted into constant prices using GDP deflators.

<sup>z</sup> Since 2012, interest on current and fixed capitals has been declared as capital service cost without distinction, so the minimum value of interest rate on current and fixed capital is expressed as 0, and the capital interest rate is the interest rate including current and fixed capitals.

Adapted from Statistics Korea (2023).

본 분석에서는 가축개량지원사업으로 인한 한우 비육우의 개량 효과가 출하체중이나 증체량 등의 한우고기량 증가 효과뿐만이 아니라 근내지방도 등을 위주로 판정되는 등급 출현율 증가 효과를 함께 파악하기 위하여 분석 기간 동안의 육질등급과 근내지방도 자료를 함께 구축하여 분석에 이용하였다.

분석 기간인 2008 - 2021년간 한우의 육질등급 점수는 한우 전체의 평균 점수는 3.257점이며 거세우는 3.579점이었으며, 근내지방도 점수는 한우 전체의 평균점수가 5.064점인 반면, 거세우는 5.593점으로 더 높아 한우의 거세우를 중심으로 진행된 한우개량의 영향으로 판단할 수 있다(Table 2).

**Table 2.** Summary statistics of Hanwoo beef grade scores.

Variable		Mean	Std. Dev.	Min	Max
Quality grade <sup>y</sup>	Hanwoo total	3.257	0.160	3.0	3.6
	Steer	3.579	0.193	3.3	3.9
Marbling <sup>z</sup>	Hanwoo total	5.064	0.270	4.6	5.6
	Steer	5.593	0.327	5.1	6.1

Std. Dev., standard deviation.

<sup>y</sup> Quality grade is calculated by 1++ grade = 5, 1+ grade = 4, 1 grade = 3, 2 grade = 2, 3 grade = 1.

<sup>z</sup> Marbling score is calculated by 1++ grade = 7 - 9 points, 1+ grade = 6 points, 1 grade = 4 - 5 points.

Adapted from KAPE (2023).

이렇게 도출된 생산성 지수와 품질점수 자료와 2008년부터 지출된 가축개량지원사업으로 지원된 투융자 집행액의 시계열 자료를 이용하여 가축개량지원사업이 한우 비육우의 산출물량지수와 품질 변수(육질등급, 근내지방도)에 미친 효과를 분석한다.

2008년부터 FTA 국내보완대책의 일환으로 시행된 가축개량지원사업을 통해 집행된 투융자 자금의 결산 자료를 이용하여 연도별 지출액의 변화는 아래의 Fig. 1과 같다. 가축개량지원사업의 예산은 보조사업과 융자사업으로 구분되며, 연도별로 예산액과 결산액의 차이가 발생한 경우가 있어 본 분석에서는 실제 집행된 결산액을 활용하였다. 2008 - 2021년 사이의 불변가격으로 측정된 가축개량지원사업의 평균 결산액은 417.9억 원으로 그동안 대체로 늘어나는 추세를 보이고 있으나, 2018년 이후로 줄어드는 추세를 보이고 있다.

