

# 수입 펄프가격과 고지가격간의 동태적 인과관계 분석

이석일<sup>1</sup>, 윤병삼<sup>2†</sup>

접수일(2023년 2월 14일), 수정일(2023년 4월 18일), 채택일(2023년 4월 19일)

## Dynamic Causal Relationships among Imported Pulp and Waste Paper Prices

Seok-Il Lee<sup>1</sup>, Byung-Sam Yoon<sup>2†</sup>

Received February 14, 2023; Received in revised form April 18, 2023; Accepted April 19, 2023

### ABSTRACT

This study investigates the dynamic causal relationships among imported pulp prices (HwBKP, SwBKP) and waste paper prices (OCC, ONP). The Johansen cointegration test showed that there existed a long-run equilibrium relationship among four time series variables in this study. Results of the vector error correction model (VECM) indicated that the pulp and waste paper prices had their own error correction mechanisms that lead to convergence toward the long run equilibrium level or steady state. Furthermore, the Granger causality test revealed a bidirectional causal relationship between the pulp prices (HwBKP  $\Leftrightarrow$  SwBKP), a unidirectional causal relationship between the pulp and waste paper prices (HwBKP  $\Rightarrow$  ONP), and a unidirectional causal relationship between the waste paper prices (OCC  $\Rightarrow$  ONP). Moreover, the results of variance decomposition analysis revealed that the variance of HwBKP and OCC prices primarily reflected own shocks in both the short and long run.

**Keywords:** *Hardwood bleached kraft pulp (HwBKP), softwood bleached kraft pulp (SwBKP), old corrugated containers (OCC), old newsprint (ONP), stationarity, cointegration, Granger causality, variance decomposition*

1 한국농촌경제연구원 농식품정책성과관리센터(Center for Agricultural Policy Evaluation, Korea Rural Economic Institute), 위촉전문연구원

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

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

## 1. 서론

펄프와 고지(폐지, 종이자원)는 우리나라 제지산업의 주요 원재료에 해당한다. 지종별로 살펴보면, 인쇄용지, 백판지, 위생용지 및 포장용지(크라프트지)는 목재 펄프를 주원료로 사용하는 반면, 신문용지 및 골판지 원지는 고지를 주원료로 사용한다.

우리나라는 목재 펄프의 국내 공급 기반이 매우 취약하여 대부분의 원료를 수입에 의존하고 있다. 우리나라는 2021년 활엽수 표백 크라프트 펄프(HwBKP; hardwood bleached kraft pulp) 1,146,640톤과 침엽수 표백 크라프트 펄프(SwBKP; softwood bleached kraft pulp) 410,856톤을 합하여 총 1,557,496톤(관세청 수입통관 실적 기준)의 펄프를 수입하였다. 국제 펄프가격은 전 세계 수급상황, 재고량, 제조원가, 환율 등에 의해 결정되는데, 가격변동성이 매우 큰 것으로 잘 알려져 있다.

고지의 경우는 국내 폐지 회수율이 매우 높아 대부분 재활용되고 있지만, 국산 고지의 품질이 수입 고지와 아직 현격한 차이가 있어서 원재료의 상당량을 수입에 의존하고 있다. 우리나라는 2021년 폐골판지(OCC; old corrugated containers) 479,482톤과 폐신문지(ONP; old newsprint paper) 519,332톤을 합하여 총 998,814톤(관세청 수입통관실적 기준)의 고지를 수입하였다.

우리나라 제지산업에서 펄프와 고지의 원재료 투입비중은 지종별로 차이가 있으나, 일반적으로 종이 제조원가에서 펄프와 고지의 원재료비가 차지하는 비중은 50% 내외로 높은 수준이다. 우리나라 제지산업은 주요 원재료인 펄프와 고지의 해외 수입의존도가 높은 만큼 원재료의 수입가격에 따라 수익성 변동이 매우 심한 편이다. 따라서 펄프와 고지의 안정적인 조달 여부가 국내 제지업체들의 전반적인 수익성을 크게 좌우한다고 할 수 있다. 제지원료의 안정적인 조달을 위해서는 무엇보다도 펄프와 고지의 가격 결정 요인, 가격 변동의 특성, 가격 간의 상관관계 등에 대한 이해가 필수적이다.

그동안 국내에서는 목재 펄프가격의 변동 특성을 분석하고, 미래 가격을 예측하는 한편 가격 변동위험을 관리하기 위한 연구들이 다양하게 이루어져 왔다. 목재 선물시장(CME Lumber futures)을 이용하여 펄프의 가격변동 위험을 관리할 수 있는지에 관한 연구,<sup>1)</sup> 시계열모형(time series model)을 이용하여 펄프 수입가격을 예측

하기 위한 연구,<sup>2)</sup> 수입 펄프가격의 시계열적 특성을 파악하기 위한 연구,<sup>3)</sup> 그리고 펄프 수입가격, 수입량 및 해상운임간의 동태적 인과관계를 파악하기 위한 연구<sup>4)</sup> 등이 대표적이다.

