

수입 펄프 가격과 목재칩 가격 간의 동태적 인과관계 분석

한은수¹, 윤병삼^{2†}

접수일(2024년 2월 13일), 수정일(2024년 3월 22일), 채택일(2024년 3월 25일)

Dynamic Causal Relationship between Imported Pulp and Wood Chip Prices

Eun-Su Han¹, Byung-Sam Yoon^{2†}

Received February 13, 2024; Received in revised form March 22, 2024; Accepted March 25, 2024

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the dynamic causal relationship between imported pulp and imported wood chip prices. Results of the VAR model and the Granger causality test showed that the imported pulp price had a significant effect on the imported wood chip price, but the imported wood chip price did not affect the imported pulp price. This result implies that the imported pulp price leads the imported wood chip price. The impact response analysis revealed that the imported pulp price had a positive effect on the imported pulp and wood chip prices for up to 4 months, and the impact converges back to zero after 4 months. The impact of the price of imported wood chip had lasting effects on the price of imported wood chips for up to 4 months, then gradually decreased. According to the forecast error variance decomposition, the variation in the price of imported wood chip was mainly from shocks to the price of imported wood chip itself. The total variance of forecast error in imported pulp price decreased from 96.1% in 1 month to 63.7% in 12 months, and the price of imported wood chips increased from 3.9% in 1 month to 36.3% in 12 months.

Keywords: *hardwood bleached kraft pulp (HwBKP), wood chip, vector autoregressive (VAR), Granger causality, impulse response, variance decomposition*

¹ 충북대학교 농업생명환경대학 농업경제학과(Department of Agricultural Economics, College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Chungbuk National University), 박사과정

² 충북대학교 농업생명환경대학 농업경제학과(Department of Agricultural Economics, College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Chungbuk National University), 교수

[†] 교신저자(Corresponding Author): E-mail: bsyoon@cbnu.ac.kr (Address: Dept. of Agricultural Economics, College of Agriculture, Life & Environment Sciences, Chungbuk National University, Cheongju, Chungbuk, 28644, Republic of Korea)

1. 서론

펄프(pulp)는 종이 제조의 섬유 원료로 천연 펄프의 약 96%가 제지용이고, 나머지 4%는 특수 펄프의 산업 용도로 사용된다. 펄프는 식물 원료를 기계적 혹은 화학적으로 처리하여 얻어진 섬유이고, 이러한 섬유는 칩엽수, 활엽수, 종이 자원(폐지), 비목질계 원료로부터 얻어진다. 국내 제지산업은 기존에 종이를 사용하던 것이 최근에는 플라스틱이나 전자매체에 의해 상당 부분 대체되고 있어 경쟁력 향상을 위한 대응 방안 마련이 필요한 실정이다. 또한, 펄프는 국내 생산보다 수입의존도가 높아 국내 제지업체의 수익은 수입 펄프 가격의 변화에 민감하게 반응한다.¹⁾ 우리나라가 주로 수입하는 활엽수표백크라프트 펄프(hardwood bleached kraft pulp: *HwBKP*)의 경우 2018~2022년 평균 수입량은 1,246,078톤이었고, 수입 단가는 636.4달러/톤이었다. 우리나라는 브라질, 인도네시아, 우루과이, 칠레, 캐나다, 일본 등 10여 개 국가로부터 활엽수표백크라프트펄프(*HwBKP*)를 수입하여 사용하고 있다.

제지산업에서 펄프가 종이(제품)를 생산하는 원료인 한편, 펄프를 생산하는데 가장 큰 비중을 차지하는 원료는 목재칩(wood chip)이다. 목재칩은 목재를 작은 크기의 조각으로 분쇄한 것으로 펄프용, 보드용, 연료용 등으로 구분된다. 우리나라의 펄프 제조용 목재칩 수입량은 2018~2022년 평균 865,348톤이었고, 수입단가는 73.9달러/톤이었다. 우리나라는 2000년대 초반 하더라도 호주, 베트남, 미국, 인도네시아, 중국, 남아프리카공화국 등 여러 나라에서 펄프 제조용 목재칩을 수입하였으나, 최근에는 거의 전량 베트남에서 수입하고 있다.

제지산업에서 목재칩과 펄프는 원료와 제품의 관계에 있는 만큼 수입시장에서 두 상품의 가격은 매우 긴밀한 관계를 형성하고 서로간에 영향을 주고받을 수밖에 없다. 수입 목재칩은 펄프의 원료로 사용되고 있어 그 생산 및 유통 과정에서 펄프 가격 등의 수급 상황에 영향을 받게 된다. 그리고 펄프도 원료인 목재칩의 가격을 고려하여 생산계획의 수립 및 판매가격 결정이 이루어지게 된다. 따라서, 수입 펄프 가격과 목재칩 가격간에 어떤 인과관계가 성립하는지를 밝혀내는 한편 두 시장에서 어떤 가격이 다른 가격을 선도하거나(lead) 후행하는지(lag), 그리고 두 가격 간의 영향이 시간의 경과에 따라 어떻게 달라지는지 등을 밝혀내는 일은 매우 중요한 과제라고

할 수 있다.