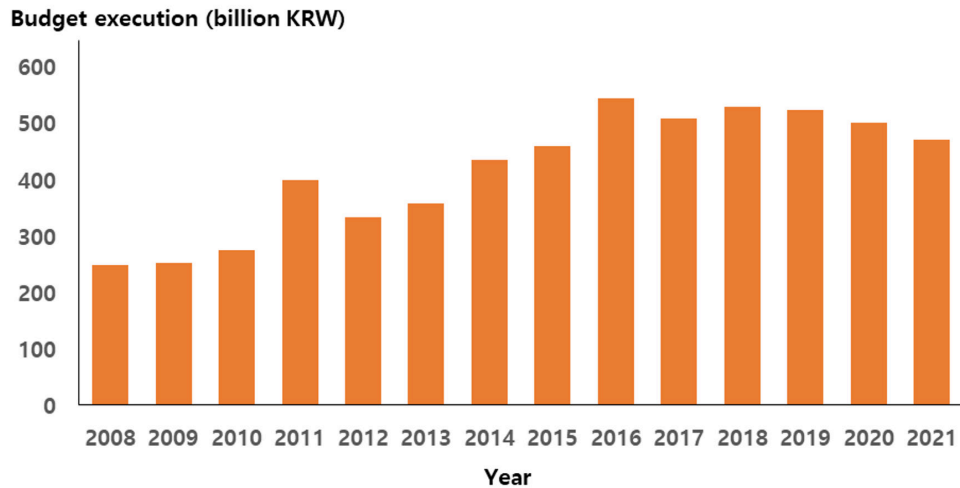


Fig. 1. Annual execution of the budget for animal improvement program.

이러한 가축개량지원사업의 효과는 한우 비육우의 출하체중 또는 증체량의 증가, 그리고 총요소생산성의 변화나 한우 품질을 의미하는 육질등급 점수에 미치는 영향을 통해 파악할 수 있다.

## Results and Discussion

한우 비육우의 두당 출하체중과 연간 두당 증체량으로 도출한 틱크비스트 산출지수와 성장률은 Fig. 2와 같이 나타났다. 두당 증체량과 출하체중 모두 2010년까지 증가한 이후 2011년에 감소한 이후 증체량은 큰 변화가 없다가 2018년 이후 다시 증가되는 추세를 보이고 있다. 출하체중 역시 2012년에 소폭 증가한 이후 정체되어 있다가 2015년부터 다시 증가되는 추세를 보이고 있다. 2008 - 2021년 동안 두당 증체량 산출지수의 성장률은 연평균 0.5%였으나 2017년 이후에는 1.4%였으며, 출하체중 산출지수의 성장률은 연평균 0.9%이나 2017년 이후의 연평균 성장률은 1.6%를 기록하였다.

한우 비육우의 두당 증체율과 출하체중 등의 산출의 증가율이 상대적으로 낮은 수준으로, 이는 지난 50여년 간 계속되어온 한우 개량사업으로 인해 한우 개량이 이미 일정 수준을 확보하였기 때문으로 판단할 수 있다. 또한, 한우 개량은 고기량의 증가 외에도 근내지방도를 중심으로 한 등급향상 등의 품질 향상이 주요한 목적이기 때문으로 판단된다.

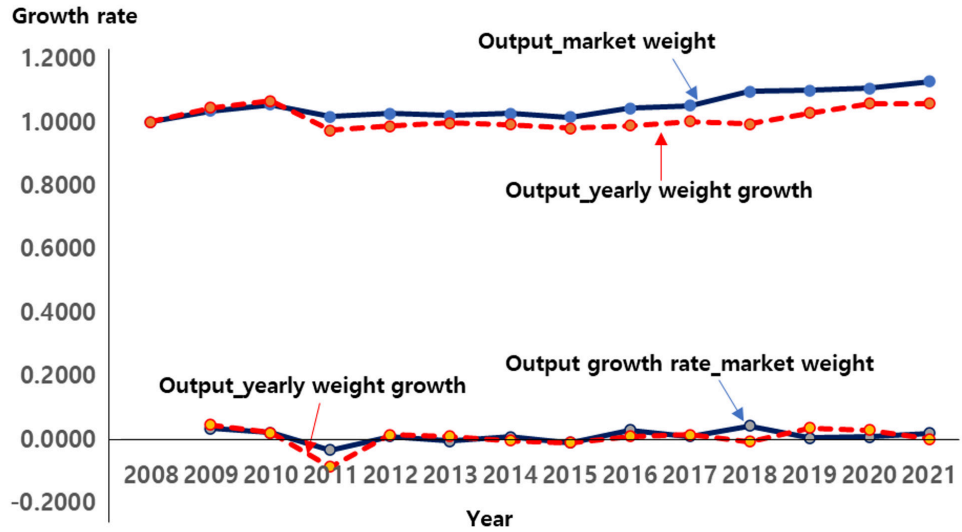


Fig. 2. Output and output growth rate of Hanwoo feeding cattle (2008 = 1.00).

