Analysis on the Effect of Complex Hedging for Coal Price and Ocean Freight Rate

YUN, Won-Cheol

<Abstract>

This study suggests a complex procurement hedge model for the domestic generation company that simultaneously considers the risk factors of coal price and ocean freight rate. In addition, it analyses the superiority of the complex hedge model compared to the conventional one in terms of procurement return stabilization. According to the ex-post and the ex-ante empirical results, a separate hedge could stabilize the return flow, but the complex hedge would give a better result in terms of hedging effectiveness. Thus, one could improve hedging effects by fully considering the inherent variance-covariance relationship between coal price and ocean freight rate.

JEL classification : C13, D81, F31, G32

Keywords : Separate Hedge, Complex Hedge, Hedging Effectiveness

석탄가격과 해상운임에 대한 복합헤징의 효과 분석

윤 원 철*

<초 록>

본 연구에서는 해외로부터 유연탄을 수입하는 국내 발전회사를 대상으로 석탄가격과 해상운임의 복수 위험요소를 동시에 고려하는 복합헤징모형을 한다. 또한 제시된 모형이 기존 모형에 비해 조달수익흐름의 안정화 측면에서 우월한지 여부를 검정한다. 사후적 분석과 사전적 분석의 결과에 따르면 위험요소를 분리하여 개별적으로 헤징하는 것이 수익흐름을 안정화시킬 수 있다. 하지만 이러한 분리헤징 형태에 비해 복합헤징 형태로 헤징할 경우 조달수익흐름의 표준편차를 크게 감소시킬 수 있다. 이로써 석탄가격과 해상운임 사이에 존재하는 분산-공분산 관계를 충분히 활용할 수 있는 복합헤징이 기존 헤징방식에 비해 우월하다는 것을 확인할 수 있다.

JEL 분류 : C13, D81, F31, G32

Keywords : 분리헤징, 복합헤징, 헤징효율성

* 한양대학교 경제금융학부 부교수(wcyun@hanyang.ac.kr)

I. 서 론

최근 전세계적으로 유연탄 가격이 급격히 변동하는 상황에서 발전용과 산업용 유연탄을 전량 수입하는 우리나라의 입장에서 공급안정성을 유지하면서 조달비용을 절감할 수 있는 방안이 절실하다. 2006년 한해 동안 연료탄으로 5,442만톤, 원료탄으로 1,647만톤 등 총 7,089만톤의 유연탄을 수입하였고, 금액으로 4조원 이상이다. 2007년 4월 기준으로 발전용 유연탄의 국제 시세는 평균 톤당 56달러로 지난해 평균 52.5달러에 비해 6.7% 상승했다. 이와 함께 해상운임이 지난해에 비해 30% 정도 증가했다. 문제의 심각성은 국내 유연탄 수요가 당분간 지속적으로 증가한다는 전망에 있다.

해외로부터 유연탄을 조달할 경우 유연탄 가격뿐 아니라 실질적으로 해상운임의 변동위험에 노출되어 있다. 따라서 이들 위험요소의 변동위험에 대비하기 위해 위험관리 기법을 활용한 조달방안이 필요하다. 본 연구에서는 국내로 수입되는 유연탄을 대상으로 석탄가격과 해상운임의 두 가지 위험요소를 동시에 고려하여 위험관리할 수 있는 조달모형을 제시한다. 이와 함께 시뮬레이션을 통해 본 연구에서 제시된 위험관리 방식이 기존 방식에 비해 조달수익의 안정화 측면에서 우월한지 여부를 정량적으로 분석한다.

헤징과 관련된 대부분의 기존 연구에서는 개별 위험에 대한 헤지비율을 추정하고 이를 활용하여 헤징효율성을 산출한다. 상품가격과 환율 등 복수의 위험요소를 동시에 고려하여 헤징하는 경우 헤지비율을 추정하는 작업은 보다 복잡해질 수 있다. 또한 복수의 위험요소들 사이의 상관관계를 명시적으로 고려할지 여부에 따라 헤지비율이 상이해지고, 이로써 헤징효율성 측면에서 차이가 날 수 있다.

복수의 선물계약을 동시에 고려하여 최적의 헤지비율을 추정하는 기법과 관련하여 다양한 형태의 포트폴리오 모형이 제시된 바 있다(Benninga et al., 1985; Bond et al., 1985; Alexander et al., 1986; Peterson and Leuthold, 1987; Thompson and Bond, 1987; Tzang and Leuthold, 1990; Garcia et al., 1995). 국내 연구로는 주로 원유의 수입 혹은 원유의 수입과 석유제품의 수출과 관련하여 석유가격과 환율의 변동위험을 동시에 고려하는 헤징모형이 제시된 바 있다(노재선 · 윤원철 · 김수덕, 1998; 윤원철, 1998, 2000).

최근에 와서는 다양한 형태의 헤징수단을 활용하여 자국 기업이 복수의 위험요소를 헤징할 수 있는 기법이 제시된 바 있다(Fackler and McNew, 1993; Lapan and Moschini, 1994; Vukina et al., 1996; Li and Vukina, 1998; Liu et al., 2001). 이와 함께 본 연구에서와 같이 해상운임의 변동위험을 함께 고려한 헤징모형이 제시되기도 하였다(Hauser and Neff, 1993; Haigh and Holt, 2000, 2002).

