

국제 원유가격과 국내 석유제품가격의 관계: 웨이블릿 기법을 이용한 유가정보 공개서비스 도입 전후 비교분석*

이연정¹, 이윤정², 윤성민³

요 약

본 연구에서는 2008년 4월 중순부터 도입된 오피넷 서비스 개시 전후의 국제 원유가격과 국내 석유제품가격 간의 관계를 웨이블릿 분석기법을 이용하여 분석하였다. 전체 분석기간은 1998년 5월 1일부터 2017년 12월 31일까지로 오피넷 서비스 개시를 기준으로 이전과 이후 기간으로 나누어 분석하였다. 주요 분석결과를 보면, 오피넷 서비스 도입 이전에 비해 도입 이후 국제 유가와 국내 석유제품가격 변화 간의 상관관계가 증가한 것으로 나타났다. 단기에서도 두 변수들 간의 상관관계가 증가하였다는 것은 유가정보 공개서비스가 도입된 이후 국내 석유제품 소매시장이 국제 유가 변화에 보다 신속히 반응하여 가격을 조정하고 있다는 것을 의미한다. 또한 오피넷 서비스 개시 이전에도 단기에서 장기로 갈수록 국제 유가와 국내 석유제품 간의 상관관계가 높아지는 것으로 나타났다. 이는 오피넷 서비스 도입 여부와 관계없이 단기에 비해 장기일수록 국내 석유제품가격이 국제 원유가격 변화에 대응하여 높은 상관관계를 가진다는 것을 의미한다. 하지만 장기에서의 상관관계의 강도는 오피넷 서비스 개시 이전에 비해 개시 이후에 더 강하게 나타났다.

주요용어 : 국제 원유가격, 국내 석유제품가격, 오피넷, 웨이블릿 분석.

1. 서론

우리나라의 석유제품가격에 대한 공개는 1997년 1월부터 정부가 석유제품의 유통단계별 최고가격고시제를 폐지하면서부터 시작되었다. 최고가격고시제란 정부가 고시한 각종 석유제품들의 최고가격 이상으로의 판매행위만 규제하고 그 이하로 판매하는 것에 대해서는 관여하지 않는 것으로, 최고가격고시제가 시행되던 시기에는 정유사, 대리점, 주유소 등 석유사업자가 판매하는 석유제품 가격에 대한 공개가 이루어지지 않았다. 하지만 석유제품 가격자유화 이후 정부는 소비자보호, 석유시장의 투명성 제고 등을 위해 석유제품가격을 조사하여 공개하기 시작하였다. 석유제품가격 조사의 초기에는 주요 석유제품에 대한 석유사업자의 지역별 판매가격을 표본조사한 뒤 보고서 형태로 발표하였다. 이후 2000년대 중반부터 지속된 고유가, 석유제품가격에 대한 국민들의 관심 증대, 물가안정 목표를 위한 정책의 일환으로, 정부는 2008년 4월 15일부터 전국 주유소의 석유제품 판매가격을 금융통신망(VAN)을 통해 실시간으로 조사하여 공개하는 오피넷(www.opinet.co.kr) 서비스를 개시하였다.

*이 논문은 2017년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다
(NRF-2017S1A5B8057488).

¹(제1저자) 46241 부산시 금정구 부산대학로 63, 부산대학교 경제통상연구원 연구원.

E-mail : yeonjeong@pusan.ac.kr

²46241 부산시 금정구 부산대학로 63, 부산대학교 경제통상연구원 연구원. E-mail : leeyj01@gmail.com

³(교신저자) 46241 부산시 금정구 부산대학로 63, 부산대학교 경제학부 교수. E-mail : smyoon@pusan.ac.kr

[접수 2018년 9월 4일; 수정 2018년 10월 10일; 게재확정 2018년 10월 13일]

오피넷 서비스는 국내 석유제품 판매가격을 공개함으로써 석유사업자간 가격경쟁을 유도하여 석유제품 가격안정화 도모, 가격비교를 통한 소비자 이익 극대화, 수집된 정보를 정부 정책에 활용하여 장기적으로 석유유통구조 개선에 기여하도록 하는 것을 주된 목표로 하고 있다. 실제로 오피넷 서비스가 시작된 직후 휘발유, 경유 등 석유제품가격이 저렴한 주유소에 주유를 위해 늘어선 차량들의 모습이 뉴스에 등장하는 등 소비자들이 이를 적극적으로 활용하는 모습을 보였다.

만약 오피넷 서비스 개시 이전에 비해 서비스 개시 이후 국내 주유소에서 판매되는 석유제품가격이 국제 유가 변화에 더욱 민감하게 반응한다면, 이는 정보공개 제도 도입 후 국제 원유 시장의 가격정보가 국내 석유제품 소매 시장으로 보다 빠르게 잘 전달되고 있다는 것으로 볼 수 있다. 이는 국내 대형 정유사들이 국제 유가 하락 시 초과마진을 얻기 위해 높은 가격을 유지하기보다는 시장 점유율을 유지하기 위해 석유제품가격을 낮추는 전략을 취하는 것으로도 해석할 수 있다. 따라서 오피넷 서비스의 개시 이후 국제 유가와 국내 석유제품가격 간의 상관관계가 높아졌다는 것은 국내 석유제품 유통시장의 효율성이 보다 개선된 것을 의미한다. 또한 국제 유가의 하락시와 상승시에 국내 석유제품의 가격변화가 비대칭적으로 나타난다는 ‘Rockets and feathers hypothesis(Bacon, 1991)’ 현상이 완화된 것으로도 볼 수 있다.