2008 - 2021년의 기간 동안 한우 비육우 총투입은 연간 1.63%의 낮은 증가세를 기록하였다. 총투입량은 2008년부터 2018년까지 꾸준히 증가하다가 2020년까지 소폭 감소하였으며 2021년에 다시 증가한 것으로 나타났다(Fig. 3).

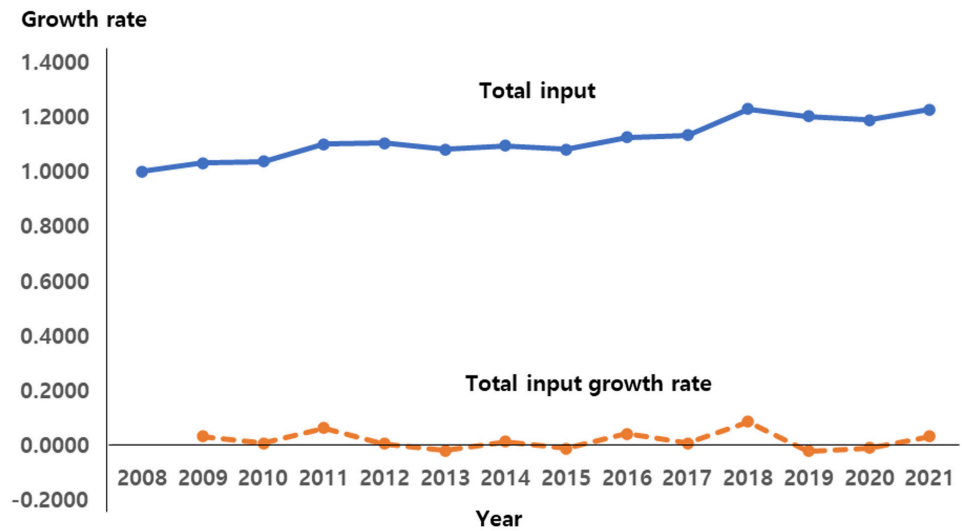


Fig. 3. Total input and total input growth rate of Hanwoo feeding cattle (2008 = 1.00).

총투입 가운데 노동투입량은 유일하게 연간 1.98%의 감소율을 보인 반면, 자본투입량은 연간 3.4%의 증가세를 보였으며, 사료투입량과 가축투입량은 각각 연평균 2.1%와 1.88%의 증가세를 보였다. 따라서 투입량을 기준으로 볼 때 한우 비육우산업은 전반적으로 노동절약적이면서 자본과 사료에 의존적인 성장경로를 밟아 왔다고 판단할 수 있다(Fig. 4).

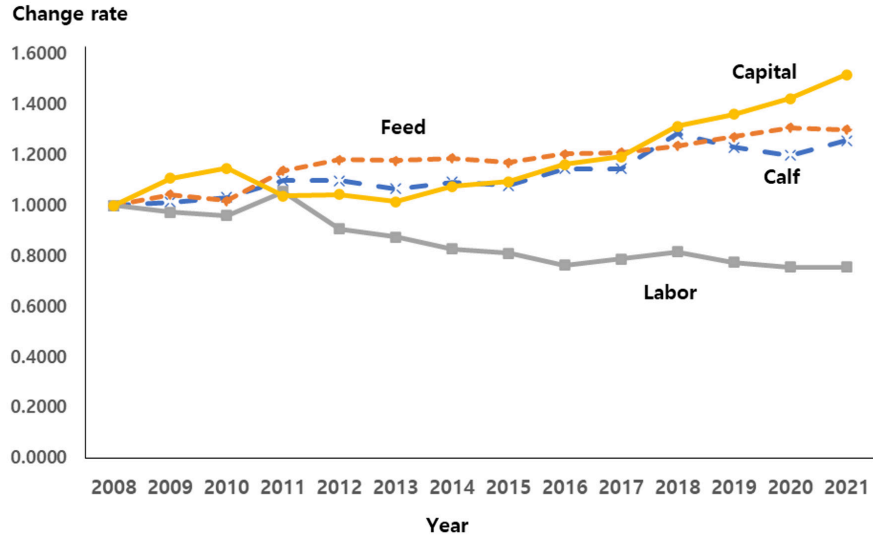


Fig. 4. Input changes of Hanwoo feeding cattle (2008 = 1.00).