본 논문의 구성은 다음과 같다. II. 절에서는 석탄가격과 해상운임의 복수 변동위험을 고려한 헤징모형을 설명한다. III. 절에서는 본 연구에서 사용된 표본자료와 실증분석 결

과를 제시한다. IV. 절에서는 상기 내용을 요약하고 결론을 도출한다.

II. 헤지비율 도출 및 추정

1. 헤지비율의 도출

본 연구에서는 해외로부터 유연탄을 수입하는 국내 발전회사가 석탄가격과 해상운임의 두 가지 가격변동 위험에 노출되어 있다고 가정한다. 그리고 발전회사는 이들 위험요소를 선도시장을 활용하여 적절히 관리하고자 한다. 평균-분산 접근방식(mean-variance approach)에 근거하여 발전회사는 아래와 같이 기대효용을 최대화하고자 한다. 그리고 일정 조건하에서 기대효용 최대화는 위험기피도(λ)로 조정된 위험을 고려한 기대수익을 최대화하는 것과 동일하다. 기대수익을 최대화하는 목적함수에서 선택변수는 두 가지 위험요소에 대한 선도포지션의 비율, 즉 석탄가격 헤지비율(b_1)과 해상운임 헤지비율(b_2)이다.

$$\max_{b_1, b_2} E(U_t) = \max_{b_1, b_2} \left[E(\pi_t | \Omega_{t-i}) - \gamma_t - \frac{\lambda}{2} var(\pi_t | \Omega_{t-i}) \right] \quad (1)$$

t 시점에서 두 가지 위험요소를 고려한 발전회사의 수입 유연탄 1톤에 대한 조달수익은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\pi_t = -G_t - R_t + b_1(C_t - C_{t-i}) + b_2(B_t - B_{t-i}) - \gamma_t \quad (2)$$

여기서,

G_t = t 시점의 유연탄 현물가격,

R_t = t 시점의 해상운임 현물가격,

C_t, C_{t-i} = t 및 $t-i$ 시점의 유연탄 선도가격,

B_t, B_{t-i} = t 및 $t-i$ 시점의 해상운임 선도가격, 그리고

γ_t = t 시점의 (파생상품거래 관련) 톤당 거래비용.

$t-i$ 시점은 발전회사가 t 시점에서의 실제 유연탄 수입을 위해 계획을 수립하는 시점이다. $t-i$ 시점에서 발전회사는 t 시점의 석탄가격과 해상운임의 수준에 대해 불확실하다. 따라서 선도시장을 통해 이들 불확실한 미래 가격을 현재 시점의 가격으로 고정시

키고자 한다. 즉 $t-i$에서 유연탄과 해상운임을 기초상품으로 하는 선도시장에서 각각 매수포지션을 취하고, t 시점에서 매도포지션을 통해 반대매매를 실행하게 된다.

<부록>에서 도출된 대로, 2개 방정식으로 구성된 연립방정식을 풀면 석탄가격과 해상운임 사이의 상관관계를 고려한 최소분산 헤지비율은 아래와 같이 구할 수 있다.

$$b_1^* = \frac{H_{22}(H_{31}+H_{41})-H_{21}(H_{32}+H_{42})}{H_{11}H_{22}-H_{12}H_{21}} \tag{3}$$

$$b_2^* = \frac{H_{11}(H_{32}+H_{42})-H_{12}(H_{31}+H_{41})}{H_{11}H_{22}-H_{12}H_{21}} \tag{4}$$

여기서, 위험요소간 공분산과 분산의 비율인 $H_{ij}=\sigma_{ij}/\sigma_j^2$이고, $i=C(1),B(2),G(3),R(4)$, $j=C(1),B(2)$이다.

2. 복합 헤지비율의 추정

앞서 도출된 석탄가격과 해상운임의 두 가지 위험요소별 헤지비율을 추정하기 위해서는 $H_{ij}=\sigma_{ij}/\sigma_j^2$을 추정해야 한다. 그런데 H_{ij}는 각 위험요소별로 현물가격과 선도가격을 활용하여 분리된 형태로 추정하거나 모든 위험요소의 현물가격과 선도가격을 동시에 활용하여 복합된 형태로 추정할 수 있다. 본 연구에서는 전자의 경우를 분리헤징(separate hedging), 후자의 경우를 복합헤징(complex hedging)이라 정의한다. 분리헤징과 복합헤징의 차이는 결국 특정 위험요소와 다른 위험요소 사이의 분산-공분산 관계를 명시적으로 고려할지 여부에 달려 있다.[1)]

실증분석 측면에서 볼 때, H_{ij}를 추정하는 방식에 대한 이론적인 근거와 분산 및 공분산의 시간가변성 내지 안정성 가정 등은 중요하지 않을 수 있다. 관건은 위험요소별 헤지비율을 제대로 추정하여 조달수익흐름의 안정화, 즉 헤징효율성 기준에서 최선의 결과를 도출하는 것이다.