국제 유가와 국내 석유제품가격 간의 관계에 관한 기존의 국내외 연구들은 분석대상, 표본기간 등에 따라 상이한 결과를 보이고 있다(Bacon, 1991; Borenstein, Shepard, 1996; Kaufmann, Laskowski, 2005; Shin, 1994; Bachmeier, Griffin, 2003; Na, 2002; Kim, Moon, 2004; Kim, Won, 2009; Koh, 2013). 그리고 최근의 국내 연구 중 국제 유가와 주가, 거시경제변수 간의 관계를 분석한 예는 다수 있으나, 국내 석유제품가격과의 관계를 직접적으로 분석하고 있는 예는 상대적으로 드물다(Kang, 2014; Lee, Hong, 2015; Park, Chang, 2016; Won, Jung, 2018). 기존 연구들 중 대표적인 예로, Bacon(1991)의 연구에서는 영국의 휘발유 소매가격과 국제 휘발유 현물가격 간의 관계 분석을 통해 국제 유가와 국내 석유제품가격 변화 간의 비대칭 현상을 처음으로 확인하였다. Kaufmann, Laskowski(2005)는 오차수정모형을 이용하여 국제 유가와 미국의 자동차 휘발유 가격 변화에서는 비대칭성이 거의 없으며, 국제 유가와 미국의 가정용 난방유 가격 변화에는 비대칭성이 존재함을 확인하였다. Bachmeier, Griffin(2003)의 연구에서는 주별 자료를 이용하는 경우 국제 유가와 석유제품가격 간의 비대칭성이 확인되었으나, 일별 자료에서는 비대칭성이 없다고 보고하였다. 기존의 국내 연구 중 Kim, Moon(2004)은 국내 유가 자유화 이후의 월별 자료를 이용하여 국제 유가에 대한 국내 석유제품가격의 비대칭적 조정반응을 확인하였다. Kim, Won(2009)은 국내 유가 자유화 초기에 국제 유가와 석유제품가격 간의 비대칭성이 존재하는 것을 발견하였다. Koh(2013)의 연구에서는 오피넷 서비스 개통 전후의 국내 석유제품가격과 국제 유가와와의 대칭성을 지역별로 구분하여 분석하고 있으며, 오피넷 서비스 개통 이후 두 변수들 간의 비대칭성이 완화되었다는 결론을 제시하고 있다. 한편 기존 연구의 상당수는 국제 유가와 국내 석유제품가격 간의 관계는 분석대상 기간, 표본자료의 빈도, 시차 등에 민감하게 반응할 수 있음을 지적하고 있어, 기존의 분석방법과는 다른 방식으로 접근할 필요가 있다.

본 연구에서는 웨이블릿 분석기법을 이용하여 오피넷 서비스의 개시로 인해 국내 석유제품가격이 국제 유가의 변화를 얼마나 잘 반영하고 있는지는 실증적으로 분석하고자 한다. Lee et al.(2015)의 연구에서도 제시했던 바와 같이, 웨이블릿 분석을 이용하면 변수들 간의 관계를 시간영역과 빈도영역에서 모두 관찰할 수 있다는 장점이 있다. 만약 오피넷 서비스 개시 이후 주유소에서 판매되는 휘발유, 경유 가격과 국제 유가의 상관관계가 높아진다면, 이는 석유 사업자와 소비자 간의 정보비대칭성이 개선된 결과로 볼 수 있다. 또한 국내 주유소에서 판매되는 석유제품들의 가격변

화가 국제 유가의 변화에 민감하게 반응하면서 효율적으로 작동하고 있는 것으로 해석할 수 있다. 본 연구의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 실증분석에서 사용된 웨이블릿 모형에 대해 구체적으로 설명한다. 3장에서는 오픈넷 서비스 개선 전후의 국제 유가 변화와 국내 석유제품가격 변화의 관계를 분석한다. 마지막으로 4장에서는 실증분석의 결과를 종합하여 본 연구의 결론을 제시한다.

2. 분석모형

웨이블릿 변환(WT; wavelet transform)은 빈도(주파수) 영역에서 시계열을 분석하기 위해 사용하는 방식의 하나로 푸리에 변환(Fourier transform)의 한계를 극복하기 위해 도입되었다. 웨이블릿 분석은 모 웨이블릿 함수(mother wavelet function)이라고 불리는 기저함수(basis function)를 이용하여 시간과 빈도(주파수) 영역의 특징을 동시에 파악한다(Percival, Walden, 2000; Gençay et al., 2002). 모 웨이블릿 함수의 가장 중요한 특징은 시간에 따른 변화가 무한한 것이 아니라 특정 기간 동안에만 나타나는 유한 에너지 공간(finite energy space)을 가진 함수라는 점이다. 구체적으로 분석대상 신호(혹은 시계열)를 $x(t)$, 모 웨이블릿 함수를 $\psi(t)$ 이라 할 때, $\psi(t)$ 는 다음과 같은 조건을 만족한다(Percival, Walden, 2000).

$$C_{\psi} = \int_0^{\infty} \frac{|\Psi(\omega)|^2}{\omega} d\omega < \infty \quad (1)$$

식 (1)은 허용가능 조건(admissibility condition)으로, $\omega \rightarrow 0$ 일 때 $\Psi(\omega)$ 이 0으로 빠르게 수렴함을 의미한다(Grossmann, Morlet, 1984; Mallat, 1998). 이때 $\Psi(\omega)$ 는 $\psi(t)$ 의 푸리에 변환을 의미하며, ω 는 빈도 혹은 주파수(frequency) 함수로 시간 단위로 측정한 순환주기(period)를 p 라 할 때, $\omega = 2\pi(\frac{1}{p})$ 을 만족한다.

$$\int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0 \quad (2)$$

식 (2)는 $\psi(t)$ 의 평균이 0(zero)이라는 조건으로, $C_{\psi} < \infty$ 을 만족하기 위해서는 $\Psi(0) = 0$ 이라는 제약조건이 부여되어야 한다.

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\psi(t)|^2 dt = 1 \quad (3)$$

식 (3)은 웨이블릿 함수는 유한한 에너지를 가지고 있으며, 그 값은 1이라는 것을 의미한다. 이러한 조건들로 인해 웨이블릿 함수는 일반적인 사인(sine), 코사인(cosine) 함수와 달리 0으로 벗어난 움직임이 무한히 지속되지 않고 일정 기간에만 국한되게 된다.