그러나 수입 펄프가격과 고지가격의 변동 특성을 종합적으로 파악하고, 펄프가격과 고지가격이 서로간에 어떤 영향을 주고받는가 등에 관한 실증적인 연구는 아직 이루어지지 않고 있다. 이러한 배경 하에서 본 연구는 수입 펄프가격과 고지가격의 시계열적 특성을 분석하는 한편 펄프가격과 고지가격간의 동태적 인과관계를 파악하는데 목적을 두고 있다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 분석자료

본 연구는 수입 펄프가격과 고지가격의 월별자료를 이용하였다. 펄프는 HwBKP(HS code: 4703.29)와 SwBKP(HS code: 4703.21)를 대상으로 하였고, 고지는 OCC(HS code: 47010)와 ONP(HS code: 47030)를 대상으로 하였다.

수입 펄프가격과 고지가격은 통계청 국가통계포털(KOSIS; Korean Statistical Information Service)의 ‘원자재 수입동향 종합’에서 입수한 것이다. 펄프가격과 고지가격은 모두 운임보험료포함가격(CIF; Cost, Insurance and Freight)으로 톤당 달러(US\$/ton)로 표시된다. 각 시계열자료의 표본기간은 2002년 11월부터 2022년 10월까지 20년이고, 표본의 수는 각각 240개이다. 모든 시계열자료는 자연로그(natural logarithm)를 취한 값을 사용하였다.

### 2.2 분석방법 및 절차

#### 2.2.1 단위근 검정(Unit Root Test)

본 연구에 이용되는 네 개의 시계열자료(HwBKP, SwBKP, OCC, ONP)가 정상적(stationary)인 시계열인지 여부를 판단하기 위하여 Augmented Dickey-Fuller(ADF) 검정<sup>5)</sup>을 실시하였다. 정상적인 시계열은 뚜렷한 추세(trend)를 형성하지 않고, 시계열의 변동(진폭)이 시간의 흐름에 따라 일정한 특성을 보인다. 만약 ADF 검정

결과 단위근의 존재가 확인된다면, 해당 시계열자료는 비정상적인(non-stationary) 시계열로 판정하였다.

### 2.2.2 공적분 검정(Cointegration Test)

본 연구에 이용되는 네 개의 시계열자료(HwBKP, SwBKP, OCC, ONP)간에 공적분 관계가 존재하는지를 파악하기 위해 Johansen 공적분 검정<sup>6)</sup>을 실시하였다. 복수의 시계열자료간에 공적분 관계가 존재한다는 것은 각 시계열들이 공통의 추세(common trend)를 형성하면서 장기적 균형관계(long-run equilibrium)를 유지한다는 것을 의미한다. 본 연구에서는 Johansen 공적분 검정의 두 가지 유형, 즉 대각합 검정(trace test;  $\lambda_{trace}$ )과 최대고유근 검정(maximum eigenvalue test;  $\lambda_{max}$ )을 모두 실시하였다.

### 2.2.3 벡터오차수정모형(Vector Error Correction Model; VECM)의 추정

본 연구에 이용되는 네 개의 시계열자료(HwBKP, SwBKP, OCC, ONP)간에 공적분 관계가 존재한다면, 네 개의 공적분 변수들은 Eqs. (1)~(4)와 같이 벡터오차수정모형(VECM)<sup>7)</sup>으로 표현될 수 있다.

$$\Delta \ln HwBKP_t = a_h + b_h z_{t-1} \quad [1]$$

$$+ \sum_{i=1}^m c_{hi} \Delta \ln HwBKP_{t-i} + \sum_{j=1}^m d_{hj} \Delta \ln SwBKP_{t-j} + \sum_{k=1}^m e_{hk} \Delta \ln OCC_{t-k} + \sum_{l=1}^m f_{hl} \Delta \ln ONP_{t-l} + \epsilon_{ht}$$

$$\Delta \ln SwBKP_t = a_s + b_s z_{t-1} \quad [2]$$

$$+ \sum_{i=1}^m c_{si} \Delta \ln HwBKP_{t-i} + \sum_{j=1}^m d_{sj} \Delta \ln SwBKP_{t-j} + \sum_{k=1}^m e_{sk} \Delta \ln OCC_{t-k} + \sum_{l=1}^m f_{sl} \Delta \ln ONP_{t-l} + \epsilon_{st}$$

$$\Delta \ln OCC_t = a_p + b_p z_{t-1} \quad [3]$$

$$+ \sum_{i=1}^m c_{pi} \Delta \ln HwBKP_{t-i} + \sum_{j=1}^m d_{pj} \Delta \ln SwBKP_{t-j}$$

