에너지경제연구 제16권 제 1호
Korean Energy Economic Review
Volume 16, Number 1, March 2017 : pp. 35~55

학 술

전력시장가격에 대한 역사적 요인분해*

윤원철**

요 약

본 연구에서는 국제 에너지시장과 환율 등의 요인별 충격에 따른 국내 전력가격의 반응을 실증적으로 분석한다. 이를 위해, 호주산 석탄가격, 인도네시아산 천연가스가격, 대미환율, 계통한계가격(SMP) 등을 내생변수로 하는 구조적 VAR 모형을 설정하고, 2001년 4월부터 2015년 12월까지 월간 자료를 표본으로 활용한다. 실증분석 결과에 따르면, SMP 변동에 영향을 미치는 요인별 충격의 크기는 천연가스시장, 석탄시장, 그리고 대미환율의 순서로 나타난다. 또한 SMP 변동에 대한 석탄시장과 천연가스시장에서 충격의 기여율이 반대 방향으로 나타난다. 이와 함께, SMP가 상승하는 시기와 이의 변동성이 커지는 시기에는 SMP 변동에 기여하는 비중에서 천연가스시장의 충격이 석탄시장의 충격에 비해 상대적으로 높다는 것을 확인할 수 있다.

주요 단어 : 구조적 VAR 모형, 전력시장, 계통한계가격(SMP)
경제학문헌목록 주제분류 : C31, Q43

* 이 논문은 한양대학교 교내연구지원사업으로 연구되었음(HY-2016년도)
** 한양대학교 경제금융학부 교수. wcyun@hanyang.ac.kr

Ⅰ. 서 론

2001년 4월 한국전력거래소(Korea Power Exchange, KPX)가 개설되어 우리나라에서도 전력이 거래되고 있다. KPX는 일종의 도매 전력거래시장으로 공기업과 민간기업 형태의 다수의 발전회사들이 공급자로, 한국전력공사가 단일의 수요자로 거래하는 시장이다. KPX는 일반적인 상품의 거래소와는 조금 다른 형태로 가격이 결정되고 있다. 즉, 수요자와 공급자가 가격을 입찰하는 것이 아니라 사전에 공급자의 비용이 제시된 상태에서 공급가능 물량을 입찰하고 수요자가 필요로 하는 물량에 해당하는 수준에서 한계가격이 결정되는 구조이다.[1)]

이렇게 KPX에서 매 시간 결정되는 가격은 계통한계가격(system marginal price, SMP)이라고 불리는데, 발전회사가 생산한 전력의 변동비를 회수하는 기준가격으로 볼 수 있다.[2)] 그런데 SMP는 국내 전력수급의 바로미터 역할뿐 아니라 수요자와 공급자, 그리고 투자자 등 전력시장 이해당사자의 수익을 결정하는 가장 중요한 변수 가운데 하나라고 볼 수 있다. 실제로 SMP 등락에 따라 다수의 발전회사들과 한국전력공사의 재무성과가 달라진다. 또한 발전설비에 이미 투자하였거나 투자를 계획하고 있는 투자자의 현재와 미래 가치도 영향을 받게 된다. 한편 SMP의 수준 뿐 아니라 이의 변동성이 증가하게 되면 이해당사자들의 재무적 불확실성을 높임으로써 위험을 고려한 수익에 부정적인 영향으로 작용하게 된다.

---

1) 한국전력거래소(2009, 2014)에서는 시장거래규칙과 발전시장의 가격결정 방식에 대한 자세한 내용을 설명하고 있다.

2) 발전회사에게는 계통한계가격 이외에도 발전설비의 고정비를 회수할 목적으로 용량요금과 기타 서비스 제공에 대한 댓가로 기타요금이 주어진다. 자세한 설명은 한국전력거래소(2009, 2014)를 참조하기 바란다.

따라서 국내 전력시장에서 SMP의 변동 요인을 체계적으로 분석하고, 이를 활용하여 시나리오별 대응 전략을 수립하는 것은 매우 의미있는 작업이라고 할 수 있다. 해외 발전시장을 대상으로 전력가격의 결정에 관하여 실증적으로 분석한 연구로는 Emery and Liu(2002), Mjelde and Bessler(2009), Serletis and Shahmoradi(2006), Asche et al.(2006), Mohammadi(2009), Muñoz and Dickey(2009), Furió and Chuliá(2012) 등이 있다.

이들 연구 가운데, Furió and Chuliá(2012)는 스페인 전력시장을 대상으로 전력가격과 브렌트 원유가격, 벨기에 1개월 만기 천연가스 선도가격 사이의 인과관계를 분석하였다. 벡트오차수정모형(vector error correction model, VECM)을 활용한 실증분석 결과에 따르면, 브렌트 원유가격과 벨기에 천연가스 선도가격이 스페인 전력시장에서의 가격결정에 중요한 역할을 하는 것으로 나타났다.