중요소생산성의 변화를 파악하기 이전에 먼저 각 투입요소별로 부분요소생산성을 구해보면 아래 Fig. 5와 같이 나타났다. 부분요소생산성은 한계생산체감에 의해 요소투입량의 변화추세와는 반대방향으로 변해 왔다. 요소투입량이 가장 크게 줄어드는 노동생산성은 시간이 지날수록 가장 크게 그리고 유일하게 증가하고 있다. 반면, 투입량이 가장 많이 늘어나는 자본생산성은 가장 크게 감소하고 있으며, 사료와 가축생산성도 완만하게 감소하고 있는 것으로 나타났다.

산출물을 출하체중으로 고려할 경우의 각 투입요소의 생산성 역시 노동생산성이 유일하게 증가하는 것으로 분석되었으나, 연간 성장률은 두당 증체량에 비해서는 낮은 수준인 것으로 나타났다. 반면, 출하체중에 대한 자본, 사료, 가축생산성의 감소는 두당 증체량 보다 더욱 빠르게 진행되는 것으로 나타났다.

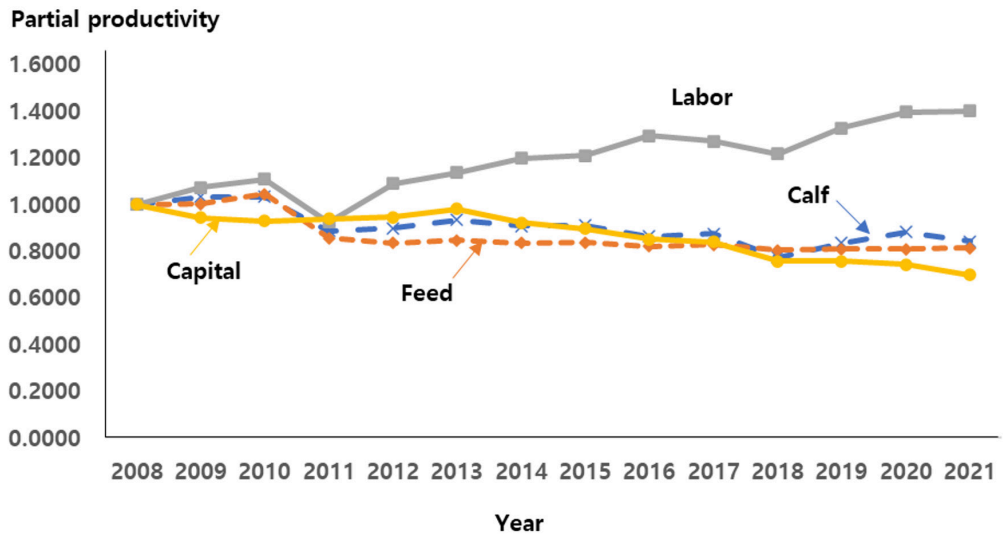


Fig. 5. Input partial productivity per head for Hanwoo feeding cattle (2008 = 1.00).



이처럼 한우 비육우 사육을 통해 한우고기 생산을 위한 각 투입요소의 부분생산성의 변화 형태는 투입요소 사용량을 반영하여 요소별로 다양한 변화 유형을 보이고 있다. 부분요소생산성이 다양한 변화형태를 가지고 있는 것은 생산성 분석은 부분요소생산성 보다는 총요소생산성을 살펴볼 필요가 있음을 의미한다. 노동생산성은 증가하고 있으나 자본, 사료, 가축생산성이 하락하고 있으므로 부분요소생산성을 통한 종합적인 생산성 변화를 고려하는 데에는 한계가 있을 수밖에 없다.