그동안 펄프 가격과 관련한 국내 연구로는, 국내산 펄프 가격과 국내산 및 수입산 목재칩 가격 간의 상관관계를 분석한 연구²⁾, 펄프 수입가격과 수입량 및 해상운임지수 간의 동태적 인과관계를 분석한 연구³⁾, 수입 펄프 가격과 종이 자원(폐지, 고지)가격 간의 동태적 인과관계를 파악한 연구⁴⁾ 등이 대표적이다. 그러나 수입 펄프와 목재칩을 대상으로 두 가격간의 동태적 인과관계를 분석한 연구는 아직 없는 실정이다. 이러한 배경하에서 본 연구는 수입 펄프 가격과 수입 목재칩 가격 간의 동태적 인과관계를 밝혀내는 데 목적을 두고 있다.

2. 재료 및 방법

2.1 분석자료

본 연구에 이용된 수입 목재칩 가격과 펄프 가격은 각각 ‘펄프 제조용 활엽수류 목재칩(HS code: 4401.22.1000)’과 ‘활엽수 표백 크라프트 펄프(HwBKP; HS code: 4703.29.2000)’의 월별가격이다. 수입 목재칩 가격은 관세청의 수출입 무역 통계로부터 입수한 것으로, 수입 금액을 수입중량으로 나누어 구한 평균가격이며, 톤당 달러(US\$/ton)로 표시된다. 그리고 수입 펄프 가격은 통계청 국가통계포털(KOSIS)의 원자재 수입 동향으로부터 입수한 것으로 톤당 달러(US\$/ton)로 표시된다. 가격자료의 표본기간은 2007년 1월부터 2023년 10월까지 17년이고, 표본의 수는 각각 202개이다. 수입 목재칩과 펄프 가격의 시계열 자료는 자연로그를 취한 값을 분석에 사용하였는데, 이는 기울기 계수가 탄력성으로 해석될 수 있기 때문이다.

2.2 분석방법 및 절차

2.2.1 단위근 검정(Unit Root Test)

시계열 자료의 평균과 분산이 시간의 경과에 따라 일정하고, 두 시점 간의 공분산 값이 분산이 계산되는 실제 시간에 의존하는 것이라 두 시점 간의 시차에만 의존한다면 해당 시계열 자료는 안정적(stationary)이라고 표현한다. 본 연구에 이용된 수입 펄프 가격(*HwBKP*)과 목재칩 가격(*WChip*)의 시계열 자료에 대한 안정성 여부를 판단하기 위하여 ADF(Augmented Dickey-Fuller)

검정을 시행하였다. ADF 검정 결과 시계열이 단위근을 가진다면, 해당 시계열자료는 불안정한 시계열로 판정한다.⁵⁾

2.2.2 벡터자기회귀(Vector AutoRegressive: VAR) 모형

본 연구에서는 VAR 모형을 이용하여 수입 펄프 가격(*HwBKP*)과 목재칩 가격(*WChip*) 간의 인과관계를 분석하였다. VAR 모형 내에서 m 개의 내생변수와 외생변수는 서로 구분되지 않고 동일한 기준에서 다루어진다. 즉, VAR 모형의 모든 변수는 내생변수로 간주되고, 각 방정식은 동일한 수의 독립변수를 가진다.

수입 펄프 가격(*HwBKP*)과 목재칩 가격(*WChip*)에 자연로그를 취한 두 개의 변수로 이루어진 VAR 모형은 Eq. 1, Eq. 2로 표현될 수 있다. Eq. 1과 Eq. 2는 VAR(p) 모형의 방정식 체계를 구성하고, 방정식의 우측에 시차 p 의 과거 변수를 설명변수로 사용한다. 이때 시차 1의 과거 변수를 설명변수로 사용하면 VAR(1) 모형 또는 1계 VAR 모형(first-order VAR model)이 된다. VAR 모형은 안정적인 변수들 사이의 동적인 상호관계를 분석하는 방법으로 분석 대상 시계열 모두 안정적일 경우 각 방정식을 최소자승법(OLS: ordinary least squares)으로 추정할 수 있다.

$$\ln HwBKP_t = c_1 + \sum_{j=1}^{j=p} \alpha_{1j} \ln HwBKP_{t-j} + \sum_{j=1}^{j=p} \beta_{1j} \ln WChip_{t-j} + u_{1t} \quad [1]$$

$$\ln WChip_t = c_2 + \sum_{j=1}^{j=p} \alpha_{2j} \ln HwBKP_{t-j} + \sum_{j=1}^{j=p} \beta_{2j} \ln WChip_{t-j} + u_{2t} \quad [2]$$

여기서 \ln 은 자연로그, $HwBKP_t$ 는 t 시점의 수입 펄프 가격, 그리고 $WChip_t$ 는 t 시점의 수입 목재칩 가격이다. Eq. 1의 $\ln HwBKP_t$ 는 자체 변수의 시차항과 다른 변수($\ln WChip$)의 시차항으로 이루어진 함수이다. 마찬가지로, Eq. 2의 $\ln WChip_t$ 는 자체 변수의 시차항과 다른 변수($\ln HwBKP$)의 시차항으로 이루어진 함수이다. u_{1t} , u_{2t} 는 서로 상관되지 않고 백색잡음(white noise) 과정을

따르는 오차항이며, 충격(impulse) 또는 혁신(innovation)이라고도 한다.