$$\Delta \ln OCC_t = a_p + b_p z_{t-1} + \sum_{i=1}^m c_{pi} \Delta \ln HwBKP_{t-i} + \sum_{j=1}^m d_{pj} \Delta \ln SwBKP_{t-j} + \sum_{k=1}^m e_{pk} \Delta \ln OCC_{t-k} + \sum_{l=1}^m f_{pl} \Delta \ln ONP_{t-l} + \epsilon_{pt}$$

$$\Delta \ln ONP_t = a_q + b_q z_{t-1} \quad [4]$$

$$+ \sum_{i=1}^m c_{qi} \Delta \ln HwBKP_{t-i} + \sum_{j=1}^m d_{qj} \Delta \ln SwBKP_{t-j} + \sum_{k=1}^m e_{qk} \Delta \ln OCC_{t-k} + \sum_{l=1}^m f_{ql} \Delta \ln ONP_{t-l} + \epsilon_{qt}$$

여기서,  $HwBKP_t$ 는 활엽수 표백 크라프트 펄프 가격,  $SwBKP_t$ 는 침엽수 표백 크라프트 펄프 가격,  $OCC_t$ 는 폐골판지 가격, 그리고  $ONP_t$ 는 폐신문지 가격을 나타낸다.  $\ln$ 은 자연로그(natural logarithm)를 나타내고, 하첨자  $t$ 는 시점을 나타낸다.  $\Delta$ 는 차분기호(difference operator)로써  $\Delta \ln HwBKP_t$ ,  $\Delta \ln SwBKP_t$ ,  $\Delta \ln OCC_t$ , 그리고  $\Delta \ln ONP_t$ 는 각각  $\ln HwBKP_t$ ,  $\ln SwBKP_t$ ,  $\ln OCC_t$ , 그리고  $\ln ONP_t$ 를 1차 차분(first differencing;  $\Delta y_t = y_t - y_{t-1}$ )한 값이다. 한편  $\Delta \ln HwBKP_{t-i}$ ,  $\Delta \ln SwBKP_{t-j}$ ,  $\Delta \ln OCC_{t-k}$ , 그리고  $\Delta \ln ONP_{t-l}$ 는 각각  $\Delta \ln HwBKP_t$ ,  $\Delta \ln SwBKP_t$ ,  $\Delta \ln OCC_t$ , 그리고  $\Delta \ln ONP_t$ 의 시차값(lagged value)이다. 그리고  $z_{t-1}$ 은 오차수정항(ECT; error correction term)으로 공적분 회귀식을 최소자승법(OLS; ordinary least squares)으로 추정함으로써 얻어진 잔차들의 시차값(lagged residuals)이다.

### 2.2.4 Granger 인과관계(Granger Causality) 검정

Granger 인과관계란 어느 한 시계열변수의 과거값이 다른 시계열변수의 현재값을 설명하는 데 있어서 설명력을 가진다는 것을 의미한다. Granger 인과관계에 대한 검정은 벡터오차수정모형 Eqs. (1)~(4)에서 시차변수들의 계수가 통계적으로 유의한지 여부에 대한 결합검정(joint test)을 통해서 가능하다. 예컨대, 벡터오차수정모형 Eq. (1)에서 만약  $\Delta \ln SwBKP_{t-j}$ 의 계수  $d_{hj}$ 가 모두 0이라면(즉,  $d_{hj} = 0$ ), 이것은  $\ln SwBKP$ 의 과거

변동이  $\ln HwBKP$ 의 현재 변동에 대해 아무런 설명력을 지니지 못한다는 것을 시사한다. 따라서  $\ln SwBKP$ 는  $\ln HwBKP$ 에 대한 Granger 인과관계를 형성하지 못한다(Granger non-causality). 이에 대한 통계적 검정은 결합귀무가설  $H_0: d_{h1} = d_{h2} = \dots = d_{hm} = 0$ 에 대한 검정을 통하여 이루어졌다. 다른 시계열변수간의 Granger 인과관계에 대한 검정도 마찬가지로 이루어졌다.

### 2.2.5 분산분해(Variance Decomposition) 분석

본 연구에서는 벡터오차수정모형(VECM) 내 각 내생변수(즉, HwBKP, SwBKP, OCC, ONP)의 변동이 전체 변동에 기여하는 부분의 상대적 크기를 분석하기 위해 분산분해를 실시하였다. 즉, 벡터오차수정모형 Eqs. (1)~(4)에서 어느 한 종속변수에 변동이 발생할 경우 그것이 자체 충격(own shocks, 즉 해당 종속변수의 과거 시

차값에 의한 충격)에 기인하는 비중이 얼마나 되는지, 그리고 나머지 다른 변수들의 충격에 기인하는 비중은 얼마나 되는지 상대적 기여율(중요도)을 분석하였다. 예컨대, HwBKP 가격이 변동할 경우 HwBKP 가격 자체 충격에 의해 설명되는 비중(비율)과 나머지 다른 요인(변수)들의 충격에 의해 설명되는 비중(비율)을 세부적으로 분해해서 살펴보았다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 기초통계량(Summary Statistics)