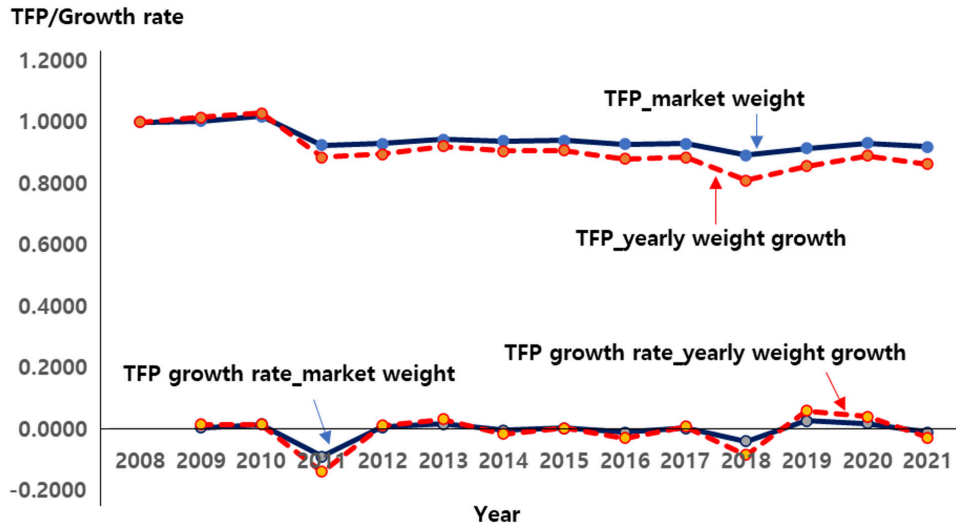
총요소생산성 지수와 그 성장률을 구해 보면 아래의 Table 3, Fig. 6과 같다. 먼저, 2008 - 2021년간 연간 두당 증체량 기준 산출은 연평균 0.9% 증가하였음에 반해 총투입은 1.6% 증가하여 연평균 0.6%의 총요소생산성의 감소가 발생하였다.

총요소생산성의 증가율(증체량 기준)을 기간별로 구분해 보면, 2008 - 2011년까지의 연평균 3.7% 감소하였다. 이는 산출은 0.7%씩 감소한 반면 총투입은 3.3%씩 증가하였기 때문이다. 이후 2012 - 2021년의 경우에는 연평균 총요소생산성이 0.2%씩 감소하였는데, 이는 산출이 연평균 0.9%씩 증가하였는데 총투입이 1.1%씩 더 높게 증가하였기 때문인 것으로 판단된다.

**Table 3.** Growth rate of output, total input, and total factor productivity (TFP) for Hanwoo feeding cattle.

Period	Output growth rate		Total input growth rate	TFP growth rate	
	Market weight	Weight growth		Market weight	Weight growth
2008 - 09	0.034	0.045	0.031	0.003	0.014
2009 - 10	0.019	0.019	0.006	0.014	0.014
2010 - 11	-0.035	-0.087	0.062	-0.091	-0.140
2011 - 12	0.009	0.014	0.004	0.005	0.011
2012 - 13	-0.006	0.009	-0.021	0.015	0.030
2013 - 14	0.006	-0.005	0.012	-0.006	-0.016
2014 - 15	-0.011	-0.011	-0.012	0.001	0.002
2015 - 16	0.028	0.008	0.041	-0.012	-0.031
2016 - 17	0.008	0.013	0.007	0.001	0.006
2017 - 18	0.041	-0.007	0.085	-0.040	-0.085
2018 - 19	0.004	0.035	-0.022	0.026	0.058
2019 - 20	0.007	0.028	-0.011	0.017	0.039
2020 - 21	0.019	0.001	0.032	-0.012	-0.030
Average 2008 - 21	0.009	0.005	0.016	-0.006	-0.010
Average 2012 - 21	0.010	0.009	0.011	0.000	-0.002
Average 2017 - 21	0.016	0.014	0.018	-0.002	-0.002
Average 2008 - 11	0.006	-0.007	0.033	-0.025	-0.037