이제 추정과정을 설명하기 위해, 위험요소별 헤징기간 동안의 가격변화와 t 시점에서

1) 헤지비율의 추정과 관련하여 추가로 고려될 사항이 있다. 즉 시간불변(time-invariant) 분산-공분산과 시간가변(time-varying) 분산-공분산 가운데 어느 것을 선택할지 결정해야 한다. 이는 현물가격과 선물가격 혹은 선도가격의 수익률 분포에 대한 가정에 달려 있다. 전자의 경우 일반적으로 시간불변 OLS, VAR, ECM 등을 활용할 수 있고, 후자의 경우 ARCH나 GARCH 유형의 시간가변 분산-공분산 추정기법을 활용할 수 있다. 본 연구에서는 편의상 시간불변 분산-공분산을 OLS로 활용하여 추정하기로 한다.

의 가격수준을 아래와 같이 정의한다.[2)]

$$D_1 = C_tS_t - C_{t-i}S_{t-i}, \quad D_2 = B_tS_t - B_{t-i}S_{t-i},$$
$$D_3 = G_tS_t, \text{ 그리고 } D_4 = R_tS_t.$$

시간불변 OLS 추정방식으로 H_{ij}를 추정한다면 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$D_i = \hat{a} + \hat{H}_{ij}D_j + e \tag{5}$$

여기서, e는 오차항이다.

위험요소간 공분산과 분산의 비율에 대한 추정치인 $\hat{H}_{ij}$를 식 (3)과 (4)에 대입하면 복합헤징 방식으로 석탄가격과 해상운임의 최소분산 헤지비율을 구할 수 있다. 이에 상응하는 분리헤징 방식에 근거한 석탄가격과 해상운임의 헤지비율은 아래와 같이 개별적으로 추정할 수 있다.

$$D_3 = \hat{a}_1 + \hat{b}_1D_1 + e_1 \tag{6}$$
$$D_4 = \hat{a}_2 + \hat{b}_2D_2 + e_2 \tag{7}$$

III. 표본자료 및 실증분석 결과

1. 표본자료

본 연구에서는 표본자료로서 석탄가격, 해상운임, 환율 등의 현물가격과 선도가격을 활용한다. 표본기간은 2004년 1월부터 2007년 6월까지이고, 표본수는 총 181개 주간자료이다. 헤징기간으로 최장 12개월(52주)를 차분해야 하기 때문에 실제 조달수익을 산출하는 시뮬레이션에 포함된 표본수는 129 주간으로 감소된다. 본 연구에서 활용된 현물가격 자료는 석탄의 경우 FOB 기준 호주 Newcastle의 발전용 유연탄가격과 해상운임의 경우 호주 New South Wales에서 일본 사이의 석탄운반용 해상운임이다.

사전적(ex-ante) 분석을 위하여 내표본(in-sample)은 2004년 1월부터 2005년 3월까지, 외표본(out-of-sample)은 2005년 4월부터 2007년 6월까지로 구분한다. 사전적 분석에서는 순차적 추정표본 이동과정을 활용한다. 즉 내표본을 활용하여 헤지비율을 추정하고 이를 외표본의 첫 번째 관찰치에 적용한다. 다음으로 내표본의 첫 번째 관찰치를 제거하고 외

2) 본 연구에서는 조달헤징을 전제로 하기 때문에 현물가격에 대해서는 수준변수를, 선도가격에 대해서는 차분변수를 사용한다.

표본의 첫 번째 관찰치를 추가하여 새로운 내표본을 구성한다. 이 내표본을 활용하여 새로운 헤지비율을 추정한 다음 추정된 헤지비율을 외표본의 두 번째 관찰치에 대해 적용한다. 이러한 순차적 이동과정은 외표본의 마지막 관찰치에 적용된 헤지비율의 추정이 끝날 때까지 계속된다.

석탄가격 자료는 Platts의 International Coal Reports(ICR)를 통해 제공하는 매주 월요일 가격자료이다. ICR에는 세계 유연탄의 주요 생산지와 소비지 인근의 주요 항구를 대상으로 하는 FOB 혹은 CIF 기준 가격에 대한 평가치(assesment)를 제공하고 있다. 해상운임 자료는 Simpson Spence & Young Ltd.(SSY)에서 제공하는 Pacific Capesize급 매주 월요일 해상운임이다. SSY는 전세계에서 가장 큰 해운중개회사로 건화물선과 탱크선 등 각종 용선과 관련된 중개업무를 취급하면서 현물운임뿐 아니라 운임선물 관련 자료를 제공한다.

석탄의 선도가격은 3개월 만기의 선도가격이다. 여기서, 3개월 만기의 선도가격이란 3개월 이후 유연탄이 선적되는 시점의 가격을 현재 시점에서 판매자와 구매자간 체결한 가격을 의미한다. 유연탄의 경우 1년 이상의 장기계약(term contract)으로 구매하는 대신 현물구매(spot purchase)하는 경우라도 선적시점 이전 1개월에서 3개월 시점에서 계약을 체결하는 것이 일반적이다. 이러한 특성으로 석탄의 경우 현물가격은 종종 3개월 만기의 선도가격이 사용되기도 한다.