다음으로, 국내 전력시장을 대상으로 전력가격의 결정요인을 분석한 실증적인 연구로는 Chae et al.(2012), 박민혁 외(2014), 채영진(2014), 신동현·김재혁(2015) 등을 들 수 있다. Chae et al.(2012)과 채영진(2014)은 그랜저 인과성(Granger causality)에 대하여 국내 전력시장의 SMP와 액화천연가스(LNG) 사이의 관계를 분석하였다. 실증분석 결과에 따르면, LNG에서 SMP로의 단반향(unidirectional) 장기와 단기 인과관계가 동시에 존재한다고 밝혔다. 박민혁 외(2014)에서는 기저발전 비율, LNG 도입가격, 환율 등을 SMP의 결정요인으로 두고 VECM를 활용하여 그랜저 인과성 분석을 실시하였다. 주요 결과로는 단기적으로 기저발전 비율과 LNG 도입가격이 SMP에 영향을 미치고, 장기적으로 LNG 도입가격과 환율이 SMP에 영향을 미친다는 것이다. 신동현·김재혁(2015)에서는 구조적 VAR 모형(structural vector autoregressive model)을 활용하여 2001~2014년까지 월별 자료를 표본으로 SMP의 변동성 변화를 실증적으로 분석하였다. 해당 연구에서는 발전공급능력, 첨두부하 비중, 첨두부하의 연료(LNG) 가격 등이 SMP의 변동성에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

본 연구는 구조적 VAR 모형을 활용하여 국제 에너지시장과 환율의 요인별 충격에 따라 국내 전력시장의 거래가격이 어떻게 변동하는지를 실증적으로 분석하는 데 주된 목적이 있다. 이러한 대내외 요인별 충격에 따른 전력가격의 반응에 대한 분석은 발전회사, 전력판매회사, 소비자, 그리고 투자자 등이 전력가격의 변동 요인을 정량적으로 파악하는 데 도움이 될 수 있다. 또한 전력가격 등락에 따른 위험관리 전략을 수립하는 데 있어 유용한 기초자료로 활용할 수 있다. 특히, 본 연구에서는 기존 관련 연구와 달리 SMP의 변동 요인을 전력시장 내부의 미시적인 변수에 초점을 맞추지 않고 국제 에너지시장과 환율 등 거시적인 측면에서 분석하였다는 점에서 기존 유사연구들과 차별성을 가진다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II항에서는 구조적 VAR 모형에 대한 추정과 이를 토대로 한 추가적인 분석기법에 대해 설명하고, III항에서는 표본자료와 실증분석 결과를 제시한다. 마지막으로 IV항에서는 결론과 시사점을 도출한다.

Ⅱ. 구조적 VAR 모형

특정 변수의 확률충격(stochastic innovation)이 관심 변수에 미치는 동태적인 영향을 파악하기 위해 충격반응함수(impulse response function, IRF)나 예측오차분산분해(forecast error variance decomposition, FEVD)를 널리 활용한다. IRF나 FEVD를 추정하기 위해서는 복수의 시계열을 동시에 모형화할 수 있는 벡터자기회귀모형(vector autoregressive model, VAR)을 사용하게 된다.

그런데 축약형(reduced form) VAR 모형을 추정하게 되면 관심 대상 변수들의 나열 순서에 따라 IRF나 FEVD의 결과가 달라질 수 있다는 문제가 발

생한다. 이러한 변수의 임의적인 나열 문제에 대한 해결책으로 Sims(1986), Bernanke(1986), Blanchard and Quah(1989) 등은 구조적 VAR 모형을 제시하였다. 이러한 구조적 VAR 모형의 핵심은 관심 대상 변수 사이에 경제이론에 부합하는 인과관계를 가정한다는 것이다.

이제 구조적 확률오차를 식별해 내기 위해, 다음과 같이 구조적 VAR(p) 모형을 설정하자. 일반적인 n-차원 벡터 $y_t = (y_{1t}, y_{2t}, \ldots, y_{nt})'$가 있다고 가정하며, p-차 VAR 모형은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$By_t = c + A_1 y_{t-1} + A_2 y_{t-2} + \cdots + A_p y_{t-p} + u_t \qquad (1)$$

단, $B = \begin{bmatrix} 1 & b_{12} & b_{13} \ldots b_{1n} \\ b_{21} & 1 & b_{23} \ldots b_{2n} \\ \ldots & \ldots & \ldots \ldots \ldots \\ b_{n1} & b_{n2} & b_{n3} \ldots 1 \end{bmatrix}$

$$c = (c_1, c_2, \ldots, c_t)'$$

$$A_j = \begin{bmatrix} a_{11j} & a_{12j} \ldots a_{1nj} \\ a_{21j} & a_{22j} \ldots a_{2nj} \\ \ldots & \ldots \ldots \ldots \\ a_{n1j} & a_{n2j} \ldots a_{nnj} \end{bmatrix}, \; j = 1, 2, \ldots, p$$

$$u_t = (u_1, u_2, \ldots, u_t)'$$

$$E(u_t) = 0$$

$$E(u_t {u_s}') = \begin{cases} \Sigma, t = s \\ 0, \; t \neq s \end{cases}$$

식 (1)의 양변에 B^{-1}을 곱하면

$$y_t = B^{-1}c + B^{-1}A_1 y_{t-1} + B^{-1}A_2 y_{t-2} + \cdots + B^{-1}A_p y_{t-p} + B^{-1}u_t \quad (2)$$
$$= \zeta_0 + \zeta_1 y_{t-1} + \zeta_2 y_{t-2} + \cdots + \zeta_p y_{t-p} + \epsilon_t$$

단, $E(\epsilon_t) = 0$이고, $E(\epsilon_t \epsilon_s') = \Omega$이다.

구조적 확률오차를 식별하기 위해서는 식 (2)로 표현한 축약형 VAR 모형을 추정한 뒤 식 (1)의 구조적 VAR 모형의 파라미터와 $\epsilon_t = B^{-1}u_t$의 관계를 이용하면 된다. 다음으로, 추정된 $\hat{A}$와 $\hat{B}$를 이용하여 구조적 VAR 모형을 벡터이동평균모형(vector moving-average model, VMA)으로 변환할 수 있고, 이러한 VMA는 IRF나 FEVD 등과 같은 추가적인 분석의 기초가 된다.