2011년의 총요소생산성이 하락한 이유로는 사육일수가 전년(658일)에 비해 727일로 크게 증가하여 두당 연간 증체량과 연간 출하체중<sup>1)</sup>을 감소시켜 산출물량지수가 크게 하락했기 때문이다. 한편, 2018년의 총요소생산성의 감소는 산출물지수의 성장에 비해 가축비와 사료 등의 투입물량지수가 전년에 비해 더 크게 증가하였기 때문이다.



**Fig. 6.** Total factor productivity (TFP) and growth rate (2008 = 1.00).

다음으로 가축개량지원사업이 시차를 두고 발생할 수 있는 유한시차모형의 분석에 있어서 독립변수와 종속변수 모두 로그변수의 형태를 취하여 분석하여 추정계수들이 탄력성으로 해석될 수 있도록 하였다. 또한, 유한시차 모형에서 최적의 시차를 결정하기 위해 AIC와 SIC를 최소화하는 시차를 선택하였다. 모든 모형에서 시차 2기(2년)가 가장 적절한 것으로 분석되었다.

먼저 가축개량지원사업이 한우 비육우의 물량 증가 효과에 미친 효과에 대한 모형 추정 결과를 살펴보면, 출하체중은 2기 시차가, 증체량은 동기와 2기 시차 변수가 효과를 미치는 것으로 나타났다. 그러나, 가축개량지원사업이 한우 비육우의 한우고기 생산량 증가에 미치는 장기효과는 통계적으로 유의하지 않는 것으로 분석되었다. 추정된 장기효과의 통계적 유의성은 추정계수의 선형결합에 대해 델타방법(delta method)를 이용하여 표준오차를 구한 후 t-검정으로 판정할 수 있다.

한편, 육질등급에 대해서는 2기 시차가, 근내지방도에 대해서는 당기와 1기 시차 변수가 유의한 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 또한, 현재 시점의 가축개량은 현재 한우 비육우의 육질등급과 근내지방도 뿐만 아니라 미래의 육질에 장기적으로 영향을 미치므로 장기효과의 값과 유의성 검정을 살펴볼 필요가 있다. 육질등급의 경우 장기효과 추정치는 0.135로, 현재 가축개량지원사업 투융자 집행금액이 1% 상승하면 장기적으로 한우의 육질등급이 0.135% 증가하며, 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 근내지방도 역시 장기효과 추정치가 0.141이며 통계적으로 유의한 것으로 분석되었다.

1960년대부터 시작된 한우개량 사업을 통해 한우의 출하체중은 이미 꾸준히 증가하여 본 분석대상 기간 동안 가축개량지원사업이 출하체중이나 증체량 증가에는 통계적으로 유의하게 영향을 미치지 않은 것으로 나타났다. 그러나, 근내지방도나 육질등급 등의 품질향상에는 여전히 유의하게 정(+)의 영향을 미치고 있는 것으로 분석되었다. 특히, 가축개량은 사업의 특성상 단기보다는 장기적으로 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 품질 고급화를 통한 수입 축산물과의 경쟁력 제고를 목표로 한 한우산업에는 매우 효과적인 사업으로 판단된다(Table 4).