2.2.3 그랜저 인과관계(Granger Causality) 검정

VAR 모형을 통하여 수입 펄프 가격(*HwBKP*)과 목재칩(*WChip*) 가격이 시차를 두고 서로간에 영향을 미치는 인과관계를 확인할 수 있다. 이런 관계를 통계적으로 검정할 수 있는 적절한 방법으로 그랜저 인과관계 검정이 있다.⁶⁾ 만약 다른 조건이 불변일 때, 수입 펄프 가격의 과거값을 사용하여 그렇지 않을 때보다 목재칩 가격을 더욱 정확하게 예측할 수 있다면, 수입 펄프 가격이 목재칩 가격에 영향을 미친다고 평가할 수 있다. 이를 달리 표현하면, 수입 펄프 가격이 목재칩 가격을 Granger cause 한다는 것이다.

그랜저 인과관계 검정에서 Eq. 1의 결합귀무가설 $H_0 : \beta_{11} = \beta_{12} = \dots = \beta_{1j} = 0$ 이 기각될 경우, $\ln WChip$ 의 시차항은 Eq. 1에 포함되고, $\ln WChip$ 는 $\ln HwBKP$ 에 영향을 미친다(Granger cause)고 해석할 수 있다. 그리고 만약 Eq. 2의 결합귀무가설 $H_0 : \alpha_{21} = \alpha_{22} = \dots = \alpha_{2j} = 0$ 이 기각된다면, $\ln HwBKP$ 가 $\ln WChip$ 에 영향을 준다고 할 수 있다. 만약 두 결합귀무가설이 모두 기각될 경우는 두 변수 간에 양방향 인과관계가 성립하는 것이고, 반대로 두 결합귀무가설이 모두 기각되지 못한다면, 두 변수 간에는 아무런 인과관계가 없고 상호 독립적이라고 해석할 수 있다.⁷⁾

2.2.4 충격반응함수(Impulse Response Function: IRF)

충격반응함수는 VAR 모형에서 특정 방정식의 오차항에 대한 충격(shock or innovation)이 자체 변수와 다른 내생변수에 미치는 영향, 즉 반응(response)을 살펴보는 것이다. 두 개의 시계열 변수 y_t 와 x_t 로 이루어진 이변량 VAR 모형을 가정할 경우 충격반응함수(IRF)를 도출하는 과정은 Eq. 3, Eq. 4와 같다.⁸⁾

$$y_t = \delta_{10} + \delta_{11}y_{t-1} + \delta_{12}x_{t-1} + u_{1t} \quad [3]$$

$$x_t = \delta_{20} + \delta_{21}y_{t-1} + \delta_{22}x_{t-1} + u_{2t} \quad [4]$$

우선 오차항 u_{1t} , u_{2t} 는 서로 독립적이고, 두 오차항의

분포는 $N(0, \sigma_1^2)$ 와 $N(0, \sigma_2^2)$ 을 따른다고 가정한다. $t = 1$ 시점에서 u_{11} 의 충격이 σ_1 (1 표준편차)만큼 발생하였다면 y 에 미치는 영향은 $y_1 = u_{11} = \sigma_1$ 이고, 오차항은 동시적 상관관계가 없어 x 에 미치는 영향은 $x_1 = 0$ 이 된다. $y_0 = x_0 = 0$ 을 가정하고, 충격이 y 및 x 의 경로를 어떻게 변화시키는지에 중점을 두고 있어 계산과정의 편의상 절편은 제외하였다. $t = 2$ 와 $t = 3$ 일 때 u_{12} 의 충격에 대한 y_2 와 x_2 의 반응 경로와 u_{13} 의 충격에 대한 y_3 와 x_3 의 반응 경로는 Eq. 5, Eq. 6으로 표현될 수 있다. $t = 4, 5, \dots$ 에 대해서도 y 의 충격에 대한 자체 충격반응과 x 에 미치는 충격반응을 구할 수 있다. x 의 충격이 y 에 미치는 충격반응과 x 에 미치는 충격반응도 유사한 과정을 거쳐 도출할 수 있다.

$$\begin{aligned} y_2 &= \delta_{11}y_1 + \delta_{12}x_1 = \delta_{11}\sigma_1 \\ x_2 &= \delta_{21}y_1 + \delta_{22}x_1 = \delta_{21}\sigma_1 \end{aligned} \quad [5]$$

$$\begin{aligned} y_3 &= \delta_{11}y_2 + \delta_{12}x_2 = \delta_{11}\delta_{11}\sigma_1 + \delta_{12}\delta_{21}\sigma_1 \\ x_3 &= \delta_{21}y_2 + \delta_{22}x_2 = \delta_{21}\delta_{11}\sigma_1 + \delta_{22}\delta_{21}\sigma_1 \end{aligned} \quad [6]$$

2.2.5 예측오차분산분해(Forecast Error Variance Decomposition)