Table 1에 본 연구에 이용된 수입 펄프가격(HwBKP, SwBKP)과 고지가격(OCC, ONP)의 원시계열자료(즉, 자연로그를 취하기 이전의 자료)에 대한 기초통계량을 나타냈다. 먼저 HwBKP 가격의 평균값은 \$602.8/톤,

Table 1. Summary statistics of imported pulp and waste paper prices

Variable	No. Obs.	Mean	Maximum	Minimum	Skewness	Kurtosis
<i>HwBKP</i>	240	602.8	823.0	415.0	0.2378	2.1585
<i>SwBKP</i>	240	694.6	1003.0	430.0	0.0691	2.4220
<i>OCC</i>	240	228.3	324.9	127.0	-0.0368	1.8478
<i>ONP</i>	240	190.9	318.5	105.0	0.6525	2.8117

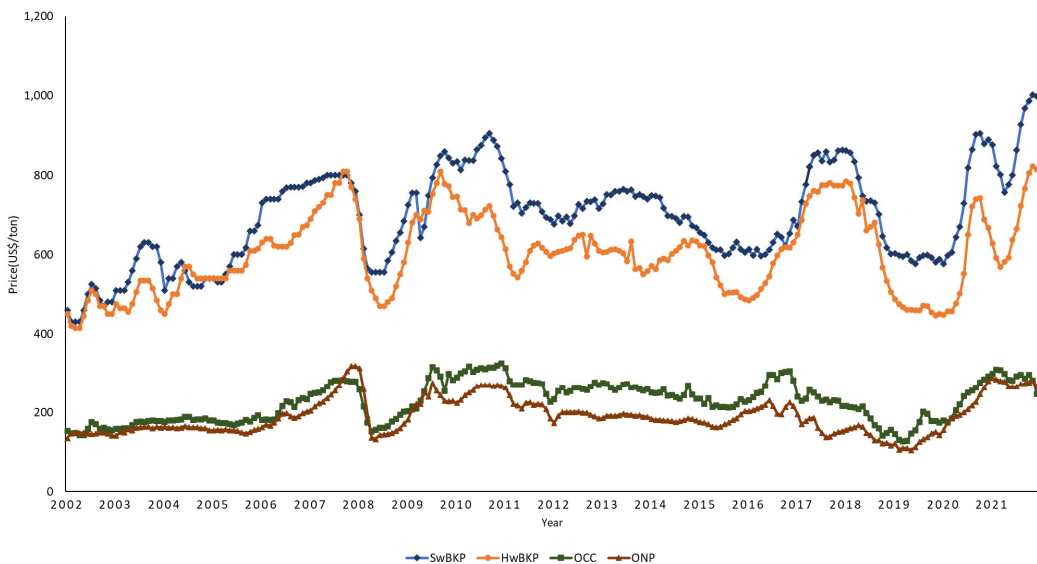


Fig. 1. Movements of the imported pulp and waste paper prices (2002.11.~2022.10.).

최대값은 \$823.0/톤(2022년 9월), 그리고 최소값은 \$415.0/톤(2003년 1월)으로 나타났다. SwBKP 가격의 평균값은 \$694.6/톤, 최대값은 \$1,003.0/톤(2022년 9월), 그리고 최소값은 \$430.0/톤(2002년 12월)으로 나타났다. 한편, OCC 가격의 평균값은 \$228.3/톤, 최대값은 \$324.9/톤(2011년 10월), 그리고 최소값은 \$127.0/톤(2020년 1월)으로 나타났다. ONP 가격의 평균값은 \$190.9/톤, 최대값은 \$318.5/톤(2008년 9월), 그리고 최소값은 \$105.0/톤(2020년 3월)으로 나타났다.

Fig. 1에 2002년 11월부터 2022년 10월까지 20년 동안 수입 펄프가격(HwBKP, SwBKP)과 고지가격(OCC, ONP)의 변동 추이를 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이, 두 펄프가격과 고지가격은 각각 비슷한 추세로 밀접하게 움직이는 경향을 확인할 수 있었다.

### 3.2 단위근 검정(Unit Root Tests) 결과

Table 2에 수입 펄프가격(HwBKP, SwBKP)과 고지가격(OCC, ONP)의 네 시계열자료에서 단위근의 존재 여부를 확인하기 위한 ADF 검정 결과를 나타내었다. 자연 로그를 취한 수준변수(level)에 대해 ADF 검정을 시행한 결과, 수입 펄프가격과 고지가격의 시계열 모두 5%의 유의수준에서 단위근이 존재한다는, 즉 시계열 자료가 비정상적이라는 귀무가설( $H_0$ )을 기각하는 것으로 드러

났다. 이러한 결과는 수입 펄프가격과 고지가격이 모두 정상적 시계열이라는 점, 즉 시간의 흐름에 따라 시계열 자료의 통계적 속성이 변화하지 않는다는 것을 확인해 주었다.