FEVD[3]를 확장한 개념으로 역사적 요인분해(historical decomposition, HD)를 고려할 수 있다. HD는 과거와 현재 발생한 구조적 충격이 유형별로 현재 시계열자료의 변동에 어느 정도 영향을 미쳤는지를 파악하는 것이다. 즉, 기준시점인 t_0시점과 τ시점 사이에 발생한 변수 y_j의 구조적 충격이 τ시점의 변수 y_i에 미친 영향은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$HD_{i,j,t+\tau} = \sum_{h=0}^{\tau} \frac{\partial y_{i,t+h}}{\partial u_{j,t}} u_{j,t+\tau-h} \quad (3)$$

또한 τ시점에서 변수 y_i의 변동에 대한 변수 y_j의 충격이 기여한 비율은 다음과 같이 도출할 수 있다.

3) FEVD는 직교오차(orthogonal errors)의 각 구성요소들이 오차제곱평균(mean squared error, MSE)에 얼마만큼씩 기여하는가를 측정하는 것이다. 즉, 특정 변수의 일정 기간 이후 예측오차분산 혹은 변동이 자기 자신과 다른 변수에 의하여 설명되는 비율을 나타낸 것이다.

$$contrib(HD_{i,j,t+\tau}) = \frac{HD_{i,j,t+\tau}}{\sum_{j=1}^{k} HD_{i,j,t+\tau}},\ i = 1,2,...,k \quad (4)$$

Ⅲ. 표본자료 및 실증분석 결과

1. 표본자료

본 연구에서는 전력시장에서 석탄가격, 천연가스가격, 대미환율 등과 같은 요인별 충격에 따른 SMP의 반응을 실증적으로 분석하는 데 주된 목적이 있다. 먼저 석탄가격(COAL)은 호주 뉴캐슬(Newcastle)에서 생산되는 유연탄의 FOB 기준 가격을 사용한다. 천연가스가격(GAS)은 인도네시아산 LNG의 일본 도착도 가격을 활용한다. 이들 산지에서 생산된 발전용 연료가격은 우리나라를 포함하여 동북아지역의 대표가격으로 볼 수 있다. 이들 시계열자료는 국제통화기금(IMF)의 기초상품가격(Primary Commodity Prices) 데이터베이스를 통해 수집하였다.[4] 또한 이들 에너지가격을 실질화하기 위해 경제협력개발기구(OECD)에서 제공하는 G20 국가들의 소비자물가지수(CPI)를 활용한다.[5] 대미환율(USD)은 미국 달러당 원화로 표시된 환율자료로서, 한국은행 경제통계시스템(ECOS)으로부터 수집하였다.[6] 유연탄과 천연가스는 전량 수입에 의존하기 때문에 환율의 변동이 실질적으로 SMP 변동에 주요한 원인으로 볼 수 있다. 마지막으로 도매전력가격으로서 계통한계가격(SMP)은 한국전

4) www.imf.org/external/np/res/commod/index.aspx
5) stats.oecd.org
6) ecos.bok.or.kr

력거래소(KPX)로부터 수집하였고, 이를 실질화하가 위해 ECOS로부터 수집한 국내 소비자물가지수를 활용한다.[7)]

모든 자료는 월간 평균값이고, 분석 대상 기간은 2001년 4월부터 2015년 12월까지 총 177 개월이다. <표 1>은 이들 표본자료의 기초 통계량을 정리한 것이다. Bera-Jarque 검정 통계치를 활용한 정규성 검정 결과에 따르면, 대미환율 변수를 제외한 나머지 3개 변수는 유의수준 1%에서 정규분포를 따르지 않는 것으로 나타난다. 참고로, [그림 1]은 이들 표본 시계열자료의 추이를 보여준다. 이들 그림에서 알 수 있듯이, 모든 시계열들의 변동성이 매우 크다는 것을 알 수 있다. 또한 모든 변수들이 대체로 2008년까지 지속적으로 상승하다가 2008년을 기점으로 급락하는 상황이 발생하였다. 또한 대미환율을 제외하고 2009년 이후 이들 가격은 지속적으로 상승하다가 최근까지 하락하고 있다.

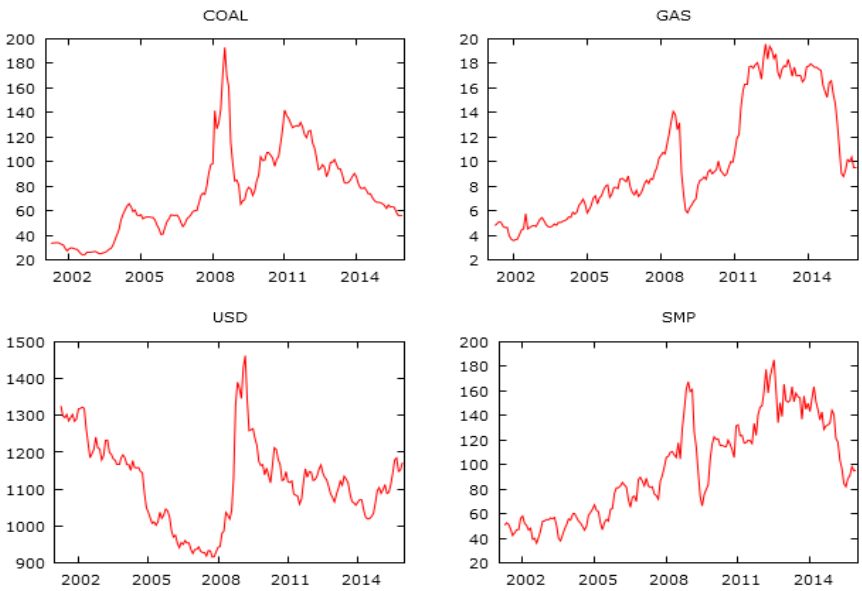
〈표 1〉 표본자료의 기초 통계량

통계량	COAL	GAS	USD	SMP
평균	75.96	10.28	1119.94	100.48
표준편차	32.43	3.79	115.56	32.77
최대값	201.11	18.24	1461.98	175.51
최소값	31.09	4.71	915.86	45.96
왜도	1.02	0.57	0.27	0.30
첨도	4.23	1.96	2.82	2.05
정규성	41.92	17.47	2.43	9.28
표본수	177	177	177	177