예측오차분산분해는 VAR 모형 내 종속변수의 변동성을 자체 변수와 다른 내생변수의 충격으로 분해하는 것이다. 즉, 예측오차의 분산이 자체 변수의 분산과 다른 변수의 분산에 의해 설명되는 정도를 보여준다. Eq. 3, Eq. 4을 이용하여 한 단계 앞선 예측(1-step-ahead forecast)을 하면 Eq. 7로 표현될 수 있고, 한 단계 앞선 예측오차 및 분산은 Eq. 8과 같다.⁹⁾

$$\begin{aligned} y_{t+1}^F &= E[\delta_{11}y_t + \delta_{12}x_t + u_{1t+1}] = \delta_{11}y_t + \delta_{12}x_t \\ x_{t+1}^F &= E[\delta_{21}y_t + \delta_{22}x_t + u_{2t+1}] = \delta_{21}y_t + \delta_{22}x_t \end{aligned} \quad [7]$$

$$FE_1^y = y_{t+1} - E[y_{t+1}] = u_{1t+1}, \quad var(FE_1^y) = \sigma_1^2 \quad [8]$$

$$FE_1^x = x_{t+1} - E[x_{t+1}] = u_{1t+1}, \quad var(FE_1^x) = \sigma_2^2$$

$t + 1$ 기의 y 에 대한 예측오차의 모든 변동은 자체 변수의 충격에서 비롯되고, x 에 대한 예측오차도 100% 자체 변수의 충격으로 설명된다고 볼 수 있다. 동일한 방식으로 y 에 대한 두 단계 앞선 예측을 하면 다음과 같다. y 에 대한 예측오차의 총분산($\delta_{11}\sigma_1^2 + \delta_{12}^2\sigma_2^2 + \sigma_1^2$)은 y 에 대한 충격에서 기인하는 부분($\delta_{11}\sigma_1^2 + \sigma_1^2$)과 x 에 대한 충격에서 기인하는 부분($\delta_{12}^2\sigma_2^2$)으로 분해된다. y 의 두 단계 앞선 예측오차 분산을 y 자신의 충격으로 설명할 수 있는 비율은 $(\delta_{11}\sigma_1^2 + \sigma_1^2)/(\delta_{11}\sigma_1^2 + \delta_{12}^2\sigma_2^2 + \sigma_1^2)$ 이고, y 이외의 다른 충격으로 설명할 수 있는 비율은 $(\delta_{12}^2\sigma_2^2)/(\delta_{11}\sigma_1^2 + \delta_{12}^2\sigma_2^2 + \sigma_1^2)$ 이다. 이와 유사하게 x 의 두 단계 앞선 예측오차 분산을 x 자신의 충격으로 설명할 수 있는 비율은 $(\delta_{22}\sigma_2^2 + \sigma_2^2)/(\delta_{21}\sigma_1^2 + \delta_{22}^2\sigma_2^2 + \sigma_2^2)$ 이고, x 이외의 다른 충격으로 설명할 수 있는 비율은 $(\delta_{21}^2\sigma_1^2)/(\delta_{21}\sigma_1^2 + \delta_{22}^2\sigma_2^2 + \sigma_2^2)$ 이다.

3. 결과 및 고찰

3.1 기초통계량(Summary Statistics)

본 연구에 이용된 수입 펄프 가격(*HwBKP*)과 목재칩 가격(*WChip*)에 대한 기초통계량은 Table 1과 같다. 수입 펄프 가격의 평균은 \$628.9/톤이고, 최소값과 최대값은 각각 \$447.0/톤, \$864.3/톤이었다. 한편, 수입 목재칩 가격의 평균은 \$88.9/톤, 최소값 \$56.9/톤, 그리고 최대값은 \$178.5/톤으로 나타났다. 통계적으로, 어떤 변수가 정규분포를 취하고 있으면, 분포에 대한 대칭도의 측정지표인 왜도(skewness)는 0이고, 분포가 어느

Table 1. Summary statistics of imported pulp and wood chip prices

Variable	No. Obs.	Mean	Maximum	Minimum	Std. Dev.	Skewness	Kurtosis
<i>HwBKP</i>	202	628.9	864.3	447.0	101.5	0.107	2.179
<i>WChip</i>	202	88.9	178.5	56.9	18.0	1.649	7.113

1) *HwBKP* denotes the price of imported pulp (\$/mt), and *WChip* denotes the price of imported pulp (\$/mt).

정도 높거나 평탄한지를 측정하는 지표인 첨도(kurtosis)는 3이 된다. 본 연구에서 수입 목재칩 가격은 왜도와 첨도가 각각 1.65, 7.11로 높게 나타나 정규분포와 다른 특징을 보였다.

Fig. 1은 2007년 1월부터 2023년 10월까지 수입 펄프 가격(*HwBKP*)과 목재칩 가격(*WChip*)의 변화 추이를 나타내었다. 연도별 가격 변동성은 수입 펄프 가격이 수입 목재칩 가격 대비 상대적으로 큰 것으로 나타났다. 수입 목재칩 가격은 2010년 11월과 2021년 5월 각각 \$178.5/톤, \$164.1/톤 수준까지 크게 상승하였으나, 전반적인 가격 변화는 크지 않았다. 한편, 수입 펄프와 목재칩은 가격이 높은 시기에 유사한 가격 상승 패턴을 보였

으나, 2018년의 경우는 수입 펄프 가격의 큰 폭 상승 대비 수입 목재칩 가격의 변화가 크지 않은 특징을 보였다.