### 3.3 공적분 검정(Johansen Cointegration Tests) 결과

Table 3에 수입 펄프가격(HwBKP, SwBKP)과 고지가격(OCC, ONP)의 네 시계열 간에 공적분 관계가 존재하는지를 밝혀내기 위해 Johansen 공적분 검정을 실시한 결과를 나타냈다. 대각합 검정( $\lambda_{trace}$ )과 최대고유근 검정( $\lambda_{max}$ ) 결과 모두 5%의 유의수준에서 네 개의 시계열 간에 하나의 공적분 벡터가 존재하는 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 펄프가격과 고지가격 간에 공적분 관계, 즉 장기적 균형관계가 존재했다는 것을 의미한다. 다시 말해서, 펄프가격과 고지가격은 비록 단기적으로 일정한 패턴 없이 각각 움직인다 하더라도 장기적으로 보면 하나의 공통된 추세를 형성하면서 나란히 움직였다는 것이다. 펄프와 고지는 제지 용도와 투입 비중에 있어서 시종별로 차이가 있지만, 크게 보자면 제지산업의 주요 원료라는 점에서 공통점이 있으므로 펄프가격과 고지가격은 공통의 추세를 형성하며 움직인 것으로 해석된다.

Table 2. Results of unit root tests

Variable	ADF-statistic	Critical value	P-value
$\ln HwBKP_t$	-4.3938*	-2.8735	0.0004
$\ln SwBKP_t$	-3.0563*	-2.8735	0.0313
$\ln OCC_t$	-2.9951*	-2.8735	0.0368
$\ln ONP_t$	-2.9325*	-2.8735	0.0432

\* indicates statistical significance at the 5% level.

Table 3. Results of Johansen cointegration tests

Trace test				Maximum eigenvalue test			
$H_0$	$H_A$	$\lambda_{trace}$	P-value	$H_0$	$H_A$	$\lambda_{max}$	P-value
$r \leq 0$	$r > 0$	54.86*	0.0096	$r = 0$	$r = 1$	29.69*	0.0265
$r \leq 1$	$r > 1$	25.17	0.1553	$r = 1$	$r = 2$	12.81	0.4702

1) Critical values are obtained from MacKinnon-Haug-Michelis (1999).<sup>8)</sup>

2) \* indicates statistical significance at the 5% level.

### 3.4 벡터오차수정모형(VECM; Vector Error Correction Model) 추정 결과

Table 4에 수입 펄프가격(HwBKP, SwBKP)과 고지가격(OCC, ONP)의 네 시계열 간에 공적분 관계가 존재한다는 사실을 바탕으로 벡터오차수정모형(VECM) Eqs. (1)~(4)를 추정한 결과를 나타내었다. VECM 모형을 추정할 때 중요한 사항은 최적의 시차 수(lag order)를 결정하는 것인데, AIC(Akaike Information Criterion)를 이용한 결과 최적 시차 수는  $m = 2$ 로 결정되었다.

벡터오차수정모형(VECM) Eqs. (1)~(4)의 추정 결과 오차수정항(ECT)  $z_{t-1}$  계수가 모두 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 오차수정항의 계수가 음(-)의 부호를 지닌다는 것은 장기균형에 수렴한다는 것을 의미하고, 계수의 크기는 장기균형에 수렴하는 속도를 보여준다. 예컨대,  $\Delta \ln HwBKP_t$ 를 종속변수로 하는 모형에서 오차수정항의 계수가 -0.0997로 나타나고 있는데, 이것은 HwBKP 가격이 이전 기수(period)에 장기균형으로부터 이탈하여 오차가 발생할 경우 이번 기수에는 9.97% 만큼 수정(조정)되어 장기균형으로 수렴하는 과정을 밝게 된다는 것을 의미한다.

한편, 벡터오차수정모형(VECM)에서 시차변수의 계수는 각각 독립변수가 종속변수에 미치는 단기적인 영향을

나타내는데, 일부 시차변수의 계수가 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 예컨대,  $\Delta \ln ONP_t$ 를 종속변수로 하는 모형에서  $\Delta \ln OCC_{t-1}$ 의 계수가 0.3235로 1%의 유의수준에서 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 이것은 OCC 가격이 상승할 경우 단기적으로 ONP 가격이 32.35% 만큼 상승한다는 것을 의미한다.