1) COAL과 GAS는 2010년 100 기준 G20 국가 CPI로, SMP는 한국 CPI로 실질화한 값임.
2) 정규성 검정은 Bera-Jarque 검정 통계량을 활용한 것임.

7) epsis.kpx.or.kr

[그림 1] 표본 시계열자료의 추이



2. 실증분석 결과

본 연구에서는 개별 시계열자료의 안정성(stationarity)을 확인하기 위해 단위근(unit root) 검정을 실시한다. <표 2>는 ADF(Augmented Dickey-Fuller) 검정 기법을 활용한 단위근 검정 결과를 정리한 것이다. 이 표에서 알 수 있듯이, 모든 변수의 수준(level) 형태에서는 단위근이 존재하여 불안정한 것으로 나타났다. 따라서 불안정한 시계열을 안정적으로 만들기 위해 원자료를 로그차분(log difference)한 결과, 1% 유의수준에서 모든 변수가 안정적인 것으로 나타난다.

〈표 2〉 수준 및 로그차분 변수에 대한 단위근 검정 결과

변수	수준		로그차분	
	상수	상수 + 추세	상수	상수 + 추세
COAL	-2.04	-1.72	-4.03***	-4.35***
GAS	-1.82	-1.94	-7.05***	-7.07***
USD	-2.63*	-2.53	-9.10***	-9.15***
SMP	-1.30	-0.53	-7.64***	-7.74***

1) 수준 형태의 변수는 원자료를 소비자물가지수로 실질화한 값을 사용함.
2) *, **, ***은 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 통계적으로 유의함.

앞서 논의한 바와 같이 축약형 VAR로부터 구조적 충격을 식별하기 위해서는 추가적으로 단기 혹은 장기 제약조건을 부과할 필요가 있다. 4개의 내생변수를 포함하는 축약형 VAR 모형에서 식별할 수 있는 파라미터의 수는 26개인데, 32개의 미지수가 존재한다. 따라서 추정된 축약식으로부터 구조식을 복원하기 위해서는 최소한 6개 이상의 제약조건이 필요하다.

본 연구에서는 4개의 내생변수를 동시에 모형화하는데, 구조적 충격(u_t)을 식별하기 위하여 다음과 같은 영의 제약조건을 부과한다.

$$\epsilon_t = \begin{bmatrix} \epsilon_{1t} \\ \epsilon_{2t} \\ \epsilon_{3t} \\ \epsilon_{4t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ b_{31} & b_{32} & 1 & 0 \\ b_{41} & b_{42} & b_{43} & 1 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} u_{1t} \\ u_{2t} \\ u_{3t} \\ u_{4t} \end{bmatrix} \tag{5}$$

여기서, $b_{ij} = 0$이라는 제약은 변수 j의 구조적 충격에 대해 변수 i의 누적된 반응이 장기적으로 없다는 의미이다. 또한 u_{1t}는 석탄가격 충격, u_{2t}는 천연가스가격 충격, u_{3t}는 대미환율 충격, 그리고 u_{4t}는 SMP의 고유 충격을 나타낸다.

식 (5)의 제약조건에 따르면, 석탄시장의 변동은 석탄시장 고유의 충격에

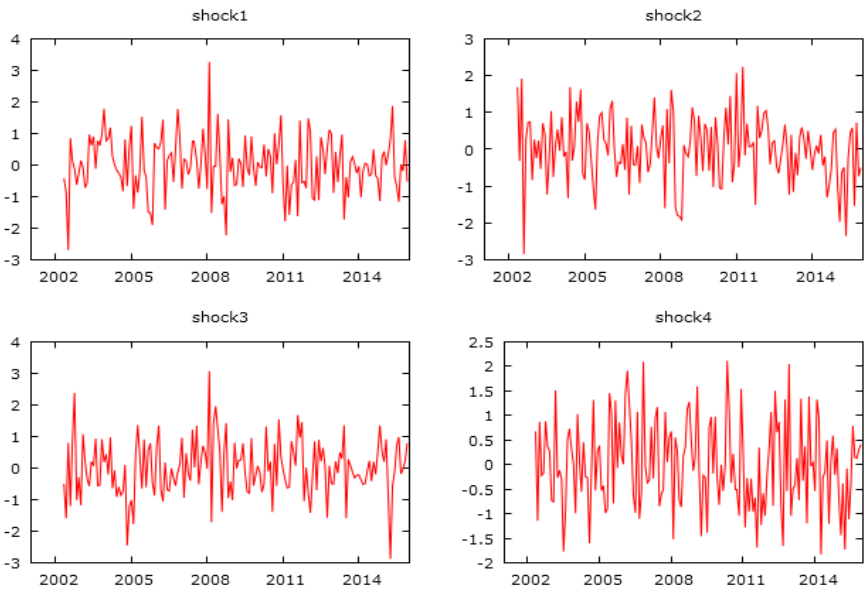
의해서만 영향을 받는다고 가정한다. 즉, $b_{12} = b_{13} = b_{14} = 0$이다. 천연가스시장의 변동 또한 천연가스시장 고유의 충격에 의해서만 영향을 받는다고 가정한다. 즉, $b_{21} = b_{23} = b_{24} = 0$이다. 비록 석탄시장과 천연가스시장 사이에는 어느 정도의 인과관계가 있다고 볼 수 있지만 본 연구에서는 이들 시장간에도 인과관계가 없다고 가정한다. 대미환율의 변동은 석탄시장, 천연가스시장, 그리고 대미환율 고유의 충격에 따라 영향을 받는다고 가정한다. 즉, $b_{34} = 0$. 마지막으로 SMP의 변동은 석탄시장, 천연가스시장, 대미환율, 그리고 SMP 고유의 충격에 따라 영향을 받는다고 가정한다.