3.2 단위근 검정(Unit Root Test) 결과

Table 2는 수입 펄프 가격(*HwBKP*)과 목재칩 가격(*WChip*) 시계열에 대한 안정성 여부를 판단하기 위한 ADF 검정 결과이다. 수입 펄프 가격과 목재칩 가격에 자연로그를 취한 $\ln HwBKP$ 와 $\ln WChip$ 에 대한 ADF 검정 결과, 두 변수 모두 1%의 유의수준에서 단위근이 존재한다는 귀무가설(H_0)을 기각하였다. 즉, $\ln HwBKP$ 와 $\ln WChip$ 는 각각 안정적인 시계열인 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구는 안정적인 시계열 변수들 사이의 동적인

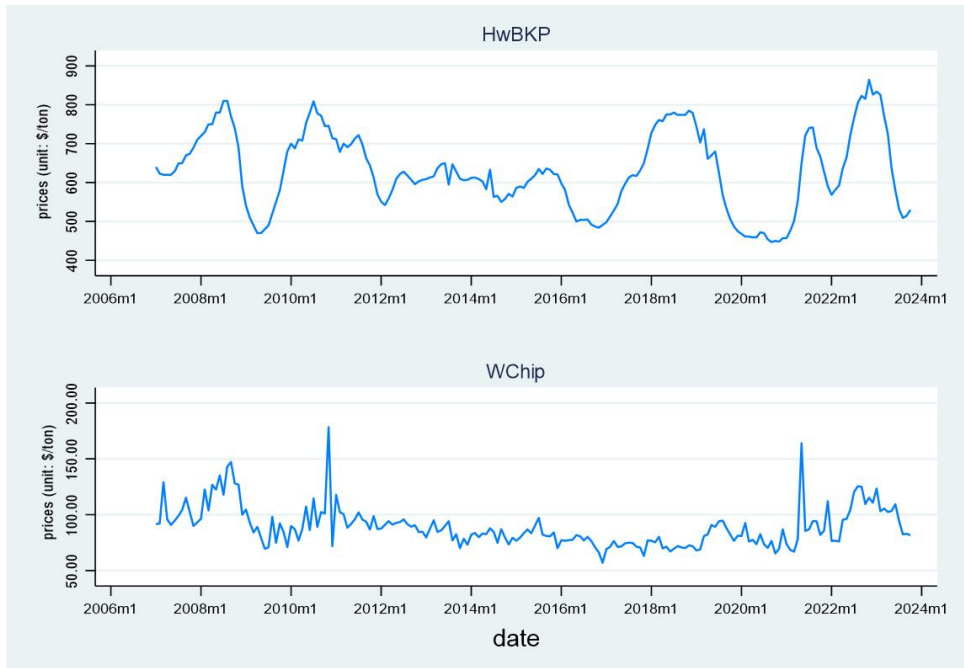


Fig. 1. Movements of the imported pulp and wood chip prices (2007.1.~2023.10.).

Table 2. Results of unit root tests

Variable	ADF test statistic	Critical value			p-value
		1% level	5% level	10% level	
$\ln HwBKP_t$	-4.965***	-3.463	-2.874	-2.575	0.000
$\ln WChip_t$	-3.973***				0.002

1) *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

2) Null hypothesis(H_0): $\ln HwBKP/\ln WChip$ has a unit root.

상호관계를 나타내는 VAR 모형을 적용하여 $\ln HwBKP$ 와 $\ln WChip$ 변수 간에 유의한 인과관계가 존재하는지 분석하였다.

3.3 VAR 모형 추정 및 그랜저 인과관계 (Granger Causality) 검정 결과

VAR 모형의 추정에 있어서 우선적으로 고려해야 할 사항은 모형의 차수(lag order)를 결정하는 것이다. AIC(Akaike Information Criterion)를 이용하여 적정 차수를 결정한 결과 4(즉, $p = 4$)로 나타났다. 적정 차수를 고려한 수입 펄프 가격과 목재칩 가격에 대한 VAR 모형 추정 결과는 Table 3과 같다. 분석 결과, $\ln HwBKP$ 에 대해 $\ln HwBKP_{t-1}$ 가 1% 유의수준에서 영향을 미치는 것으로 나타났고, $\ln WChip$ 는 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 즉, 전기의 수입 펄프 가격이 10% 상승하면 당기의 수입 펄프 가격은 12.6% 상승하는 것으로 해

석될 수 있다. 한편, $\ln WChip$ 에 대해서는 $\ln WChip_{t-1}$, $\ln WChip_{t-2}$, $\ln WChip_{t-3}$, $\ln WChip_{t-4}$ 모두 유의한 정(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 즉, 1~4시차 전 수입 목재칩 가격이 각각 10% 상승하면, 수입 목재칩 가격은 11.9~23.3% 상승하는 것으로 분석되었다. $\ln HwBKP_{t-1}$ 도 $\ln WChip$ 에 유의한 정(+)의 영향을 미치고, 전기의 수입 펄프 가격이 10% 상승하면 수입 목재칩 가격은 5.9% 상승하는 것으로 분석되었다.