해상운임의 경우 선도가격의 실제 자료를 얻을 수 없었다. 따라서 현물가격과 선도가격 사이의 이론적인 관계를 활용하여 현물가격에 기초하여 선도가격을 생성시킨다. 현물가격과 선도가격 사이의 이론적인 관계는 보유비용모형(cost-of-carry model)에 의해 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$F_{t,T} = S_t e^{r(T-t)} \tag{8}$$

여기서 $F_{t,T}$는 선도가격, S_t는 현물가격, r은 무위험이자율, T는 만기시점, 그리고 t는 현재시점을 나타낸다.

본 연구에서는 특정 구간의 해상운임을 기초자산의 현물가격으로 하여 만기 1개월의 선도가격을 이론적으로 도출한다. 이를 위해 1개월 만기 선도가격에 대한 이론가격($F_{t,1개월}$)과 선도가격과 현물가격(S_t)의 차이인 베이시스($B_{t,1개월}$)를 아래와 같이 정의한다.

$$F_{t,1개월} = S_t e^{r(1/12)} \tag{9}$$

$$B_{t,1개월} = F_{t,1개월} - S_t \tag{10}$$

$$\bar{F}_{t,1개월} = S_t + e_t \tag{11}$$

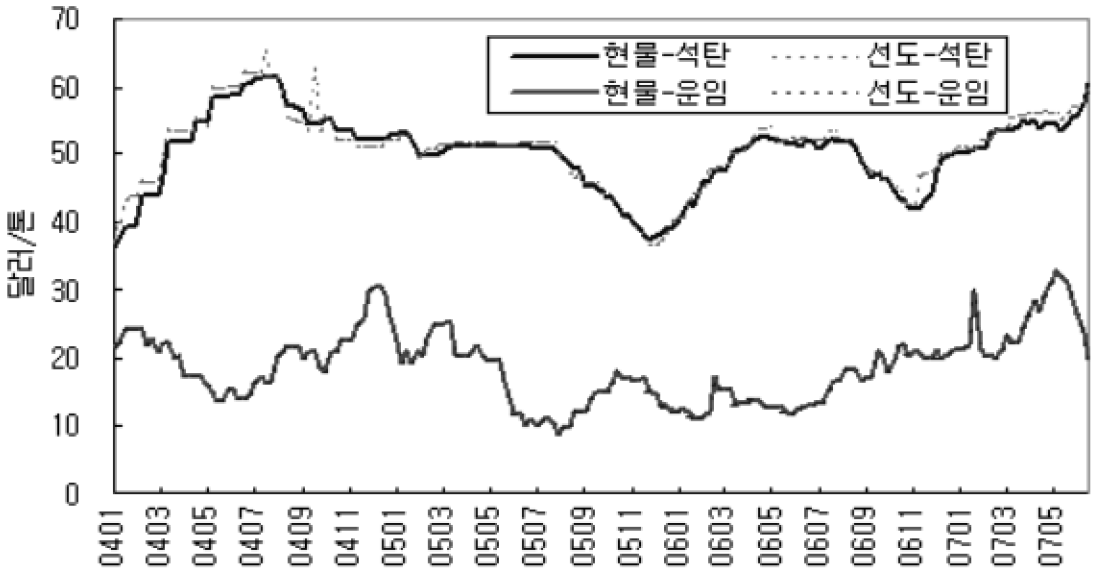
여기서 e_t는 표본기간 동안 베이시스의 평균과 분산을 각각 구성요소로 하는 정규분포를 따른다고 가정한다. 따라서 해상운임 현물가격을 기준으로 생성된 선도가격($F_{t,1개월}$)은 현물가격에 확률적인 베이시스를 가산한 형태로 볼 수 있다.

<표 1>에는 석탄가격과 해상운임의 현물가격과 선도가격의 기초 통계량을 제시하고 있다. 표에서 알 수 있듯이, 이들 위험요소별 현물가격과 선도가격은 평균과 표준편차 측면에서 매우 유사하다. Bera-Jarque 검정통계량을 활용한 정규성(normality) 검정에서는 1% 유의수준에서 해당 변수가 정규분포를 따른다는 귀무가설이 모두 기각되는 것으로 나타난다. <그림 1>에는 이들 시계열자료의 추이를 함께 보여준다. 2005년 이후부터 석탄가격과 해상운임은 비슷한 등락을 보이고 있다.

<표 1> 변수별 기초 통계량

통계량	현물-석탄	선도-석탄	현물-운임	선도-운임
표본수	181	181	181	181
평균	50.20	50.84	18.65	18.68
표준편차	5.55	5.62	5.24	5.23
최소값	36.00	36.75	8.90	8.91
최대값	61.50	65.15	32.95	32.97
왜도	-0.42	-0.30	0.45	0.45
첨도	-0.02	0.32	-0.17	-0.17
정규성	73.96*	57.03*	81.67*	81.85*

<그림 1> 석탄가격과 해상운임의 현물가격 및 선도가격 추이(단위: 달러/톤)



2. 실증분석 결과

본 연구에서는 복수의 위험요소를 동시에 고려하여 위험관리하는 경우 위험요소별로 개별적으로 헤징하는 분리헤징의 경우에 비해 이들 위험요소 사이의 상관관계를 적절히 고려하는 복합헤징의 유용성을 실증적으로 분석하고자 한다. 이를 위해 발전용 유연탄을 해외로부터 수입하는 국내 발전회사의 입장에서 석탄가격과 해상운임의 복수 가격변동 위험노출을 헤징하는 경우를 가정한다. 이러한 헤징 시나리오를 전제로 분리헤징에 비해 복합헤징이 헤징효율성 측면에서 우월한지 여부를 실증분석한다.