한편 모 웨이블릿 함수가 이전(translation)과 척도조정(scaling) 요인에 의해 u 만큼 이전되고, s 만큼 팽창(또는 축소)된 특정 웨이블릿 함수(particular wavelet function) $\psi_{u,s}(t)$ 는 다음 식 (4)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\psi_{u,s}(t) = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi\left(\frac{t-u}{s}\right) \quad (4)$$

위 특정 웨이블릿 함수에 본 연구의 분석대상인 국제 유가와 국내 석유제품가격을 투영(projection)하면 식 (5)와 같은 연속 웨이블릿 계수(continuous wavelet coefficients)를 얻을 수 있다.

$$W(u, s) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \psi_{u,s}(t) dt \quad (5)$$

웨이블릿 분석은 기본적으로 연속 웨이블릿 변환(CWT; continuous wavelet transform)에서 출발하나 분석시 요구되는 계산량이 많아, 실제 적용시에는 이산 웨이블릿 변환(DWT; discrete wavelet transform)을 이용하는 것이 일반적이다. 이를 위해 시간-빈도평면(time-frequency plane)에서 척도조정(scaling) 요인 s 과 이전(translation) 요인 u 을 샘플링(sampling)하는 방식을 적용할 수 있다(Percival, Walden, 2000; Gençay et al., 2002). 구체적으로 j 와 k 는 정수값을 가진 이산적 샘플링을 위한 모수라고 할 때, 특정 DWT 함수(partial DWT function)는 다음 식 (6)으로 나타낼 수 있다.

$$\psi_{j,k}(t) = 2^{\frac{j}{2}} \psi(2^j t - k) \quad (6)$$

이때 $s = 2^{-j}$, $u = k2^{-j}$ 이며, j 가 증가함에 따라 척도가 조정되고 이전이 이루어진다. 본 연구에서는 DWT 중 최대 중첩 이산 웨이블릿 변환(MODWT; maximal overlap DWT)을 이용한다. 일반적인 DWT과 달리 MODWT는 $s = 2^{-j}$ 이지만 $u = k$ 로 이전 요인이 j 혹은 척도에 의존하지 않는 특징이 있다. 따라서 DWT에서는 필요한 자료의 수 2^j 의 배수가 되어야 하는 것과 달리, MODWT에서는 분석 자료의 수에 제약이 존재하지 않는다(예를 들어, j 는 척도의 수준(order)으로 만약 $j = 6$ 이면 전체 자료의 수는 $2^6 = 64$ 의 배수가 되어야 함).

MODWT를 통해 얻어지는 웨이블릿 계수들은 일종의 필터(filter) 역할을 한다. 즉 척도를 달리하여 여러 번의 필터링 과정을 거치면서 분석대상 신호가 분해되는데, 이때 근사 웨이블릿(approximation wavelets)은 저대역 필터(low-pass filter)로 추세와 같은 저진동수 성분을 포착하고, 상세 웨이블릿(details wavelets)은 고대역 필터(high-pass filter)로 불규칙한 잡음(random noise)과 같은 고진동수 성분을 포착하게 된다. Figure 1은 분석대상 신호 x 를 저대역 필터 L 와 고대역 필터 H 로 분해해가는 과정을 나타내고 있으며, 4단계의 필터링 과정을 거쳐 최종적으로 4개의 상세 웨이블릿(d_1, d_2, d_3, d_4)과 1개의 근사 웨이블릿(s_4)으로 분해된 형태를 보여주고 있다.

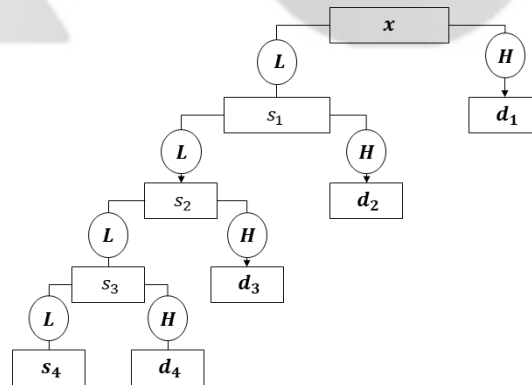


Figure 1. Wavelet decomposition using Pyramid algorithm

본 연구에서는 국제 유가와 국내 석유제품가격 간의 관계를 분석하기 위해 두 시계열 자료의 교차 웨이블릿 스펙트럼(cross-wavelet spectrum), 웨이블릿 상관관계(wavelet correlation), 웨이블릿 교차상관관계(wavelet cross-correlation)를 추정하였다. 교차 웨이블릿 스펙트럼 $\rho_{xy}(u, s)$ 은 CWT를 통

해 도출하며, 다음 식 (7)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\rho_{xy}(u,s) = \frac{P(W_{xy}(u,s))}{\sqrt{|W_x(u,s)|^2 |W_y(u,s)|^2}} \quad (7)$$

이때 $P(W_{xy}(u,s))$ 는 주어진 각 시간-빈도 평면에서의 두 시계열 자료 x , y 의 공분산이며, $W_x(u,s)$ 와 $W_y(u,s)$ 는 x , y 의 연속 웨이블릿 계수를 의미한다. 교차 웨이블릿 스펙트럼은 각 시간-빈도 평면에 대한 동시적 상관계수를 나타냄으로써, 두 시계열 자료들 사이의 동조화(co-movement)를 확인할 수 있다는 장점이 있다.

웨이블릿 상관관계(wavelet correlation)와 웨이블릿 교차상관관계(wavelet cross-correlation)는 MODWT를 통해 도출하였다. 웨이블릿 상관관계 $\hat{\rho}_{xy}(\lambda_j)$ 는 식 (8)과 같이 해당 척도 $\lambda_j = 2^{j-1}$ 에서의 두 시계열 자료 x , y 의 웨이블릿 분산과 공분산을 이용하여 추정한다. 웨이블릿 교차상관관계는 해당 척도에서 시간의 변화에 따른 상관관계의 변화를 나타내며, 두 자료들 간의 지연-선도관계(lead-lag relation)를 나타낸다.

$$\hat{\rho}_{xy}(\lambda_j) = \frac{Cov_{xy}(\lambda_j)}{\hat{\sigma}_x(\lambda_j)\hat{\sigma}_y(\lambda_j)} \quad (8)$$

이상과 같이 본 연구에서는 연속적, 이산적 웨이블릿 변환을 모두 활용하여, 오피넷 서비스 개시 전후의 국제 유가와 국내 석유제품가격 간의 관계를 분석하고 오피넷 서비스 개시가 국내 석유제품 소매시장에 미친 효과를 파악하고자 한다.