VAR 모형 추정 결과를 바탕으로 그랜저 인과관계를 검정한 결과는 Table 4와 같다. 검정 결과, $\ln HwBKP$ 는 $\ln WChip$ 에 대해 Granger cause(χ^2 -stat: 21.526; p -value: 0.002) 하는 것으로 나타났다. 즉, 수입 펄프 가격은 목재칩 가격에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 반면, $\ln WChip$ 는 $\ln HwBKP$ 에 대한 인과관계가 없는 것으로 나타나 두 변수 간에는 일방향적인 인과관계($\ln HwBKP \rightarrow \ln WChip$)가 있음을 확인하였다.

Table 3. Results of vector autoregressive model (VAR)

Variable	$\ln HwBKP_t$		$\ln WChip_t$	
	Coefficient	p -value	Coefficient	p -value
$\ln HwBKP_{t-1}$	1.264***	0.000	0.593**	0.027
$\ln HwBKP_{t-2}$	0.034	0.765	0.021	0.960
$\ln HwBKP_{t-3}$	-0.336***	0.004	-0.592	0.153
$\ln HwBKP_{t-4}$	-0.028	0.701	0.135	0.610
$\ln WChip_{t-1}$	-0.003	0.879	0.226***	0.002
$\ln WChip_{t-2}$	0.002	0.905	0.233***	0.001
$\ln WChip_{t-3}$	-0.031	0.123	0.119*	0.099
$\ln WChip_{t-4}$	0.009	0.643	0.226***	0.001
C	0.524***	0.000	-0.140	0.712

Log likelihood: 535.823

Akaike information criterion(AIC): -5.2

1) *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

Table 4. Results of Granger causality tests

	Null hypothesis (H_0)	χ^2 -stat	p -value
$HwBKP$	$\ln WChip$ does not Granger cause $\ln HwBKP$	3.401	0.493
\Leftrightarrow			
$SwBKP$	$\ln HwBKP$ does not Granger cause $\ln WChip$	21.526***	0.002

1) *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

VAR 모형 추정과 그랜저 인과관계 검정 결과를 종합해 보면, 수입 목재칩 가격이 수입 펄프 가격에 유의한 영향을 미치지 않으나, 반대로 수입 펄프 가격은 수입 목재칩 가격에 유의한 영향을 미침으로써 펄프 가격이 목재칩 가격을 선도하는 것으로 나타났다. 그리고 수입 펄프와 목재칩 가격은 일정한 시차를 두고 동반 상승하는 경향을 보였다. 그러나 수입 펄프 가격 대비 목재칩 가격의 변동성이 상대적으로 크지 않고 안정적으로 유지되는 경

향이 있어 수입 목재칩 가격이 펄프 가격에 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다.

3.4 VAR 모형의 안정성 검정

안정적인 시계열자료를 사용한 VAR 모형은 일반적으로 안정성의 조건을 충족한다고 할 수 있다. 만약 VAR 모형이 안정적인 과정(stationary process)을 따르지 않는다면, 어떤 한 변수에 대한 충격이 다른 변수로 파급되면서 점차 무한대로 확산할 수 있다. 따라서, VAR 모형이 안정적이지 못하면 충격반응분석과 예측오차분산분해로부터 유의한 분석 결과를 도출하기 어렵다.¹⁰⁾ Fig. 2에 제시된 VAR 모형에 대한 안정성 검정 결과, 모든 고유치(eigenvalue)가 1보다 작고 $\ln HwBKP$ 와 $\ln WChip$ 의 관측치가 단위원 내에 존재하여 추정된 VAR 모형은 안정적인 것으로 나타났다.

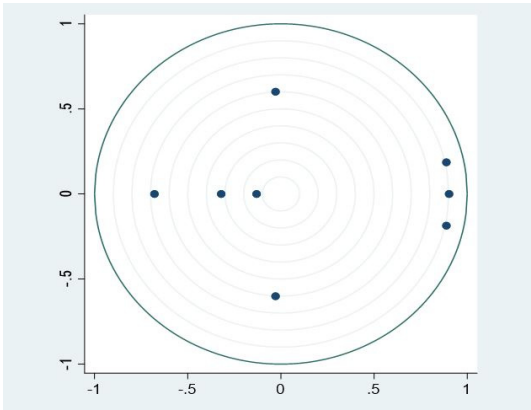


Fig. 2. Results of the stability test of the VAR model.