<표 2>와 <표 3>은 사후적 분석에 근거하여 분리헤징과 복합헤징 형태로 헤징할 경우 헤징기간에 따른 표준편차와 헤징하지 않는 경우에 대비한 표준편차의 변화율(%)을 각각 보여준다. 또한 이들 표에는 석탄 1톤에 대한 석탄가격과 해상운임의 선도포지션의 크기를 보여준다. <표 4>와 <표 5>는 사전적 분석에 근거한 실증분석 결과를 나타낸다. 사전적 분석의 경우 헤지비율은 순차적 표본이동 과정에 따라 외표본 기간의 각 시점에서 구해진 추정치의 평균값이다. <그림 2>와 <그림 3>은 사후적 분석과 사전적 분석에 근거하여 분리헤징과 복합헤징의 표준편차 변화율을 함께 나타내고 있다.

예를 들어 <표 2>에서 사후적 분석에 근거하여 분리헤징 형태를 가정하고 헤징기간이 6개월일 경우 석탄가격의 헤지비율(HR-석탄)은 0.4224로 산출된다. 이는 석탄 10,000톤을 수입하여 국내 발전회사에 판매하는 데 있어 향후 석탄가격의 변동위험을 헤징하기 위해서는 선도시장에서 4,224톤의 매도포지션을 취해야 한다는 의미이다. 해상운임의 헤지비율은(HR-운임)은 0.5692로 나타나는데, 해상운임 선도시장에서 5,692톤의 매도포지션이 필요하다는 의미이다.

<표 2>와 <표 3>을 비교해 보면, 헤징기간과 헤징형태에 따라 헤지비율이 상이하다는 것을 알 수 있다. 즉 유연탄과 해상운임의 헤지비율은 헤징기간과 헤징형태에 따라 일관된 관계를 발견할 수 없다. 헤징을 통한 조달수익흐름의 표준편차를 토대로 헤징효율성에 관하여 살펴보자. <표 2>에서 헤징기간이 6개월일 경우 분리헤징 형태를 가정하고 OLS로 헤지비율을 추정할 경우 조달수익흐름의 표준편차는 1톤당 6.03달러로 나타난다. 그런데 전혀 헤징을 하지 않는 경우 조달수입흐름의 표준편차는 1톤당 8.24달러이기 때문에 헤징을 하지 않는 경우에 비해 헤징한 경우 조달수익흐름의 표준편차는 26.87% 감소하는 것으로 나타난다. <표 3>에는 분리헤징 대신 복합헤징 형태로 헤지비율을 추정하고 이를 토대로 조달수익흐름의 표준편차를 계산할 경우 1톤당 6.01달러로 감소한다. 따라서 전혀 헤징을 하지 않는 경우에 비해 헤징한 경우 수익흐름의 표준편차는 27.04% 감소한다는 의미이다.

결과적으로 사후적 분석에 근거하여 6개월 헤징기간을 가정하고 복합헤징 형태를 활

용할 경우 분리헤징 형태에 비해 수익흐름의 표준편차는 약간 감소한다. <표 2>와 <표 3>을 비교해 보면 복합헤징이 분리헤징에 비해 헤징기간에 따라 최대 5% 가량 추가적인 조달수익흐름의 안정화 효과를 얻을 수 있다. 다시 말하면, 수익흐름을 안정화시킨다는 측면에서 헤징하지 않는 경우에 비해 분리헤징 형태로 헤징하는 것이 유리하고, 나아가 복합헤징 형태의 헤징전략을 구사할 경우 추가적인 효과를 기대할 수 있다.

이러한 사후적 분석의 결과는 <표 4>와 <표 5>의 사전적 분석의 경우에서도 재확인할 수 있다. 비록 사후적 분석에 비해 (표준편차의 감소율에 근거한) 헤징효율성 측면에서 약간 떨어지지만, 사후적 분석과 일관된 결과를 보인다. 보다 중요한 결과는 모든 헤징기간에서 복합헤징이 분리헤징에 비해 헤징효율성 측면에서 확연하게 차이를 보인다는 점이다. 즉 복합헤징이 분리헤징에 비해 헤징기간에 따라 최대 26% 가량 추가적인 조달수익흐름의 안정화 효과를 얻을 수 있다. 이로써 복수의 위험요소들이 존재할 경우 이들의 상관관계를 적절히 반영할 수 있는 복합헤징 형태를 활용하는 것이 위험요소별로 분리하여 헤징하는 분리헤징의 경우에 비해 헤징효율성 측면에서 유리하다는 것을 확인할 수 있다.