### 3.5 Granger 인과관계 검정(Granger Causality Tests) 결과

Table 5에 벡터오차수정모형(VECM) Eqs. (1)~(4)를 추정한 결과를 바탕으로 Granger 인과관계에 대한 검정 결과를 나타내었다. 먼저 펄프가격간에는 HwBKP 가격이 SwBKP 가격에 대해 Granger 인과관계를 형성( $\chi^2$ -stat: 21.3669; P-value: 0.0000)하고, 동시에 SwBKP 가격도 HwBKP 가격에 대해 Granger 인과관계를 형성( $\chi^2$ -stat: 11.2289; P-value: 0.0036)함으로써 두 가격간에는 양방향적인 인과관계(bi-directional causality)가 성립한 것으로 확인되었다. 이러한 결과는 HwBKP 가격과 SwBKP 가격이 서로간에 영향을 주고받았다는 것을 의미한다.

한편, 펄프가격과 고지가격간에는 HwBKP 가격이 ONP 가격에 대해 Granger 인과관계를 형성( $\chi^2$ -stat: 6.9514;

Table 4. Results of vector error correction model (VECM)

Variable	$\Delta \ln HwBKP_t$		$\Delta \ln SwBKP_t$		$\Delta \ln OCC_t$		$\Delta \ln ONP_t$	
	Coeff	t-stat	Coeff	t-stat	Coeff	t-stat	Coeff	t-stat
Intercept	0.0007	0.35	0.0020	0.97	0.0007	0.21	0.0002	0.07
$z_{t-1}$	<b>-0.0997</b>	<b>-4.22**</b>	<b>-0.0321</b>	<b>-2.41*</b>	<b>-0.1033</b>	<b>-2.94**</b>	<b>-0.0704</b>	<b>-2.17*</b>
$\Delta \ln HwBKP_{t-1}$	0.2712	3.71**	<b>0.3265</b>	<b>4.61**</b>	0.1966	1.80	0.0775	0.77
$\Delta \ln HwBKP_{t-2}$	0.2492	3.38**	0.0033	0.05	0.1296	1.18	<b>0.2501</b>	<b>2.47*</b>
$\Delta \ln SwBKP_{t-1}$	<b>0.2549</b>	<b>3.23**</b>	0.2095	2.75**	0.1385	1.18	0.0179	0.17
$\Delta \ln SwBKP_{t-2}$	-0.0784	-1.00	-0.0696	-0.92	-0.1272	-1.09	0.0100	0.09
$\Delta \ln OCC_{t-1}$	0.0725	1.43	0.0869	1.77	0.2055	2.72**	<b>0.3235</b>	<b>4.65**</b>
$\Delta \ln OCC_{t-2}$	-0.0131	-0.25	0.0044	0.09	-0.1290	-1.63	-0.1013	-1.39
$\Delta \ln ONP_{t-1}$	-0.0688	-1.29	-0.0214	-0.42	<b>0.1775</b>	<b>2.24*</b>	0.2583	3.54**
$\Delta \ln ONP_{t-2}$	0.0296	0.61	-0.0389	-0.83	-0.0570	-0.79	-0.0016	-0.02

Log likelihood: 1815.372  
Akaike information criterion (AIC): -14.9483

\* and \*\* indicate statistically significant at the 5% and 1% level respectively.

Table 5. Results of Granger causality tests

	Null hypothesis ( $H_0$ )	$\chi^2$ -stat	P-value
$HwBKP \Leftrightarrow SwBKP$	$\ln HwBKP$ does not Granger cause $\ln SwBKP$	<b>21.3669**</b>	0.0000
	$\ln SwBKP$ does not Granger cause $\ln HwBKP$	<b>11.2289**</b>	0.0036
$OCC \Leftrightarrow SwBKP$	$\ln OCC$ does not Granger cause $\ln SwBKP$	3.1511	0.2069
	$\ln SwBKP$ does not Granger cause $\ln OCC$	2.4850	0.2887
$ONP \Leftrightarrow SwBKP$	$\ln ONP$ does not Granger cause $\ln SwBKP$	1.0596	0.5887
	$\ln SwBKP$ does not Granger cause $\ln ONP$	0.0372	0.9816
$OCC \Leftrightarrow HwBKP$	$\ln OCC$ does not Granger cause $\ln HwBKP$	2.1019	0.3496
	$\ln HwBKP$ does not Granger cause $\ln OCC$	4.9359	0.0848
$ONP \Leftrightarrow HwBKP$	$\ln ONP$ does not Granger cause $\ln HwBKP$	1.7872	0.4092
	$\ln HwBKP$ does not Granger cause $\ln ONP$	6.9514*	0.0309
$ONP \Leftrightarrow OCC$	$\ln ONP$ does not Granger cause $\ln OCC$	5.1210	0.0773
	$\ln OCC$ does not Granger cause $\ln ONP$	23.3852**	0.0000

\* and \*\* indicate statistically significant at the 5% and 1% level respectively.

P-value: 0.0309)함으로써 일방향적인 인과관계(unidirectional causality)가 작용한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 HwBKP 가격의 변동이 ONP 가격에 영향을 미쳤을 뿐 그 반대적인 영향은 작용하지 않았다는 것을 의미한다.