3. 실증분석

3.1. 분석자료

본 연구에서는 국제 유가와 국내 석유제품 간의 관계를 분석하기 위해 오피넷 서비스 개시 시점을 기준으로 전과 후의 자료를 구성하였다. 구체적으로 분석기간은 1998년 5월 1일부터 2017년 12월 31일까지이며, 오피넷 서비스 개시일인 2008년 4월 15일을 기준으로 전후 각각 507개의 주별 자료로 구성하였다. 분석대상인 국제 유가는 브렌트 원유(Brent) 현물가격을 이용하였으며, 해당기간 동안의 주별 평균 환율을 적용하여 원화로 환산하였다. 브렌트유는 미서부 텍사스 중질유(WTI), 두바이산 원유와 함께 세계 3대 원유 중 하나다. WTI는 품질 등급이 높지만 미국 내에서만 유통되고, 두바이산 원유는 품질 등급이 다소 낮으며 아시아 지역에서 선호되는 편이다. 브렌트유는 품질 등급이 WTI와 두바이산 원유의 중간 정도이며 전세계에 공급되는 원유라는 점에서 국제 유가를 대표하기에 적절하다. 국내 석유제품가격은 국내 주유소에서 판매하는 보통휘발유(gasoline)와 차량용 경유(diesel)의 전국 평균 가격을 이용하였다. 웨이블릿 분석모형을 적용하기 위해 모든 자료는 로그 차분(log difference)하여 사용하였다. 국제 유가와 국내 석유제품가격의 기초통계량은 Table 1에 제시되어 있다. 분석기간 동안의 국제 유가 변화율, 국내 석유제품가격 변화율의 평균(mean)은 모두 0에 가까우며, 오피넷 서비스 개시 이전 기간의 표준편차(std. dev.)가 서비스 개시 이후 및 전체 기간에 비해 약간 높은 편이다. 왜도(skewness)는 분석 자료와 기간에 따라 분포가 오른쪽으로 긴 꼬리를 가진 양(+) 혹은 왼쪽으로 긴 꼬리를 가진 음(-)의 값을 가지고 있으나, 0에서 크게 벗어나지 않고 있다. 대신 모든 자료에서 첨도가 높게 나타났으며, Jarque-Bera 검정의 귀

무가설을 기각하고 있다. 따라서 전체 기간 및 오피넷 서비스 개신 전, 후의 국제 유가와 국내 석유제품가격의 변화율은 비교적 좌우 대칭적이며 정규분포보다 뾰족한 형태의 분포를 가지고 있다고 볼 수 있다.

Table 1. Descriptive statistics

		Obs.	Mean	Std. Dev.	Skewness	Kurtosis	Jarque-Bera
Brent	Whole period	1,013	0.00056	0.02293	-0.28349	5.75286	333.4337***
	Before	506	0.00145	0.02464	-0.67086	5.07077	128.3608***
	After	506	-0.00033	0.02109	0.29480	6.87910	324.5781***
Gasoline	Whole period	1,013	0.00043	0.00506	1.12410	17.3221	8871.174***
	Before	506	0.00100	0.00595	1.25951	15.8808	3631.818***
	After	506	-0.00015	0.00391	-0.12507	9.38295	860.2981***
Diesel	Whole period	1,013	0.00017	0.00348	0.94159	15.9386	7215.62***
	Before	506	-0.00015	0.00391	-0.12507	9.38295	860.2981***
	After	506	-0.00008	0.00372	-0.57842	9.03989	797.3403***

Note: *** indicates significance at the 1% level.

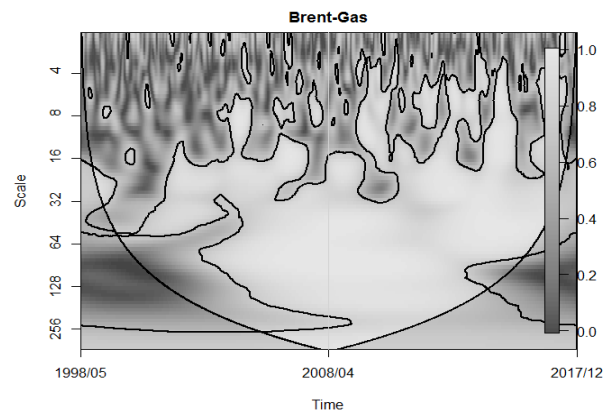
3.2. 분석결과

본 연구에서는 웨이블릿 기법을 이용하여 오피넷 서비스 도입 전후의 국제 유가 변화율과 국내 석유제품가격 변화율 간의 관계를 분석하였다. Figure 2의 (a)와 (b)는 각각 브렌트 원유와 국내 주유소에서 판매하는 보통휘발유 및 차량용 경유, (c)는 보통휘발유와 차량용 경유와의 교차 웨이블릿 스펙트럼을 나타내고 있다. 각 그림의 정 가운데 실선은 오피넷 서비스가 개시된 시점으로, 이를 기준으로 왼쪽 편은 오피넷 서비스 개시 이전, 오른쪽 편은 오피넷 서비스 개시 이후의 교차 웨이블릿 스펙트럼을 보여준다. 세로축은 웨이블릿 스케일로, 각 숫자는 그에 해당하는 주(weeks)를 의미한다. 따라서 그림의 위쪽은 두 변수들의 단기적인 동학을, 아래쪽으로 갈수록 장기적인 동학을 나타낸다. 그리고 두 변수들 간의 교차 웨이블릿 스펙트럼 값이 1에 가까울수록 밝은 색으로 표시되며, 이는 두 변수들 간에 동조화(co-movement)가 높다는 것을 의미한다. 반대로 교차 웨이블릿 스펙트럼 값이 0에 가까울수록 어두운 색으로 표시되며, 두 변수들 간의 동조화가 낮다는 것을 의미한다. 교차 웨이블릿 스펙트럼 값은 CWT를 이용해 도출하며, 본 연구에서는 웨이블릿 조건을 충족시키는 여러 함수 중 Goupillaud et al.(1984)에 의해 제시된 Morlet 웨이블릿 함수를 모함수로 이용하였다.