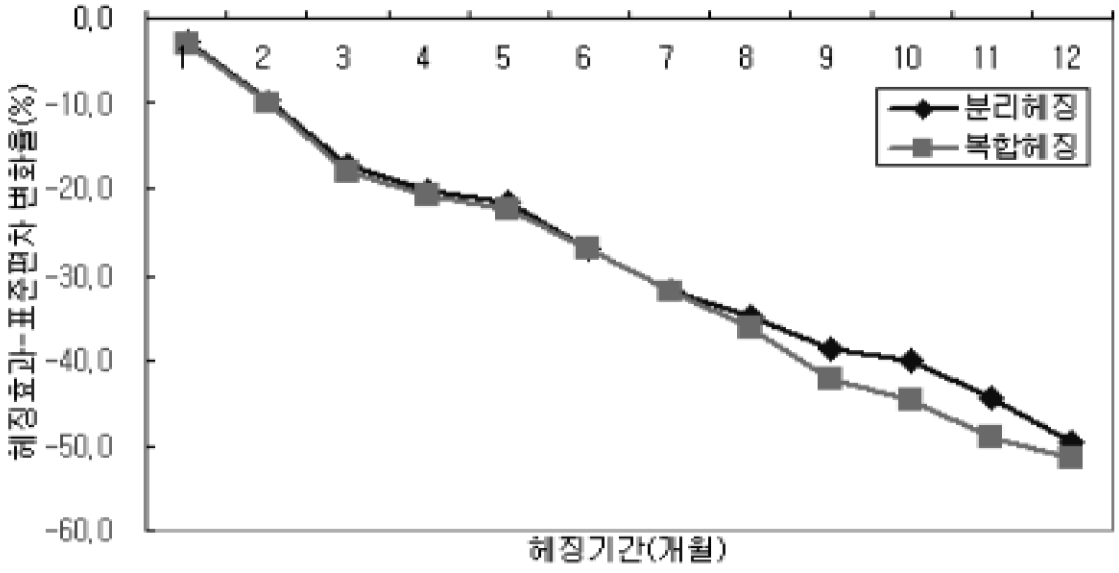
<표 2> 헤징기간별 수익의 표준편차 및 감소율: 사후적 분석/분리헤징

헤징기간	HR-석탄	HR-운임	표준편차	변화율
1	0.5183	0.4140	8.03	-2.63
2	0.5269	0.5388	7.45	-9.64
3	0.5185	0.5810	6.82	-17.32
4	0.4970	0.5742	6.59	-20.05
5	0.4767	0.5613	6.47	-21.56
6	0.4224	0.5692	6.03	-26.87
7	0.4006	0.5600	5.63	-31.66
8	0.3813	0.5530	5.36	-35.01
9	0.3708	0.5529	5.05	-38.77
10	0.3436	0.5482	4.93	-40.14
11	0.3312	0.5412	4.59	-44.36
12	0.3342	0.5344	4.16	-49.52

<표 3> 헤징기간별 수익의 표준편차 및 감소율: 사후적 분석/복합헤징

헤징기간	HR-석탄	HR-운임	표준편차	변화율
1	0.7087	0.3491	8.01	-2.87
2	0.6976	0.5645	7.42	-10.03
3	0.6808	0.5952	6.75	-18.10
4	0.6297	0.5615	6.53	-20.84
5	0.5789	0.5114	6.41	-22.26
6	0.4724	0.5718	6.01	-27.04
7	0.4069	0.6297	5.61	-31.95
8	0.3193	0.6799	5.26	-36.21
9	0.1947	0.7471	4.77	-42.14
10	0.0815	0.7936	4.55	-44.80
11	0.0574	0.8194	4.21	-48.99
12	0.2391	0.7093	4.00	-51.42