마지막으로, 고지가격간에는 OCC 가격이 ONP 가격에 대해 Granger 인과관계를 형성( $\chi^2$ -stat: 23,3852; P-value: 0.0000)함으로써 일방향적인 인과관계가 작용한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 OCC 가격의 변동이 ONP 가격에 영향을 미쳤을 뿐 그 반대적인 영향은 작용하지 않았다는 것을 의미한다.

### 3.6 분산분해(Variance Decomposition) 분석 결과

Fig. 2에 벡터오차수정모형(VECM) Eqs. (1)~(4)내에서 한 시계열 변수의 변동이 자체 충격 및 다른 변수들의 충격에 기인하는 비중(비율)을 분석한 분산분해 결과를 나타내었다. HwBKP 가격의 경우(‘Variance Decomposition of  $\ln HwBKP$ ’) 단기에는 가격변동이 전적으로 HwBKP 가격 자체의 충격에 기인하지만, 단기에서 장기로 이행할수록 SwBKP 가격에 의한 충격 요인의 비중이 확대되는 것으로 나타났다. 즉, HwBKP 가격의 변동은 1개월의 경우 자체 충격 요인 비중이 100%이지만, 10개월의 경우에는 자체 충격 요인의 비중이 약 85%로

축소되는 반면, HwBKP 가격의 비중은 15%로 확대되고, 나머지 OCC 가격과 ONP 가격의 비중은 극히 미미한 것으로 나타났다.

한편, SwBKP 가격의 경우(‘Variance Decomposition of  $\ln SwBKP$ ’)는 자체 가격의 충격 요인 비중과 HwBKP 가격의 충격 요인 비중이 단기, 중기 및 장기에 걸쳐 서로 대칭적으로 작용하는 것으로 나타났다. 즉, SwBKP 가격의 변동은 자체 충격 요인의 비중이 1개월의 경우 75%, 5개월은 약 55%, 그리고 10개월의 경우에는 약 65%로 나타났다. 반면, HwBKP 가격의 비중은 1개월의 경우 25%, 5개월은 약 45%, 그리고 10개월의 경우에는 약 40%로 나타났다.

고지가격에서 OCC 가격의 경우(‘Variance Decomposition of  $\ln OCC$ ’) 단기에서 장기로 이행하더라도 가격변동에서 자체 충격요인이 차지하는 비중이 여전히 가장 큰 것으로 나타났다. 즉, OCC 가격의 변동은 자체 충격 요인의 비중이 1개월의 경우 95% 이상, 그리고 10개월의 경우에는 약 85%로 나타났다.

마지막으로, ONP 가격의 경우(‘Variance Decomposition of  $\ln ONP$ ’)는 SwBKP 가격의 경우와 유사하게 자체 가격의 충격 요인 비중과 OCC 가격의 충격 요인 비중이 단기, 중기 및 장기에 걸쳐 서로 대칭적으로 작용하는 것으로 나타났다. 즉, ONP 가격의 변동은 자체 충격 요인의 비중이 1개월의 경우 80%, 5개월은 55%, 그