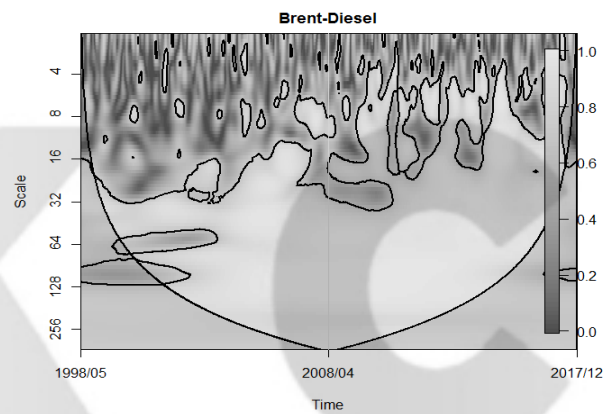
Figure 2의 (a)와 (b)를 보면, 각 그림의 위쪽에 비해 아래쪽으로 내려갈수록 밝은 색 부분이 많아졌음을 확인할 수 있다. 이는 단기보다 장기로 갈수록 국제 유가 변화율과 국내 석유제품가격 변화율 간의 동조화 정도가 강하다는 것을 의미한다. 그리고 오피넷 서비스 개시 이전 기간을 나타내는 왼쪽 편에 비해 개시 이후 기간을 나타내는 오른쪽 편에서 밝은 색으로 표시되는 부분이 많다는 것을 확인할 수 있다. 이는 오피넷 서비스 개시 이후 국제 유가와 주유소에서 판매하는 국내 석유제품가격 간의 동조화 수준이 높아졌음을 의미한다. 구체적으로 두 변수들의 약 8주 주기의 움직임을 의미하는 세로축의 8을 기준으로 시간의 흐름에 따른 교차 웨이블릿 스펙트럼을 보면, 왼쪽에서 오른쪽으로 갈수록 교차 웨이블릿 스펙트럼 값이 높게 나타나 밝은 색으로 표시되는 영역이 많다는 것을 알 수 있다.

하지만 약 2주, 4주 주기와 같이 보다 짧은 주기의 움직임을 의미하는 2, 4 스케일에서는 오피넷 개시 전과 후의 교차 웨이블릿 스펙트럼 값은 크게 차이를 보이지 않고, 전체적으로 동조화 정

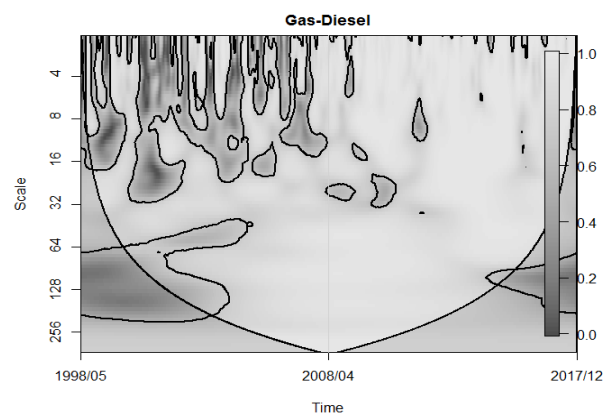
도가 낮게 나타났다. 이는 오피넷 서비스가 도입되었다고 해도 단기적으로는 국제 유가 변화에 맞춰 즉각적으로 국내 석유제품가격이 변화하지는 않는다는 것을 의미한다.



(a) Brent and gasoline



(b) Brent and diesel



(c) Gasoline and diesel

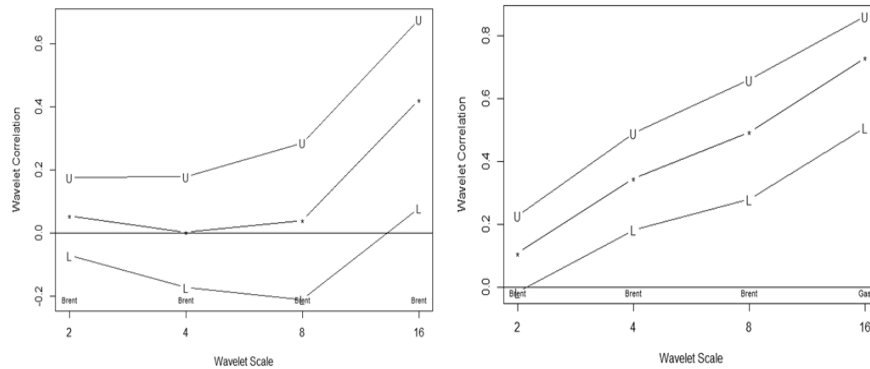
Figure 2. Cross-wavelet spectrum

한편 Figure 2의 (c)는 국내 보통휘발유와 차량용 경유의 가격변화를 간의 관계를 보여주고 있다. 흥미로운 점은 오픈넷 서비스 개시 이후 국내 주유소에서 판매하는 석유제품가격들 간의 동조화 정도가 장기뿐 아니라 단기에서도 매우 높다는 것이다. 이는 정보공개 시스템도입 이후 국제 유가의 변화에 맞춰 보통휘발유와 차량용 경유의 주유소 판매가격이 이전에 비해 보다 신속히 변함에 따라 국내 석유제품들 간의 동조화가 높아진 것으로 볼 수 있다. 즉 일반적으로 주유소에서는 보통휘발유와 차량용 경유를 함께 취급하고 있으므로, 주유소 사업자가 국제 유가 변화에 따라 자신이 판매하는 두 제품의 가격을 유사한 비율로 증가 혹은 감소시킨다는 것을 의미한다. 한편 그림이 나타내는 바와 같이 오픈넷 서비스 개시 이전에도 약 32주 이상의 장기에서는 두 석유제품가격 변화 간에 높은 동조화를 보였다. 하지만 오픈넷 서비스 개시 이후에는 약 2주 정도의 단기 스케일에서도 국내 석유제품가격들 간의 동조화 정도가 높아, 밝은 색으로 표시된 영역이 많다는 것을 확인할 수 있다.

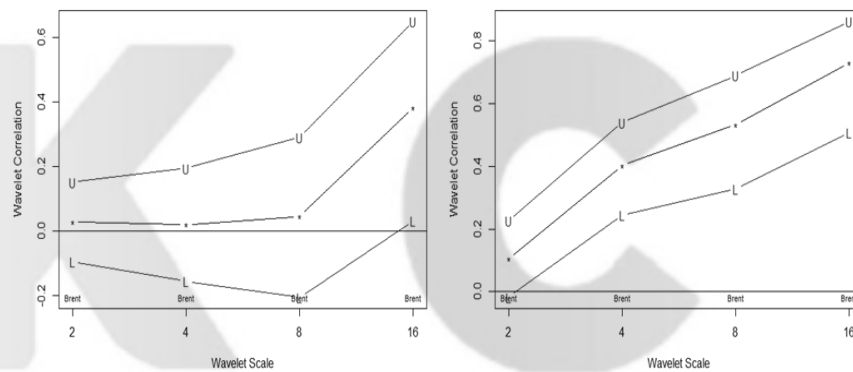
Figure 2의 교차 웨이블릿 스펙트럼은 두 변수들 간의 동조화 정도를 일종의 등고선과 같은 형태로 보여준다는 장점이 있으나, 각 스케일에 해당하는 상관관계를 직관적으로 확인하기 어려운 면이 있다. 본 연구에서는 스케일에 따라 두 변수들 간의 상관관계가 어떻게 달라지는지 확인하기 위해 MODWT를 이용하였다. 분석에 이용된 모함수는 최소 비대칭(least asymmetric) Daubechies 웨이블릿 필터 중 8개의 계수로 이루어진 LA(8)를 이용하였으며, 구체적인 분석결과는 Figure 3에서 제시하고 있다.