<그림 2> 사후적 분석에 근거한 분리헤징과 복합헤징의 표준편차 감소율 비교



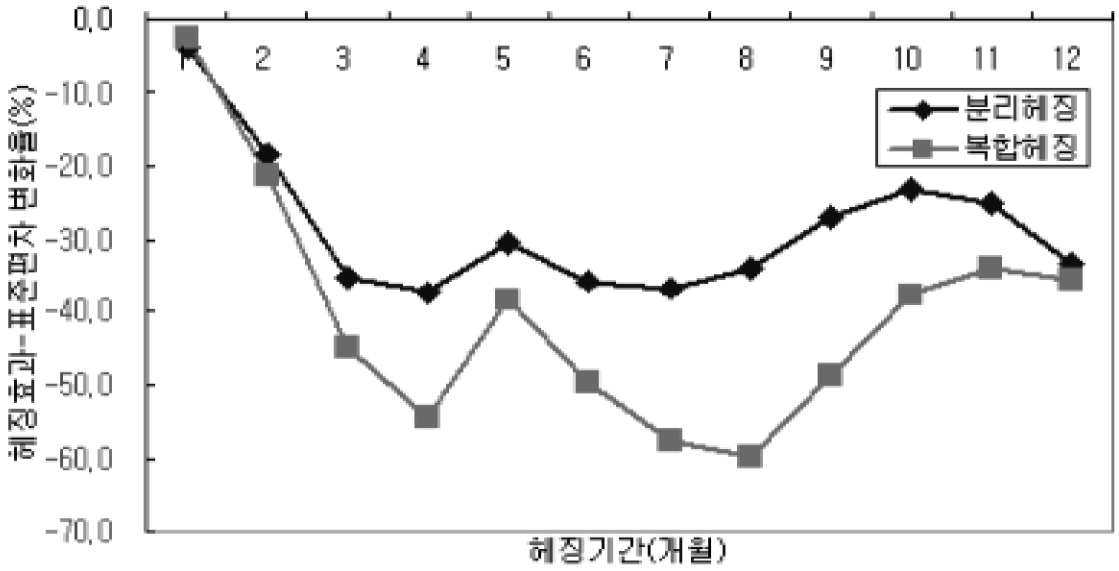
<표 4> 헤징기간별 수익의 표준편차 및 감소율: 사전적 분석/분리헤징

헤징기간	HR-석탄	HR-운임	표준편차	변화율
1	0.2948	0.5634	7.22	-3.81
2	0.4020	0.5583	6.12	-18.44
3	0.4390	0.5610	4.88	-35.05
4	0.4490	0.5481	4.70	-37.45
5	0.4493	0.5250	5.23	-30.39
6	0.4516	0.5007	4.81	-35.91
7	0.4543	0.4731	4.76	-36.66
8	0.4527	0.4501	4.96	-33.94
9	0.4556	0.4114	5.47	-27.15
10	0.4382	0.3784	5.77	-23.20
11	0.4093	0.3613	5.63	-25.04
12	0.4314	0.3713	5.02	-33.15

<표 5> 헤징기간별 수익의 표준편차 및 감소율: 사전적 분석/복합헤징

헤징기간	HR-석탄	HR-운임	표준편차	변화율
1	0.1537	0.7360	7.31	-2.60
2	0.3824	0.7008	5.91	-21.23
3	0.4727	0.6670	4.13	-45.04
4	0.5114	0.6469	3.42	-54.44
5	0.5142	0.5993	4.64	-38.21
6	0.4779	0.5671	3.80	-49.46
7	0.4351	0.5595	3.19	-57.46
8	0.3807	0.5631	3.03	-59.59
9	0.3177	0.5459	3.86	-48.54
10	0.2689	0.5183	4.69	-37.53
11	0.2361	0.5085	4.97	-33.82
12	0.3637	0.4817	4.86	-35.33

<그림 3> 사전적 분석에 근거한 분리헤징과 복합헤징의 표준편차 감소율 비교



IV. 결 론

본 연구에서는 석탄가격과 해상운임 등 복수의 가격변동 위험이 존재하는 경우 헤징 효율성 측면에서 분리헤징과 복합헤징의 비교우위를 실증적으로 분석하였다. 이를 위해 해외로부터 유연탄을 수입하는 국내 발전회사가 석탄가격과 해상운임의 두 가지 가격변동 위험에 노출되어 있는 상황을 가정한다. 그리고 조달헤징 시나리오에 따라 헤징기간별로 조달수익흐름을 시뮬레이션하고 수익흐름의 표준편차를 비교하였다.

사후적 분석과 사전적 분석의 결과에 따라면 헤징을 하지 않는 경우에 비해 위험요소를 분리하여 개별적으로 헤징하는 것이 조달수익흐름을 안정화시킬 수 있다. 하지만 이러한 분리헤징 형태는 반드시 최선의 헤징전략이 아닐 수 있다. 즉 석탄가격과 해상운임의 위험요소들 사이에 존재하는 분산-공분산 관계를 충분히 활용할 수 있는 복합헤징 형태로 헤징하는 것이 헤징효율성을 보다 향상시킬 수 있다. 이로써 복합헤징이 분리헤징에 비해 헤징효율성 측면에서 유리하다는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 석탄가격과 해상운임만을 가격변동 위험으로 고려하였다. 원화로 표시된 조달수익을 가정하고 환율변동 위험노출을 동시에 고려하는 경우를 모형화하는 작업도 필요할 것이다. 또한 최소분산 헤지비율의 추정에서 가격변수들 사이의 시간불변 분산-공분산을 가정하였다. 향후 ARCH나 GARCH 유형의 시간가변 분산-공분산 추정기법을 활용하여 헤지비율을 추정하고, 이를 근거로 분리헤징과 복합헤징의 비교우위를 분석하

는 것도 의미 있는 작업이라 판단된다.

참 고 문 헌

노재선・윤원철・김수덕, “원료 및 생산물과 환율의 변동을 고려한 삼중헤징: 한국 정유사의 사례”,「선물연구」, 6, 1998, 153-185.

윤원철, 「해외 선물시장을 활용한 에너지수급 안정화 연구」, 에너지경제연구원 연구보고서 99-01, 1998.

윤원철, “해외 선물을 활용한 국내 수입 원유의 조달헤징”,「선물연구」, 8, 1998, 57-79.

에너지경제연구원, 에너지통계월보, 2004.

Alexander, V., W. Musser and G. Mason, "Futures Markets and Firm Decisions Under Price, Production, and Financial Uncertainty," Southern Journal of Agricultural Economics, 18, 1986, 39-49.

Benninga, S., R. Eldor and I. Zilcha, "Optimal International Hedging in Commodity and Currency Forward Markets," Journal of International Money and Finance, 4, 1985, 537-552.

Bond, G., S. Thompson and J. Geldard, "Basis Risk and Hedging Strategies for Australian Wheat Exports," Australian Journal of Agricultural Economics, 29, 1985, 199-209.