축약형 VAR 모형에 기초한 추정에서는 변수들의 적정 시차(p)를 선택하여야 한다. Hamilton and Herrera(2004)에 따르면, 분석 대상에 관한 사전적인 정보가 전무한 경우에는 아카이케 정보기준(AIC)이나 슈와츠 기준(SC)을 활용하는 것이 바람직하지만 관련 정보가 있는 경우에는 이를 활용하는 것이 보다 타당하다고 지적하였다. Lee and Ni(2002) 등 관련 논문에서도 월간 자료의 경우 12개월, 분기 자료의 경우 4분기로 설정하였다. 이러한 논의를 바탕으로 월간 표본자료를 활용하는 본 연구에서도 12개월의 시차를 적용하기로 한다.

축약형 VAR 모형은 최우(maximum likelihood, ML) 추정기법을 활용하지 않더라도 VAR 모형에 포함된 4개의 방정식에 단순최소자승(ordinary least squares, OLS) 추정기법을 활용하여 일치성과 효율성을 확보하는 추정량을 얻을 수 있다(김명직·장국현, 2002). 또한 이들 추정량은 점근적으로 정규분포하는 것으로 알려져 있다.

[그림 2]는 OLS 추정 결과를 토대로 $\epsilon_t = \hat{B}^{-1} u_t$ 관계로부터 4개의 구조적 충격을 도출한 결과를 보여준다. 이들 그림에서 알 수 있듯이, 4개 변수의 구조적 충격은 시기별로 상이하게 나타나고 있다.

[그림 2] 구조적 충격의 추이



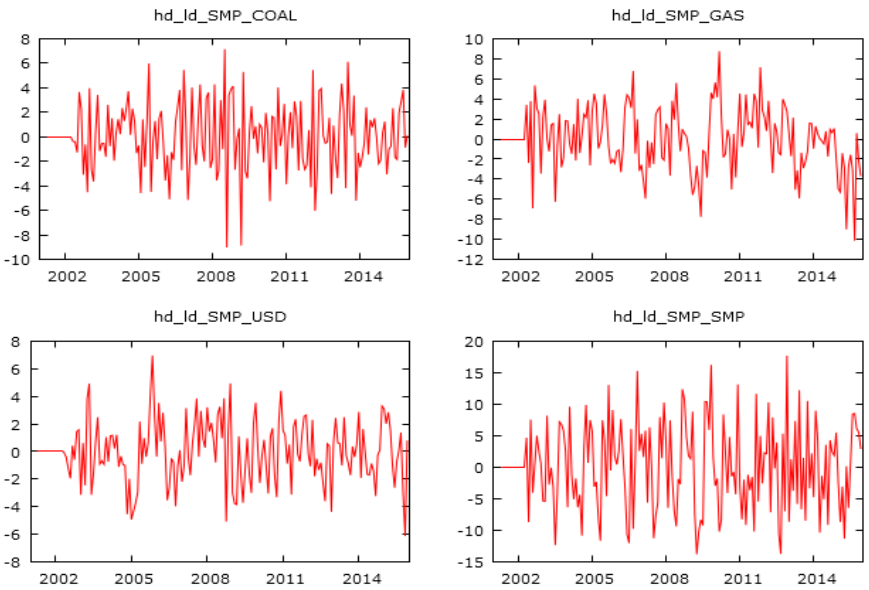
주: shock1(석탄시장 충격), shock2(천연가스시장 충격), shock3(대미환율 충격), shock4 (SMP의 고유 충격)

이제 석탄시장, 천연가스시장, 그리고 대미환율의 요인별 충격이 SMP 변동에 미치는 영향에 대해 살펴보자. [그림 3]은 SMP 변동에 대한 역사적 요인분해 결과를 나타낸 것이다. 즉, 앞서 논의한 바와 같이 역사적 요인분해란 추정된 구조적 VAR 모형을 이용하여 과거와 현재의 요인별 충격이 현재의 SMP 변동에 미치는 영향을 누적적으로 추산하는 방식을 말한다. 이들 그림에서 각각의 구조적 충격에 따른 SMP 변동은 SMP의 상승을 유발하는 경우 양(+)의 충격으로, 하락을 유발하는 경우 음(-)의 충격으로 나타나고 있다.