3.5 충격반응(Impulse Response) 분석

Fig. 3은 수입 펄프 가격($HwBKP$)과 목재칩 가격($WChip$) 간의 충격반응함수로, VAR 모형에서 오차항에 1 표준편차(one standard deviation)의 충격이 있을 때의 반응 정도를 나타냈다. 우선, $\ln HwBKP$ 의 충격에

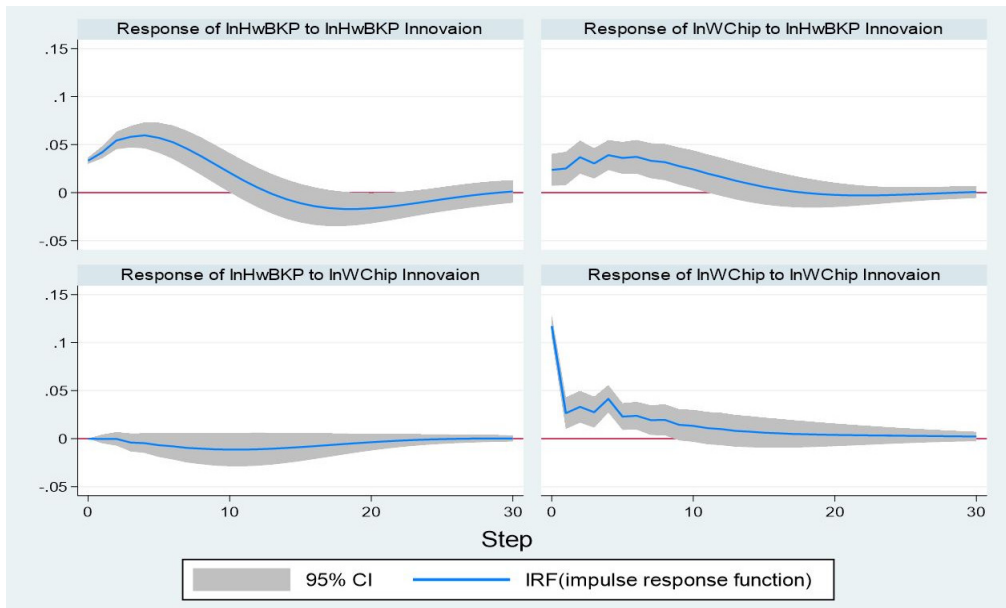


Fig. 3. Results of impulse response function.

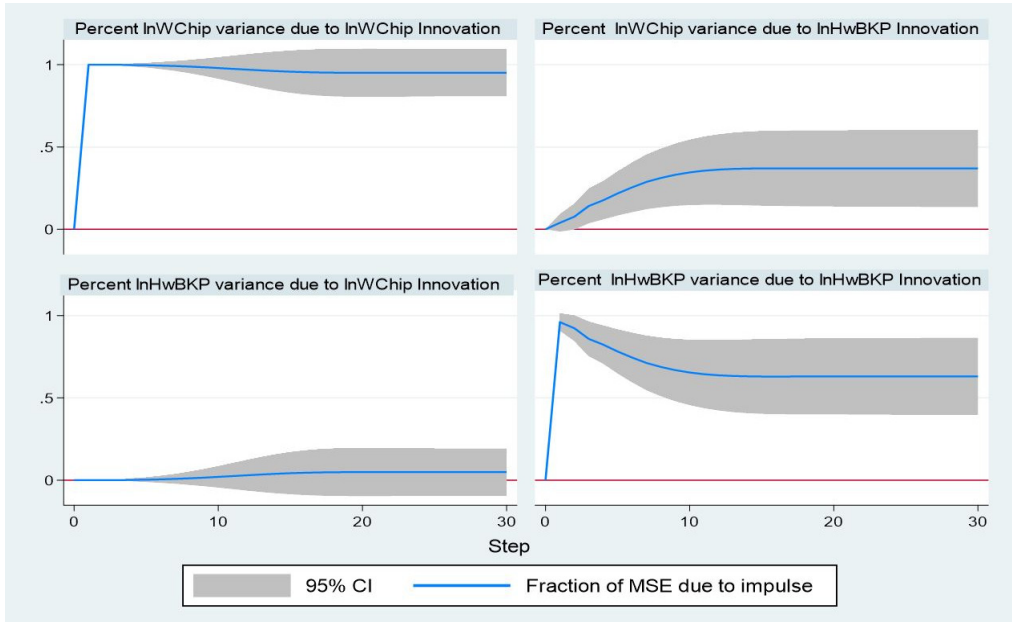


Fig. 4. Results of variance decomposition analysis.

대해 $\ln HwBKP$, $\ln WChip$ 는 4개월까지 양(+)의 영향을 받으면서 증가하고, 4개월 이후 감소하여 점차 충격에 대한 영향은 미미해지는 것으로 나타났다. 한편, $\ln WChip$ 의 충격은 1개월, 즉 다음기의 $\ln WChip$ 에 대한 감소를 야기하고, 4개월까지 영향을 미치다 점차 영향 정도는 줄어드는 것으로 나타났다. 마지막으로, $\ln WChip$ 의 충격이 $\ln HwBKP$ 에 미치는 영향(response of $\ln HwBKP$ to $\ln WChip$ innovation)은 크지 않은 것으로 분석되었다.