**Table 4.** Estimation results from finite distributed lag model.

Variable	Market weight	Weight growth	Quality grade	Marbling
Constant	-0.315 (0.240) <sup>y</sup>	0.222 (0.249)	0.480 <sup>**</sup> (0.209)	0.895 <sup>***</sup> (0.203)
$\beta_1$	-0.079 (0.073)	-0.151 <sup>*</sup> (0.076)	-0.088 (0.063)	-0.131 <sup>*</sup> (0.062)
$\beta_{t,1}$	0.011 (0.072)	-0.003 (0.074)	0.112 (0.063)	0.194 <sup>**</sup> (0.060)
$\beta_{t,2}$	0.131 <sup>*</sup> (0.061)	0.121 <sup>*</sup> (0.063)	0.111 <sup>*</sup> (0.053)	0.078 (0.051)
Adj. $R^2$	0.450	0.216	0.766	0.814
Long-run effect <sup>z</sup>	0.063 (0.039)	-0.033 (0.041)	0.135 <sup>***</sup> (0.034)	0.141 <sup>***</sup> (0.033)

<sup>\*\*\*</sup>, <sup>\*\*</sup>, <sup>\*</sup> represent statistical significance at the 1, 5, and 10% levels, respectively.

<sup>y</sup> Standard error of the mean.

<sup>z</sup> Significance test of the long-run effect is the result of a t-test for the linear combination of the estimated coefficients.

이렇게 추정된 결과들에 대해 자기상관(autocorrelation)이 존재하는지 Breush-Godfrey LM (Lagrange multiplier) 검정을 실시한 결과, 모든 모형에서 자기상관이 존재하지 않는 것으로 나타나 위의 추정 결과들은 타당한 것으로 나타났다(Table 5).

**Table 5.** Test results of Breush-Godfrey LM (Lagrange multiplier) autocorrelation.

Item	Market weight	Weight growth	Quality grade	Marbling
$\chi^2$ (d.f)	21,064 (1)	1,112 (1)	1,102 (1)	0.006 (1)
p-value	0.1508	0.2915	0.2937	0.9392

d.f, degree of freedom.

The null hypothesis is that there is no autocorrelation.

## Conclusion

가축개량지원사업은 유전적으로 우수한 경제형질을 지닌 종축으로 개량하고 그 개체의 능력을 이용하여 한우 능력을 향상시키고 특히 FTA 확대 등 대외변화에 대응하여 한우의 생산성 향상과 품질 고급화를 통해 농가소득 증대를 도모하기 위한 사업이다. 이러한 가축개량지원사업의 주요 대상인 한우의 경우 그동안 꾸준한 생산성 증가를 보여 왔고, 이러한 생산성 증가는 한우산업의 경쟁력을 확보하는데 있어 반드시 필요한 전제조건이다.

본 분석에서는 한우 비육우를 대상으로 총투입 및 산출지수를 통계청의 생산비 자료를 이용하여 추계하고, 이를 바탕으로 한우 비육우산업의 성장과 생산성 변화를 분석하였다. 2008 - 2021년간 한우 비육우는 연평균 0.9%의 산출(출하체중) 증가를 기록하였으나, 총투입의 증가율이 1.6%를 기록하여 총요소생산성이 0.6%씩 하락한 것으로 분석되었다. 이는 지난 50여년 간의 한우개량을 통해 출하체중 등의 생산성은 이미 충분히 증가하였기 때문인 것으로 판단된다. 반면 2008 - 2021년간 가축개량지원사업의 한우산업의 생산성 제고에 기여 효과보다 고급육 생산에 유의하게 기여한 것으로 분석되었다.

1990년대 중반까지의 한우개량은 비육우의 일당 증체량을 높이는 방향으로 추진되었으나, 1990년대 후반부터 한우개량은 한우고급육 생산에 초점을 두었다. 이에 따라 고급육 생산을 위해 거세비중이 확대되고 장기 비육이 일반화되면서 일당 증체량은 정체 내지는 감소추세를 보였다. 이후 사육기술이 발달함에 따라 송아지의 입식일령 또한 낮아져 송아지의 구입 당시 체중 역시 감소함에 따라 비육우의 생산성이 향상될 수 있었다.