[그림 4]는 SMP 변동에 대한 여타 구조적 충격의 기여율을 기간별 평균하여 정리한 것이다. 여기서, 기간은 첫 번째로 2002년 5월부터 2008년 12월까지의 상승 기간, 두 번째로 2009년 7월부터 2012년 7월까지의 상승 기간, 그리고 세 번째로 2012년 8월부터 2015년 12월까지의 하락 기간 등으로 구분한

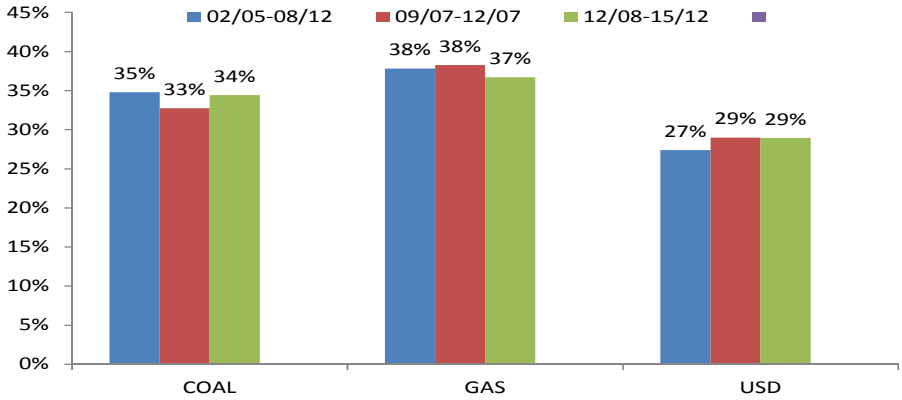
다. 기여율은 앞서 구조적 VAR 모형을 이용하여 SMP의 변동을 요인별로 분해하고 이들 기여도의 절대값을 합한 후 각 요인이 차지하는 비중을 기간별로 평균하여 산출한 것이다. 따라서 요인별 기여율의 합은 100이 된다. 또한 SMP 변동의 여타 요인별 충격에 따른 영향만을 살펴보기 위해 SMP의 고유충격을 제외한다. 그림에서 알 수 있듯이, 기간별로 조금 변화는 있지만 SMP 변동에 영향을 미친 요인은 천연가스시장(37~38%), 석탄시장(33~35%), 그리고 대미환율(27~29%)의 순서로 나타난다.

[그림 3] SMP 변동에 대한 역사적 요인분해



주: hd_ld_SMP_COAL(석탄시장 충격에 따른 SMP 변동), hd_ld_SMP_GAS(천연가스시장 충격에 따른 SMP 변동), hd_ld_SMP_USD(대미환율 충격에 따른 SMP 변동), hd_ld_SMP_SMP(SMP 자체 충격에 따른 SMP 변동)

[그림 4] 기간별 SMP 변동에 대한 여타 구조적 충격의 기여율



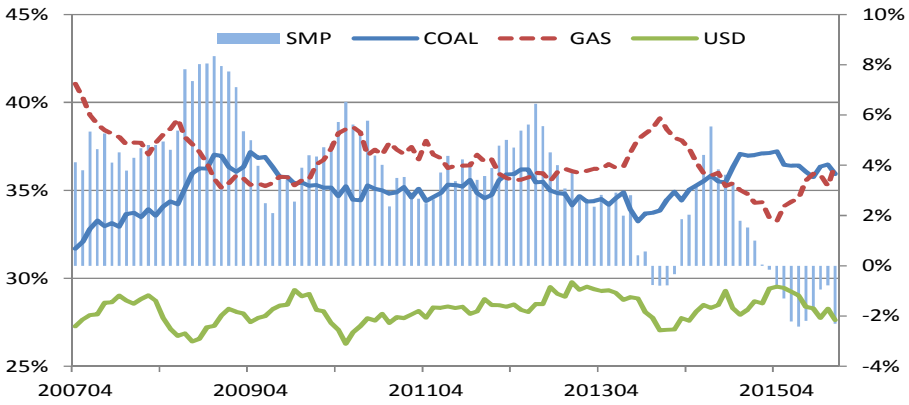
주: SMP 변동에 대한 SMP 고유의 충격, 즉 자기 충격은 기여율에서 제외함.

[그림 5]는 SMP 변동의 방향과 여타 구조적 충격의 기여율이 시간이 경과함에 따라 어떻게 변화하는지를 보여준다. SMP 변동의 방향은 로그차분한 실질 SMP를 이동구간별로 평균한 값인데, 양수와 음수는 각각 해당 기간 상승추세와 하락추세를 의미한다. 여타 구조적 충격의 기여율은 x축에 표시된 각 시점을 포함하여 직전 60개월 기간의 기여율을 이동평균 방식으로 산출한 값이다. 그림에서 알 수 있듯이, SMP 변동에 영향을 미치는 요인별 충격의 크기는 천연가스시장, 석탄시장, 그리고 대미환율의 순서로 나타난다. 흥미로운 사실은 SMP 변동에 대한 석탄시장과 천연가스시장에서 충격의 기여율이 반대 방향으로 나타난다는 것이다. 다시 말해, SMP가 상승하거나 하락하는 추세에서 석탄시장의 충격 기여율이 높거나 낮은 반면 천연가스시장의 충격 기여율은 낮거나 높다는 의미이다.

<표 3>은 SMP 변동의 방향과 여타 구조적 충격의 기여율 변화 사이의 관계를 좀 더 명확히 알아보기 위해 이들 변수간의 상관관계를 정리한 것이다. 표에서 알 수 있듯이, SMP 변동의 방향과 석탄시장과 대미환율 충격의 기여율은 반대 방향으로 움직인다. 즉, SMP가 상승(하락)하는 추세에서 석탄시장과 대미환율 충격의 기여율은 감소(증가)한다는 의미이다. 반면 SMP 변동의

방향은 천연가스시장 충격의 기여율과 양의 상관계수를 나타낸다. 이로써 SMP가 상승(하락)하는 추세에서 천연가스시장 충격의 기여율은 증가(감소)한다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 SMP가 상승하는 추세에서 첨두 발전원의 연료인 천연가스의 가격 충격이 기저 발전원의 연료인 석탄 가격의 충격보다 상대적으로 높은 비중을 차지한다는 의미로 해석할 수 있다. 전력시장에서 거래구조의 특성상 SMP가 상승하면서 첨두 발전원인 천연가스 발전기가 SMP를 결정하는 횟수가 증가하는 현상과도 일관성을 가진다.