Figure 3의 (a), (b), (c)에서 왼쪽은 오픈넷 서비스 개시 이전, 오른쪽은 오픈넷 서비스 개시 이후의 두 변수들 간의 웨이블릿 상관계수를 나타내고 있다. 점으로 표시된 실선은 해당 스케일에서의 웨이블릿 상관계수 값을 의미하며, U와 L이 표시된 실선은 유의수준 95%에서의 최대값과 최소값을 의미한다. Figure 3(a)에서 국제 유가인 브렌트유와 국내 보통휘발유 가격변화 간의 웨이블릿 상관계수를 보면, 약 2주, 4주, 8주, 16주 주기의 움직임에서 오픈넷 서비스 도입 이전 상관계수는 0.0528, 0.0027, 0.3901, 0.4206으로 변화하며 오픈넷 서비스 도입 이후 상관계수는 0.1080, 0.3462, 0.4934, 0.7307로 변화한다. 모든 시간 스케일에서 오픈넷 서비스 도입 이전에 비해 도입 이후 두 변수들 간의 웨이블릿 상관계수가 증가하였다는 것은 오픈넷 서비스 도입 이후 국내 주유소에서 판매되는 보통휘발유 가격변화가 국제 유가의 변화에 보다 신속하게 반응하고 있다는 것을 의미한다. Figure 3(b)에 제시된 국제 유가와 차량용 경유 간의 상관계수도 Figure 3(a)와 유사하게 나타났다. 구체적으로 스케일이 증가할 때, 오픈넷 서비스 도입 이전 상관계수는 0.0283, 0.0202, 0.0455, 0.3819로 변화하며 오픈넷 서비스 도입 이후 상관계수는 0.1060, 0.4027, 0.5327, 0.7305로 변화한다. 한편 Figure 3(c)에 나타난 바와 같이 국내 주유소에서 판매되는 보통휘발유와 차량용 경유 간의 상관계수는 국제 유가와 상관계수에 비해 오픈넷 서비스 도입 이전에도 높게 나타났다. 그리고 국내 보통휘발유와 경유의 웨이블릿 상관계수는 약 2주, 4주, 8주, 16주 주기의 움직임에서 오픈넷 서비스 개시 이전 각각 0.6460, 0.7500, 0.7135, 0.7902에서 개시 이후 각각 0.8995, 0.9345, 0.8901, 0.9392로 모든 스케일에서 증가하였음을 볼 수 있다. 이는 앞서 설명한 바와 같이, 오픈넷 서비스 개시로 인해 정보공개가 강화되고 정보의 비대칭성이 완화되어 두 석유제품에 동시적이며 동일한 방향의 가격조정이 나타날 가능성이 높아졌다는 것을 의미한다. 이러한 결과는 오픈넷 서비스의 도입으로 인해 주유소 사업자가 경쟁업체의 가격 및 석유제품 시장의 변화에 따라 가격조정 전략을 취하지 않았을 때 이윤이 감소할 수 있는 상황에 놓여있기 때문으로도 볼 수 있다. 따라서 오픈넷 서비스 개시 이후 석유제품 소매시장이 정보에 더욱 민감해졌으며, 보다 효율적으로 움직이고 있다고 해석할 수 있다.

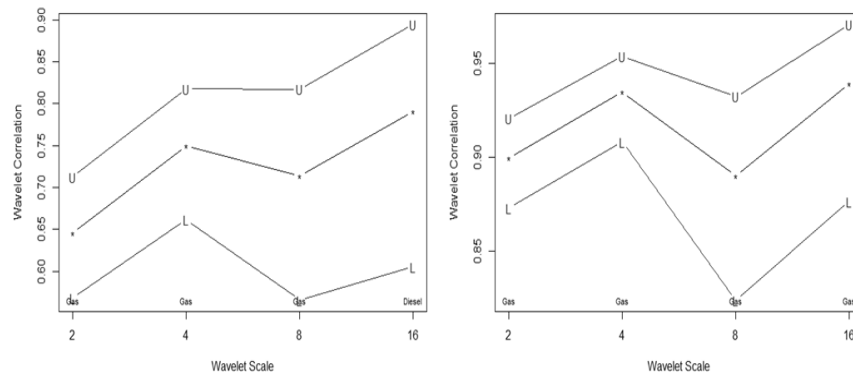
Figure 3의 웨이블릿 상관관계는 스케일별로 동시차에 따른 상관관계를 나타내고 있지만, 해당 스케일에서 시차에 따른 두 변수들 간의 상관관계를 보여주진 못한다. 본 연구에서는 Figure 4와 같이 오피넷 서비스 개시 이후의 변수들 간 교차 웨이블릿 상관관계를 확인하였다. Figure 4의 교차 웨이블릿 상관관계에서는 각 스케일에서의 동조화 크기 뿐 아니라 시차에 따른 두 변수의 상관관계를 확인할 수 있게 해준다는 특징이 있다. 교차 웨이블릿 상관관계의 결과에서 가장 높은 상