이에 따라 2000년대 중반 이후 거세와 장기비육에 따른 일당 증체량의 감소를 완화하고 육질을 개선하는 방향으로 한우개량 정책의 목표가 설정되었다. 본 분석을 통해 2008년 이후의 가축개량지원사업이 한우 비육우의 품질 고급화에 유의미한 장기적인 영향을 미친 것으로 나타났다. 그러나 사용 가능한 시계열자료의 한계로 인해 시기별 가축개량지원사업의 목적과 이에 부합하는 생산성 효과를 검증하는 데에는 제한적이며 가축개량지원사업의 집행액 총액만을 분석에 반영하였다. 따라서, 보다 적절한 가축개량지원사업의 정책방향을 검토하기 위해서 집행

액을 축종별로 구분하여 축종별 개량효과를 세분화하여 비교할 필요성이 있으며, 생산성 변화에 미치는 규모효과 등과 구분하여 가축개량지원사업의 효과를 분석하는 것도 유용할 수 있다.

본 연구의 분석 결과, 현재 가축개량지원사업의 성과지표로 활용되고 있는 한우 도체중의 경우 이미 일정 부분 크게 향상되어 증가폭이 둔화되고 있는 것으로 나타나 중장기적으로는 한우개량의 성과를 포괄적으로 나타낼 수 있는 성과지표의 발굴을 고려할 필요가 있을 것으로 판단된다. 나아가 축산업에서의 탄소중립 실천을 외면할 수 없는 현재의 축산환경을 고려하여 저탄소 실현을 위한 가축의 사육방식으로서의 변화를 반영할 수 있는 가축개량지원사업의 방향 설정에 대한 고민이 필요하다.

## Footnote

- 1) 일당 증체량 = (비육우 출하체중 - 송아지 구입 시 체중) / 사육일수  
 두당 연간 증체량 = 일당 증체량 × 365일  
 두당 연간 출하체중 = 송아지 구입 시 체중 + 연간 증체량

## Conflict of Interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

## Acknowledgements

이 논문은 2022년도 건국대학교 KU학술연구비 지원에 의한 논문임.

## Authors Information

Jae Bong Chang, <https://orcid.org/0000-0002-9335-219X>

Chai Sang Hyen, <https://orcid.org/0009-0009-5068-0335>

## References

- An DH, Kang BS, Kwon OS. 1999. Decomposition of productivity change in Korean rice farmers: A stochastic frontier approach. *The Korean Journal of Agricultural Economics* 40:37-61. [in Korean]
- Hwang S. 1998. Measurement of total factor productivity in Korean agriculture. *Korean Journal of Agricultural Management and Policy* 25:103-118. [in Korean]
- Jeong M, Lee J. 2008. Impact of investment policy on productivity change in Hanwoo industry. *Journal of Rural Development* 31:31-55. [in Korean]
- KAPE (Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation). 2023. Yearly statistics for 2022 livestock products grading system. KAPE, Sejong, Korea. [in Korean]
- Kwon OS. 2010. Agricultural R&D and total factor productivity of Korean agriculture. *The Korean Journal of Agricultural Economics* 51:67-88. [in Korean]
- Kwon OS. 2023. *Production economics*. Pakyoungsa, Seoul, Korea. [in Korean]

- Kwon OS, Kang H. 1999. The impact of soil quality on agricultural productivity change. *The Korean Journal of Agricultural Economics* 40:15-36. [in Korean]
- Kwon OS, Kim YT. 2000. Measurement of productivity changes in Korean agriculture: 1971-98. *The Korean Journal of Agricultural Economics* 41:1-30. [in Korean]
- Sagong Y. 1998. Nonparametric measures of the impacts of research expenditures on Korean rice. *The Korean Journal of Agricultural Economics* 39:1-18. [in Korean]
- Statistics Korea. 2023. Livestock production cost survey. Accessed in <http://kosis.kr> on 15 March 2023. [in Korean]
- Woo SJ, Kim DH. 2020. STATA for economic analysis. Jiphil Media, Seoul, Korea. [in Korean]
- Yoo YB. 1993. The output bias of technological change in Korean agriculture. *The Korean Journal of Agricultural Economics* 34:163-179. [in Korean]