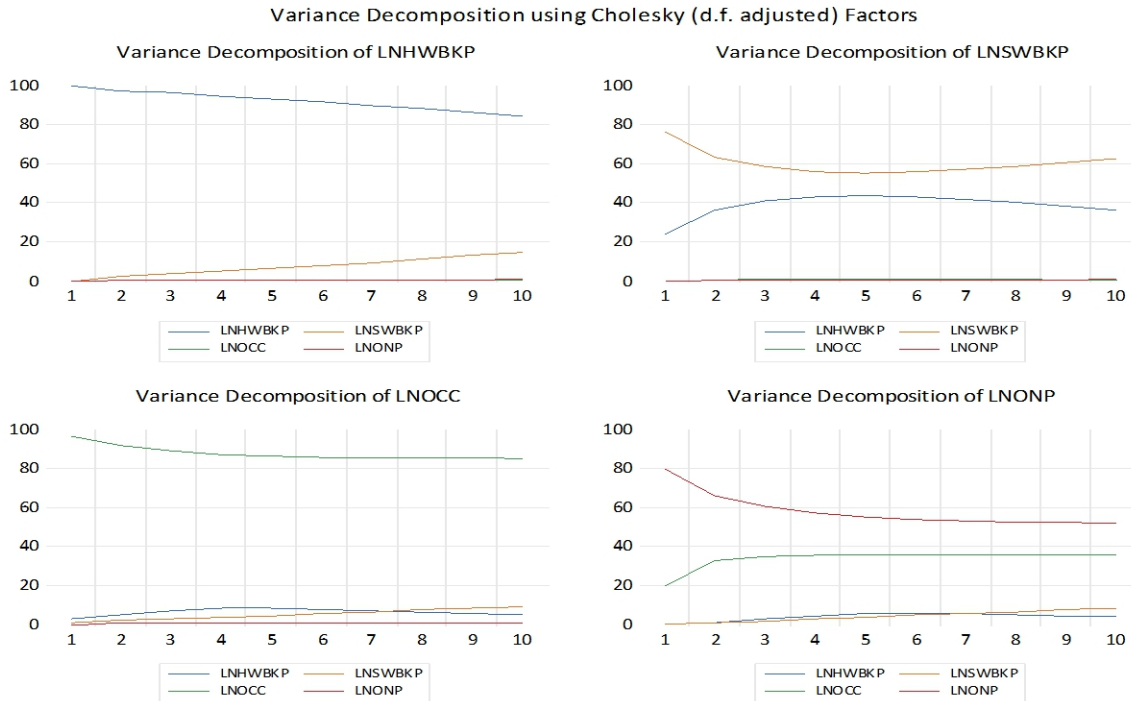


Fig. 2. Results of variance decomposition analysis.

리고 10개월의 경우에는 약 52%로 나타났다. 반면, OCC 가격의 비중은 1개월의 경우 20%, 5개월에는 35%, 그리고 10개월의 경우에는 약 35%로 나타났다.

#### 4. 결론

본 연구는 우리나라가 수입하는 목재 펄프가격(HwBKP, SwBKP)과 고지가격(OCC, ONP)간에 작용하는 동태적 인과관계를 파악하는 데 목적을 두었다.

단위근 검정 결과 펄프가격(HwBKP, SwBKP)과 고지가격(OCC, ONP)은 모두 정상적인 시계열로 판명되었다. 그리고 공적분 검정 결과 펄프가격(HwBKP, SwBKP)과 고지가격(OCC, ONP) 네 개의 시계열은 하나의 공적분 관계를 형성함으로써 장기적 균형관계를 유지한 것으로 나타났다.

한편, 벡터오차수정모형(VECM)의 추정 결과 펄프가격(HwBKP, SwBKP)과 고지가격(OCC, ONP)은 모두 장

기균형으로 수렴하는 메커니즘을 내포하고 있는 것으로 나타났다. Granger 인과관계 검정 결과, 펄프가격(HwBKP, SwBKP)은 서로간에 영향을 미치는 양방향적인 인과관계가 작용한 반면, 펄프가격과 고지가격간에는 HwBKP 가격이 ONP 가격에 영향을 미치는 일방향적인 인과관계가 작용하고, 고지가격간에는 OCC 가격이 ONP 가격에 영향을 미치는 일방향적인 인과관계가 작용한 것으로 나타났다.

분산분해 결과에서 HwBKP 가격과 OCC 가격의 변동은 단기 및 장기에 걸쳐 모두 자체 충격요인의 비중이 절대적으로 크게 나타났다. 한편, SwBKP 가격과 ONP 가격의 변동은 자체 충격 요인 비중과 외부 충격 요인의 비중이 단기, 중기 및 장기에 걸쳐 서로 대칭적으로 작용하는 것으로 나타났다. 즉, SwBKP 가격의 변동은 자체 충격 요인과 HwBKP 가격의 충격 요인이 서로 대칭적으로 작용하는 한편, ONP 가격의 변동은 자체 충격 요인과 OCC 가격의 충격 요인이 서로 대칭적으로 작용하는 것으로 나타났다.



## 사 사

이 논문(연구실적물)은 2022학년도 충북대학교 연구년제 지원에 의하여 연구되었음(This work was conducted during the research year of Chungbuk National University in 2022).

## Literature Cited

1. Kim, M. S., Kim, S. W., and Yoon, B. S., The feasibility of cross hedging wood pulp with CME lumber futures, *Journal of Korea TAPPI* 51(5):38-44 (2019).
2. Kim, S. W., Yoon, B. S., and Park, J. S., Forecasting the import price of hardwood bleached kraft pulp using a time-series model, *Journal of Korea TAPPI* 52(4):12-19 (2020).
3. Kim, S. W., Lee, S. I., and Yoon, B. S., Time series characteristics of the imported pulp prices, *Journal of Korea TAPPI* 53(6):98-105 (2021).
4. 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).
5. Hamilton, J. D., *Time Series Analysis*, pp. 516-530, Princeton University Press, New Jersey (1994).
6. Johansen, S., Estimation and hypothesis testing of cointegration vectors in gaussian vector autoregressive models, *Econometrica* 59(6): 1551-1580 (1991).
7. Engle, R. F., and Granger, C. W., Co-integration and error correction: representation, estimation and testing, *Econometrica* 55(2): 251-276 (1987).
8. MacKinnon, J. G., Haug, A. A., and Michelis, L., Numerical distribution functions of likelihood ratio tests for cointegration, *Journal of Applied Econometrics* 14(5):563-577 (1999).