[그림 5] SMP 변동의 방향과 여타 구조적 충격의 기여율 추이



1) 개별 구조적 충격의 기여율은 x축에 표시된 각 시점 포함 직전 60개월 이동평균 값임.
2) 막대로 표시한 SMP는 로그차분한 실질 SMP를 이동구간별로 평균한 값임.

〈표 3〉 SMP 변동의 방향과 여타 구조적 충격의 기여율간의 상관관계

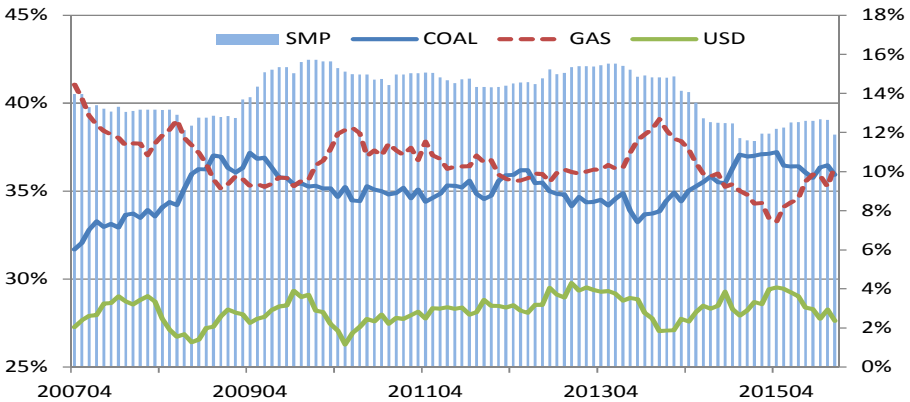
구분	COAL	GAS	USD	SMP
COAL	1.000	-0.839	-0.002	-0.087
GAS	-0.839	1.000	-0.543	0.237
USD	-0.002	-0.543	1.000	-0.301
SMP	-0.087	0.237	-0.301	1.000

주: SMP는 로그차분한 실질 SMP를 이동구간별로 평균한 값임.

이제 SMP 변동의 방향 대신 SMP 변동의 크기와 여타 구조적 충격의 기여율 사이의 관계를 살펴보도록 한다. [그림 6]은 [그림 5]와 마찬가지로 이들 변수를 이동구간별로 나타낸 것이다. SMP 변동의 크기는 실질 SMP를 이동구간별로 연율 표시 변동성으로 나타낸 값이다. 즉, 실질 SMP를 로그차분하고, 이동구간별로 표준편차를 구하여 $\sqrt{12}$ 를 곱한 값이다.

<표 4>는 이들 변수간의 관계를 정량적으로 파악하기 위해 상관계수를 정리한 것이다. 표에서 알 수 있듯이, SMP 변동성과 석탄시장 충격의 기여율은 음의 관계인 반면 천연가스시장과 대미환율 충격의 기여율은 양의 관계를 나타낸다. 이로써 SMP 변동성이 증가하는 추세에서는 석탄시장 충격의 기여율은 감소하는 반면 천연가스시장과 대미환율 충격의 기여율은 상대적으로 증가한다. SMP가 상승(하락)하는 것과 이의 변동성이 증가(감소)하는 것은 일치하지는 않을 수 있다. 그럼에도 불구하고, SMP가 상승하는 추세에서 이의 변동성도 함께 증가할 수 있다. 이러한 시기에는 천연가스시장의 충격 기여율이 석탄시장의 충격 기여율보다 상대적으로 우위를 차지한다고 해석할 수 있다. 물론 SMP가 하락하는 추세에서 이의 변동성은 감소하게 되고, 이러한 시기에는 석탄시장의 충격 기여율이 상대적으로 높아지게 된다.

[그림 6] SMP 변동의 크기와 여타 구조적 충격의 기여율 추이



1) 개별 구조적 충격의 기여율은 x축에 표시된 각 시점 포함 직전 60개월 이동평균 값임.

2) 막대로 표시한 SMP는 실질 SMP를 이동구간별로 연율 표시 변동성으로 나타낸 값임.

〈표 4〉 SMP 변동의 크기와 여타 구조적 충격의 기여율간의 상관관계

구분	COAL	GAS	USD	SMP
COAL	1.000	-0.839	-0.002	-0.335
GAS	-0.839	1.000	-0.543	0.242
USD	-0.002	-0.543	1.000	0.071
SMP	-0.335	0.242	0.071	1.000

주: SMP는 실질 SMP를 이동구간별로 연율 표시 변동성으로 나타낸 값임.

Ⅳ. 결론 및 시사점

본 연구는 구조적 VAR 모형을 활용하여 국제 에너지시장과 환율 등의 요인별 충격에 따른 국내 전력가격의 반응을 실증적으로 분석하였다. 표본 자료로는 호주산 석탄가격, 인도네시아산 천연가스가격, 대미환율, 그리고 계통한계가격(SMP)을 사용하였고, 분석 대상 기간은 2001년 4월부터 2015년 12월까지이다.