Fackler, P. and K. McNew, "Nultiproduct Hedging: Theory, Estimation, and an Application," Review of Agricultural Economics, 15, 1993, 521-535.

Garcia, P., J.-S. Roh and R. Leuthold, "Simultaneously Determined, Time-Varying Hedge Ratios in the Soybean Complex," Applied Economics, 27, 1995, 1127-1134.

Haigh, M. and M. Holt, "Hedging Multiple Price Uncertainty in International Grain Trade," American Journal of Agricultural Economics, 82, 2000, 881-896.

Haigh, M. and M. Holt, "Hedging Foreign Currency, Freight, and Commodity Futures Portfolios: A Note," Journal of Futures Markets, 22, 2002, 1205-1221.

Hauser, R. and D. Neff, "Export/Import Risks at Alternative Stages of U.S. Grain Export Trade," Journal of Futures Markets, 13, 1993, 579-595.

Lapan, H. and G. Moschini, "Futures Hedging Under Price, Basis, and Production Risk," American Journal of Agricultural Economics, 76, 1994, 465-477.

Liu, K., J. Geaun and L.-F. Lei, "Optimal Hedging Decisions for Taiwanese Corn

Traders on the Way of Liberalization," Agricultural Economics, 25, 2001, 303-309.

Peterson, P. and R. Leuthold, "A Portfolio Approach to Optimal Hedging for a Commercial Cattle Feedlot," Journal of Futures Markets, 7, 1987, 443-457.

Thompson, S. and G. Bond, "Offshore Commodity Hedging Under Floating Exchange Rates," American Journal of Agricultural Economics, 69, 1987, 46-55.

Vukina, T., D. Li and D. Holthausen, "Hedging with Crop Yield Futures: A Mean Variance Analysis," American Journal of Agricultural Economics, 78, 1996, 1015-1025.

Tzang, D. and R. Leuthold, "Hedge Ratios under Inherent Risk Reduction in a Commodity Complex," Journal of Futures Markets, 10, 497-504.

<부록> 석탄가격 및 해상운임의 최소분산 헤지비율 도출

t 시점에서의 석탄가격과 해상운임의 두 가지 위험요소를 고려한 조달수익은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\pi_t = -G_t - R_t + b_1(C_t - C_{t-i}) + b_2(B_t - B_{t-i}) - \gamma_t \quad (1)$$

상기 식의 분산은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$var(\pi_t) = \sigma_G^2 + \sigma_R^2 + b_1^2\sigma_C^2 + b_2^2\sigma_B^2 + 2\sigma_{G,R} - 2b_1\sigma_{G,C} - 2b_2\sigma_{G,B} - 2b_1\sigma_{R,C} - 2b_2\sigma_{R,B} + 2b_1b_2\sigma_{C,B} \quad (2)$$

최소분산 헤지비율을 도출하기 위한 제1차 조건은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\partial var(\pi_t)/\partial b_1 = 2b_1\sigma_C^2 - 2\sigma_{G,C} - 2\sigma_{R,C} + 2b_2\sigma_{C,B} \quad (3)$$

$$\partial var(\pi_t)/\partial b_2 = 2b_2\sigma_B^2 - 2\sigma_{G,B} - 2\sigma_{R,B} + 2b_1\sigma_{C,B} \quad (4)$$

각 식을 영으로 놓고 정리하면,

$$b_1\sigma_C^2 + b_2\sigma_{C,B} = \sigma_{G,C} + \sigma_{R,C} \quad (5)$$

$$b_1\sigma_{C,B} + b_2\sigma_B^2 = \sigma_{G,B} + \sigma_{R,B} \quad (6)$$

각 식을 σ_C^2와 σ_B^2로 나누면,

$$b_1H_{11} + b_2H_{21} = H_{31} + H_{41} \quad (7)$$

$$b_1H_{12} + b_2H_{22} = H_{32} + H_{42} \quad (8)$$

여기서, $H_{ij} = \sigma_{ij}/\sigma_j^2$, $i = C(1), B(2), G(3), R(4)$, $j = C(1), B(2)$이다.

상기 식 (7)과 (8)을 행렬식 $A\boldsymbol{x} = d$ 형태로 표현하면 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{bmatrix} H_{11} & H_{21} \\ H_{12} & H_{22} \end{bmatrix}\begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} H_{31}+H_{41} \\ H_{32}+H_{42} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_1 \\ T_2 \end{bmatrix} \quad (9)$$

크레머법칙(Cramer's rule), 즉 $x_j^* = |A_j|/|A|$을 활용하여 b_1와 b_2에 대한 해를 구하면 아래와 같다.

$$b_1^* = \frac{\begin{vmatrix} T_1 & H_{21} \\ T_2 & H_{22} \end{vmatrix}}{|A|} = \frac{H_{22}(H_{31}+H_{41}) - H_{21}(H_{32}+H_{42})}{H_{11}H_{22} - H_{12}H_{21}}$$

(10)

$$b_2^* = \frac{\begin{vmatrix} H_{11} & T_1 \\ H_{12} & T_2 \end{vmatrix}}{|A|} = \frac{H_{11}(H_{32}+H_{42}) - H_{12}(H_{31}+H_{41})}{H_{11}H_{22} - H_{12}H_{21}}$$

(11)