(a) Brent-gasoline: Before (left side) and after (right side) the OPINET system

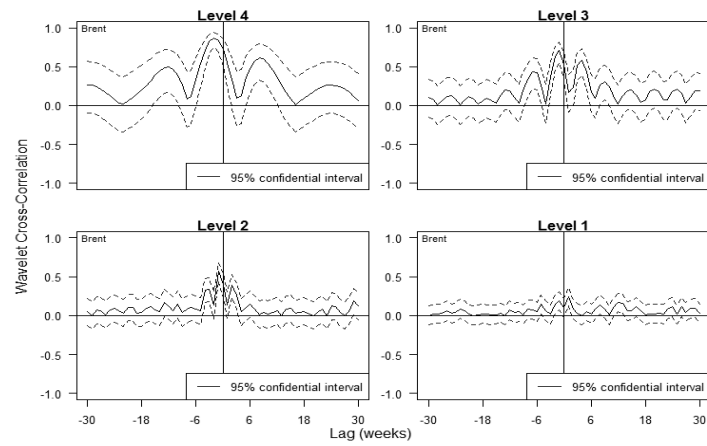


(b) Brent-diesel: Before (left side) and after (right side) the OPINET system

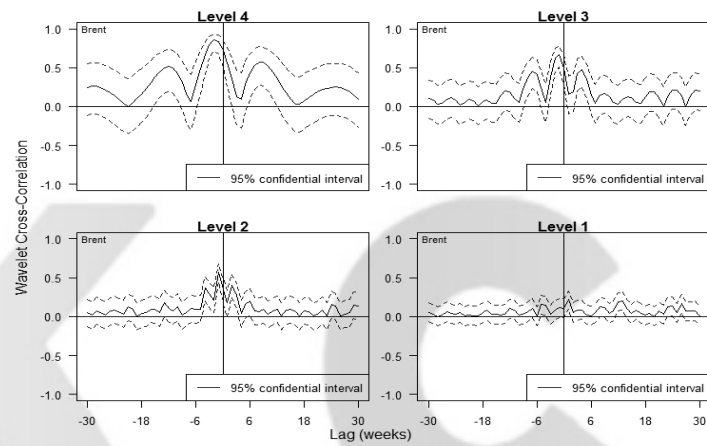


(c) Gasoline-diesel: Before (left side) and after (right side) the OPINET system

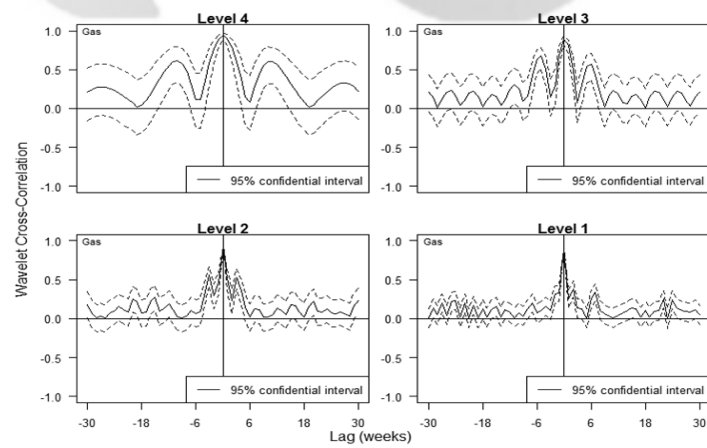
Figure 3. Wavelet correlation



(a) Brent and gasoline



(b) Brent and diesel



(c) Gasoline and diesel

Figure 4. Wavelet cross-correlation after the OPINET system

관관계를 보이는 구간이 동시차($Lag=0$)가 아니라면, 이는 두 변수들 간에 선도-지연관계(lead-lag relation)가 있는 것으로 볼 수 있다. 본 연구의 분석결과를 보면, 오피넷 서비스 도입 이후에도 국제 유가와 국내 석유제품가격 간에는 선도-지연관계가 존재하는 것으로 나타났다. Figure 4의 (a), (b)의 Level 3(약 8주 주기)과 Level 4(약 16주 주기)와 같이 교차 웨이블릿 상관관계가 가장 높게 나타나는 구간이 왼쪽으로 약간 치우쳐 있다는 것은 국제 유가 변화가 국내 주유소에서 판매되는 보통휘발유와 차량용 경유가격 변화를 선도한다는 것을 의미한다. 하지만 Figure 4의 (c)와 같이 국내 보통휘발유와 차량용 경유 간의 교차 웨이블릿 상관관계에서는 동시차에서 가장 높은 상관관계를 보였다. 따라서 국내 석유제품가격 변화 간에는 선도-지연관계가 없는 것으로 해석할 수 있다. 본문에서 모두 제시하지는 않았지만, 오피넷 서비스 도입 이전에도 교차 웨이블릿 상관관계는 도입 이후와 유사한 결과를 보였다. 즉 오피넷 서비스 도입 이전에도 국제 유가와 국내 석유제품 간에는 선도-지연관계가 존재하고, 국내 석유제품들 간에는 이러한 현상이 보이지 않는 것으로 나타났다. 따라서 오피넷 서비스 도입 이후 국제 유가와 더 높은 상관관계를 가지면서 변화를 한다는 점에서는 차이가 있지만, 오피넷 서비스 도입 이전과 이후 모두 국제 유가의 변화에 따라 국내 석유제품가격은 일정한 시차를 두고 변화하며, 이때 국내 석유제품들의 가격 조정은 유종에 관계없이 동시적으로 나타난다고 볼 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는 2008년 4월 15일부터 도입된 오피넷 서비스 개시 전후의 국제 유가와 국내 석유제품가격 간의 관계를 분석하였다. 전체 분석기간은 1998년 5월 1일부터 2017년 12월 31일까지로, 오피넷 서비스 도입 전후의 자료 수에 차이가 나지 않도록 분석기간을 대칭적으로 설정하였다. 국제 유가 변수로는 브렌트유 현물가격을 이용하였으며, 국내 석유제품가격 변수로는 국내 주유소에서 판매되는 보통휘발유와 차량용 경유 가격을 이용하였다. 본 연구에서는 연속적, 이산적 웨이블릿 분석기법을 활용하여 변수들 간의 상관관계를 추정하였다. 주요 분석결과를 보면, 두 변수의 상관관계를 등고선 형태로 보여주는 교차 웨이블릿 스펙트럼에서 오피넷 서비스 도입 이후 국제 유가와 국내 석유제품 간의 상관관계가 높아졌음을 확인하였다. 뿐만 아니라 오피넷 서비스 도입 이후 국내 석유제품들 간의 상관관계도 크게 높아졌는데, 이는 해당 서비스로 인해 유가정보의 비대칭성이 완화되고 국내 석유제품가격이 시장변화에 동시적으로 변화하고 있는 것으로 해석할 수 있다. 장단기 스케일별로 구분하여 이산적으로 분석한 웨이블릿 상관관계에서도 동일한 결과가 나타났다. 오피넷 서비스 도입 이전에도 단기에서 장기 스케일로 갈수록 국제 유가와 국내 석유제품가격 간의 상관관계가 높지만, 이러한 현상은 오피넷 서비스 도입 이후 더 강해진 것으로 나타났다. 따라서 오피넷 서비스는 정부의 도입 취지에 맞게 유가정보의 비대칭성 완화를 통해 국내 석유제품 시장의 효율성 개선에 도움을 주고 있는 것으로 볼 수 있다. 한편 교차 웨이블릿 상관관계의 결과는 국제 유가와 국내 석유제품 간의 상관관계가 높아졌긴 했으나, 변수들 간의 선도-지연관계가 변화한 것은 아니며 장기 스케일로 갈수록 국제 유가가 국내 석유제품가격을 선도하는 현상이 나타나는 것으로 확인되었다. 하지만 국내 석유제품들 간의 교차 웨이블릿 상관관계에서는 선도-지연관계가 나타나지 않는 특징을 보였다. 본 연구의 결과는 기존 연구들과는 달리 시간영역과 주파수영역에서 동시에 국제 유가와 국내 석유제품가격 간의 관계를 확인하였다. 이를 통해 특정 빈도만을 이용해서 분석한 기존의 연구와 달리, 웨이블릿 분해로 도출한 다양한 주기의 움직임 모두 관찰함으로써 척도에 따른 분석결과의 차이를 고려할 수 있었다. 추후에도 웨이블릿기법을 기초로 한 경제변수들 간의 관계를 추가적으로 검토하며 확장된 모형에도 적용할 수 있을 것으로 보인다.