구조적 VAR 모형을 추정하고, 이로부터 SMP 변동에 대한 역사적 요인분해 결과를 이용하여 전력시장의 요인별 충격의 기여율을 기간별로, 그리고 각 시점별로 이동평균하여 산출하였다. 실증분석 결과에 따르면, SMP 변동에 영향을 미치는 요인별 충격의 크기는 천연가스시장, 석탄시장, 그리고 대미환율의 순서로 나타났다. 또한 SMP 변동에 대한 석탄시장과 천연가스시장에서 충격의 기여율이 반대 방향으로 나타났다.

보다 세부적으로 살펴보면, SMP 변동의 방향은 석탄시장과 대미환율 충격의 기여율과 반대 방향으로 움직이는 반면 천연가스시장 충격의 기여율과 양의 상관계수를 보여준다. 한편 SMP 변동성의 크기는 석탄시장 충격의 기여

율과 음의 관계인 반면 천연가스시장과 대미환율 충격의 기여율과는 양의 관계를 나타낸다. 이러한 결과는 전력시장에서 SMP의 가격결정 구조와도 연계성이 있다. 즉, SMP가 상승하는 시기와 이의 변동성이 커지는 시기에는 천연가스시장의 충격이 석탄시장의 충격에 비해 SMP 변동에 기여하는 비중이 상대적으로 높다는 것을 확인할 수 있다.

접수일(2017년 1월 4일), 게재확정일(2017년 2월 8일)

◎ 참 고 문 헌 ◎

김명직·장국현,「금융시계열분석」, 경문사, 2002.

박민혁·문양택·박중구, “전력계통한계가격(SMP)과 기저발전비율, LNG도입가격, 환율 간 인과관계 분석”, 조명・전기설비학회논문지, 27, 2014, pp.97-105.

신동현·김재혁, “전력 발전시장의 충격식별과 계통한계가격 변동성 분석: 전력수요 예측오차 충격을 중심으로”, 응용경제 제17권 제2호, 2015, pp. 121-166.

채영진, “천연가스가격과 계통한계가격 간 인과관계 분석”, 서울과학기술대학교 에너지환경대학원, 박사학위논문, 2014.

한국전력거래소,「정산규칙 해설서」, 2009.

한국전력거래소,「전력시장운영규칙」, 2014

Asche, F., P. Osmundsen and M. Sandsmark, "The UK Market for Natural Gas, Oil and Electricity: Are the Prices Decoupled?" Energy Journal, 27, 2006, pp. 27-40.

Bernanke, B., “Alternative Explanations of the Money-Income Correlation,” Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy 25, 1986, pp. 49-100.

Blanchard, O. and D. Quah, “The Dynamic Effects of Aggregate Demand and Supply Disturbances," American Economic Review, 79, 1989, pp. 654-673.

Chae, Y., M. Kim and S. Yoo, “Does Natural Gas Fuel Price Cause System Marginal Price, Vice-versa, or Neither? A Causality Analysis,” Energy, 47, 2012, pp.199-204

Emery, G. and Q. Liu, "An Analysis of the Relationship between Electricity and Natural-Gas Futures Prices," Journal of Futures Markets, 22, 2002, pp. 95-122.

Furió, D. and H. Chuliá, "Price and Volatility Dynamics between Electricity and Fuel Costs: Some Evidence for Spain," Energy Economics, 34, 2012, pp. 2058-2065.

Hamilton, J. and A. Herrera, “Oil Shocks and Aggregate Economic Behavior: The Role of Monetary Policy: Comment,” Journal of Money, Credit, and Banking, 36, 2004, pp.

265-286.

Lee, K. and S. Ni, “On the Dynamic Effects of Oil Price Shocks: A Study Using Industry Level Data,” Journal of Monetary Economics, 49, 2002, pp. 823-852.

Mjelde, J. and D. Bessler, "Market Integration among Electricity Markets and Their Major Fuel Source Markets," Energy Economics, 31, 2009, pp. 482-491.

Mohammadi, H., "Electricity Prices and Fuel Costs: Long-Run Relations and Short-Run Dynamics," Energy Economics, 31, 2009, pp. 503-509.

Muñoz, M. and D. Dickey, "Are Electricity Prices Affected by the US Dollar to Euro Exchange Rate? The Spanish Case," Energy Economics, 31, 2009, pp. 857-866.

Serletis, A. and A. Shahmoradi, "Measuring and Testing Natural Gas and Electricity Markets Volatility: Evidence from Alberta's Deregulated Markets," Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics, 10, 2006. pp. 1-20.

Sims, C., “Are Forecasting Models Usable for Policy Analysis?” Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review 10, 1986, pp. 2-15.

ABSTRACT

The Historical Decomposition of South Korea's Electricity Market Prices

Won-Cheol Yun*

This study empirically analyzes the responses of electricity prices to the shocks from international energy markets and exchange rate. For this purpose, a structural VAR model is adopted using the data of Australian coal prices, Indonesian natural gas prices, the exchange rates of Korean won to US dollar, and system marginal prices (SMP). The monthly sample covers the period from April 2001 to December 2015. According to the empirical results, the shock magnitudes for explaining the SMP fluctuations are revealed in order as natural gas market, coal market, and exchange rate. The shock contributions of coal and natural gas markets turn out to be opposite. Additionally, the shock contribution of natural gas market would be higher than that of coal market when SMP and its volatility are increasing.

Key Words : Structural VAR Model, Electricity Market, System Marginal Prices

* Professor, Dept. of Economics and Finance, Hanyang University. wcyun@hanyang.ac.kr