3.6 예측오차분산분해(Forecast Error Variance Decomposition) 분석 결과

Fig. 4는 $\ln HwBKP$ 와 $\ln WChip$ 에 대한 각각의 충격이 예측오차 분산에 미치는 영향의 정도, 즉 예측오차 변동의 근원을 분석한 결과이다. 우선, $\ln WChip$ 에 대한 한 단계 앞선 예측오차의 총분산은 자체 충격에서 100% 기인하는 것으로 나타났다. $\ln WChip$ 에 대한 여러 단계 앞선 예측오차의 총분산을 분해한 결과도 자체 충격의 상대적 비중이 높았던 반면, $\ln HwBKP$ 의 비중은 미미한 것으로 분석되었다. $\ln HwBKP$ 의 한 단계 앞선 예측오차의 총분산은 96.1%가 자체 충격에서 기인하고 단지

3.9%만이 $\ln WChip$ 에서 기인하는 것으로 나타났다. 그러나 $\ln WChip$ 의 상대적 비중은 12개월 36.3%까지 확대되고, $\ln HwBKP$ 는 63.7%까지 축소되는 것으로 분석되었다.

4. 결론

본 연구는 수입 펄프 가격($HwBKP$)과 수입 목재칩 가격($WChip$)간의 동태적 인과관계를 파악하는 데 목적을 두고 있다. 단위근 검정 결과 수입 펄프 가격과 목재칩 가격 모두 안정적인 시계열인 것으로 나타났다. 따라서, 본 연구는 안정적인 변수들 사이의 동적인 상호관계를 나타내는 VAR 모형을 적용하여 수입 펄프 가격과 목재칩 가격 간에 유의한 인과관계가 존재하는지 분석하였다. VAR 모형 추정 결과, $\ln HwBKP$ 에 대해 $\ln HwBKP_{t-1}$ 은 정(+)의 유의한 영향을 미치고, $\ln WChip$ 는 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 분석되었다. 한편, $\ln WChip$ 에 대해서는 $\ln WChip$ 의 1~4시차 변수와 $\ln HwBKP_{t-1}$ 이 정(+)의 유의한 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 그랜저 인과관계 검정 결과에서도 $\ln HwBKP$ 는 $\ln WChip$

에 대해 유의한 영향을 미치지만, $\ln WChip$ 는 $\ln HwBKP$ 에 영향을 미치지 않는 것으로 나타남으로써 두 변수 간에 일방향적인 인과관계가 확인되었다. 이러한 결과는 수입 펄프 가격과 목재칩 가격간의 선도-지연관계(lead-lag relationship)에 있어서 펄프 가격이 목재칩 가격을 선도한다는 것을 시사한다. 따라서, 목재칩을 수입하는 국내 기업들은 국제시장에서 펄프 가격의 동향을 면밀하게 주시하는 것이 필요하다.

VAR 모형에서 오차항에 1 표준편차 충격이 있을 때의 반응 정도를 나타내는 충격반응 분석 결과, $\ln HwBKP$ 의 충격에 대해 $\ln HwBKP$, $\ln WChip$ 는 4개월까지 양(+)의 영향을 받으면서 증가하고, 4개월 이후 감소하여 점차 충격에 대한 영향은 미미해지는 것으로 나타났다. $\ln WChip$ 의 충격은 $\ln WChip$ 에 4개월까지 영향을 미치다가 점차 영향 정도가 줄었고, $\ln HwBKP$ 에 미치는 영향은 미미하였다. 예측오차분산분해 분석 결과, $\ln WChip$ 에 대한 예측오차의 총분산은 자체 충격의 상대적 비중이 높았고, $\ln HwBKP$ 의 비중은 미미한 것으로 분석되었다. $\ln HwBKP$ 의 예측오차 총분산은 자체 충격의 비중이 1개월 96.1%에서 12개월 63.7%로 감소하고, $\ln WChip$ 의 상대적 비중은 1개월 3.9%에서 12개월 36.3%까지 확대 되는 것으로 나타났다.

Literature Cited

1. Eom, T. J., Asia pulp paper industrial trends, World Agriculture 164:1-23 (2014).
2. Lee, K. H., Kim, C. H., Kim, E. G., and Ahn, B. I., Analysis on the relationship between the prices of pulps and wood chips, Journal of Korea TAPPI 43(3):128-136 (2011).
3. Lee, S. I. and Yoon, B. S., Dynamic causal relationships among import price, import quantity, and ocean freight rate index in the chemical pulp market, Journal of Korea TAPPI 54(4):94-102 (2022).
4. Lee, S. I. and Yoon, B. S., Dynamic causal relationships among imported pulp and waste paper prices, Journal of Korea TAPPI 55(2):30-38 (2023).
5. Hill, R. C., Griffiths, W. E., and Lim, G. C., Principles of Econometrics (3rd ed.), John Wiley & Son, New York, USA, (2010).
6. Granger, C. W. J., Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods, Econometrica 37(3):424-438 (1969).
7. Gujarati, D., Econometrics by Example (2nd ed.), Palgrave Macmillan, New York, USA, (2015).
8. Nho, H. Y., Kim, S. Y., and Kim, T. Y., Does the internet search index precede the purchase of agro-food products?, Journal of Rural Development 42(2):1-34 (2019).
9. Nam, K. H. and Choe, Y. C., A dynamic analysis on the relationship among prices, trading volumes, import volumes and demand using VAR - Focus on cabbage, onions, and garlic, Journal of Agricultural Extension & Community Development 24(1):9-19 (2017).
10. Hamilton, J. D., Time Series Analysis, Princeton University Press, New Jersey, USA, (1994).