References

- Bachmeier, L. J., Griffin, J. M. (2003). New evidence on asymmetric gasoline price responses, *Review of Economics and Statistics*, 85(3), 772-776.
- Bacon, R. W. (1991). Rockets and feathers: the asymmetric speed of adjustment of U.K. retail gasoline prices to cost changes, *Energy Economics*, 13(3), 211-218.
- Borenstein, S., Shepard, A. (1996). Sticky prices inventories, and market power in wholesale gasoline markets, *NBER Working Paper* 5468.
- Gençay, R., Selçuk, F., Whitcher, B. (2002). *An Introduction to Wavelets and Other Filtering Methods in Finance and Economics*, San Diego, US: Academic Press.
- Goupillaud, P., Grossman, A., Morlet, J. (1984). Cycle-octave and related transforms in seismic signal analysis, *Geoexploration*, 23, 85-102.
- Grossmann, A., Morlet, J. (1984). Decomposition of hardy functions into square integrable wavelets of constant shape, *SIAM Journal of Mathematical Analysis*, 15(4), 723-736.
- Kang, S. H. (2014). The impact of oil price shock on macroeconomy indices in Korea, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 16(1), 267-277. (in Korean).
- Kaufmann, R. K., Laskowski, C. (2005). Causes for an asymmetric relation between the price of crude oil and refined petroleum products, *Energy Policy*, 33(12), 1587-1596.
- Kim, Y.-D., Moon, Y.-S. (2004). Oil price liberalization and adjustment of oil product prices, *Korean Energy Economic Review*, 3(2), 87-134. (in Korean).
- Kim, H. G., Won, D. H. (2009). The changes of asymmetry degree in Korean wholesale gasoline price by sample periods, *Journal of Korean National Economy*, 27(4), 1-16. (in Korean).
- Koh, Y. K. (2013). Asymmetric adjustment in domestic petroleum prices before and after the Opinet, *Environmental and Resource Economics Review*, 22(4), 581-612. (in Korean).
- Mallat, S. (1998). *A Wavelet Tour of Signal Processing*, San Diego, US: Academic Press.
- Na, I.-G. (2002). Asymmetric responses to gasoline price increase and decrease, *Korean Energy Economic Review*, 1(1), 1-17. (in Korean).
- Lee, C. M., Hong, J. M. (2015). A study using wavelet analysis of the effect on GDP and price index of oil price, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 17(4), 2025-2034. (in Korean).
- Lee, Y. J., Jiang, Z. H., Yoon, S.-M. (2015). Wavelet-based relationships between stock returns and industrial production, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 17(3A), 1203-1215.
- Park, D.-W., Chang, B.-K. (2016). The impact of oil price on the Korean stock market: evidence from industrial sector indices, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 18(2), 783-798. (in Korean).
- Percival, D. B., Walden, A. T. (2000). *Wavelet Methods for Time Series Analysis*, Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Shin, D. (1994). Do product prices respond symmetrically to changes in crude prices?, *OPEC Review*, 18(2), 137-157.
- Won, D. H., Jung, S. K. (2018). A study on the relationship between oil price and China price in consideration of structural change, *Journal of the Korean Data Analysis Society*, 20(2), 707-716. (in Korean).

The Relationship between the Price of Crude Oil and Retail Petroleum Products: Comparative Analysis before and after the Price Disclosure System in Korea Based on the Wavelet Method*

Yeonjeong Lee¹, Yun-Jung Lee², Seong-Min Yoon³

Abstract

This study analyzed the relationship between crude oil prices and retail petroleum product prices before and after the price disclosure system introduced on April 15, 2008 in Korea. As a result of the analysis, the coherence between crude oil price and retail petroleum product price has increased after the introduction of the price disclosure system in the high-frequency scale. It means that, due to the power of information cascade in the price disclosure system, the retail petroleum product prices have been quickly adjusted among competitive retail gas stations in response to changes in international oil prices. In the low-frequency scale, however, the coherence between the prices was high both before and after the introduction of the system. This means that the information has been sufficiently spread in the long-term and the competitive market equilibrium has been established among retail gas stations regardless of whether or not the information disclosure system is introduced.

Keywords : Wavelet analysis, Price disclosure system, Crude oil, Retail petroleum product.

*This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2017S1A5B8057488).

¹(First Author) Researcher, Institute of Economics and International Trade, Pusan National University, Busandaehak-ro, 63beon-gil, Geumjeong-gu, Busan, 46241, Korea. E-mail : yeonjeong@pusan.ac.kr

²Researcher, Institute of Economics and International Trade, Pusan National University, Busandaehak-ro, 63beon-gil, Geumjeong-gu, Busan, 46241, Korea. E-mail : leeyj01@gmail.com

³(Corresponding Author) Professor, Department of Economics, Pusan National University, Busandaehak-ro, 63beon-gil, Geumjeong-gu, Busan, 46241, Korea. E-mail : smyoon@pusan.ac.kr

[Received 4 September 2018; Revised 10 October 2018; Accepted 13 October 2018]