

평균-분산 모형을 이용한 화석에너지원 소비조합 구성에 관한 연구*

차 경 수**

〈차례〉

- | | |
|---------------------|----------------------|
| I. 서 론 | III. 화석에너지원의 소비조합 구축 |
| II. 화석에너지원의 편익변동 분해 | IV. 결 론 |

I. 서 론

일반적으로 화석에너지원과 같은 원자재들의 국제가격은 세계 거시경제상황에 따라 일정 부분 동행하는 특성을 갖고 있다. 따라서 화석에너지원들의 국제가격 변동을 동행부분과 개별 에너지원의 특이적(idiosyncratic) 수급여건에 따른 변동으로 분해하려는 시도는 화석에너지원의 최적 소비조합을 구축하는데 있어 중요한 함의를 제공할 수 있게 된다.¹⁾ 이는 현대 재무이론의 기초가 되고

* 본 논문은 에너지경제연구원의 연구보고서 「국제 에너지가격 변동요인 분석을 이용한 에너지 포트폴리오 구성에 관한 연구」 중 일부를 논문으로 발전시킨 것임.

** 전북대학교 경제학부 전임강사.

차 경 수

있는 Markowitz(1952)의 평균-분산 모형(mean-variance model)과 지배원리(dominance principle)를 적용할 경우, 이들 화석에너지원들의 소비조합으로부터 얻을 수 있는 편익(benefit)의 변동을 최소화 시킬 수 있는 이론적 화석 에너지원의 소비조합을 구성할 수 있기 때문이다.

여기서 에너지원 소비조합의 편익은 1달러당 열량으로 정의된 개별 화석에너지원들의 편익 조합으로 나타낼 수 있으며, 이와 같은 정의는 이들 에너지원의 국제가격 변동이 개별 에너지원과 소비조합의 편익변동을 결정하는 요소로 작용하게 만든다.²⁾ 따라서 국제가격 변동에서 나타나는 동행성은 이들 에너지원들의 편익변동에서도 동행성을 유발시켜 모든 화석에너지원이 공통으로 직면하는 체계적 위험 혹은 시장위험으로 정의될 수 있다. 반면, 동행성을 배제시킨 에너지원의 편익변동은 국제가격 변동에서 개별 에너지원의 특이적 수급상황에 기인하게 되므로, 이는 에너지원의 소비조합 구성을 통해 최소화 시킬 수 있는 비체계적 혹은 개별적 위험으로 정의할 수 있게 된다.

최근 들어 에너지원 소비조합 구성(energy mix)과 관련된 연구들이 활발히 진행되고 있으나, 주로 전력생산을 위한 발전 에너지원의 구성에 초점을 맞추고 있다. 먼저, Awerbuch(2006)는 평균-분산 모형을 적용하여 미국, EU 및 멕시코의 최적 전력발전 에너지원 소비조합 구성을 시도하였다. 특히, Awerbuch(2006)는 화석에너지원과 함께 신재생에너지도 포함시킨 발전조합의 구성을 시도하였으며, 이와 같은 발전조합으로의 이행은 에너지원의 국제가격 변동에도 불구하고 전력공급의 안정성을 증가시킬 수 있음을 논하고 있다. 한편, Grubb

-
- 1) 국제 원자재 가격의 동행성과 관련하여 Pindyck and Rotemberg(1999)는 과도 동행성(excessive comovement)을 지적하였다. 즉, 국제 원자재의 가격변동을 거시변수의 변동에 의해 공통으로 설명될 수 있는 부분과 설명되지 못하는 부분으로 분해할 경우, 설명되지 못하는 부분에서도 동행성이 나타난다는 것이다. 그러나 Pindyck and Rotemberg(1999)의 연구 이후, Cashin, McDermott and Scott(1999), Palaskas and Varangis(1991), Palaskas(1993), Trivedi(1995), Deb, Trivedi and Varangis(1996)는 이와 같은 과도 동행성이 나타나고 있지 않음을 지적하고 있다.
 - 2) 이는 일반적으로 에너지원의 고유열량은 변화하지 않으므로 편익의 변동이 가격변동에 기인하기 때문이다.

평균-분산 모형을 이용한 화석에너지원 소비조합 구성에 관한 연구

et al. (2006)은 저탄소 배출을 목적으로 하는 전력발전 조합이 기존 영국정부의 전력발전 조합 시나리오에 비해 전력공급의 안정성을 손상시키지 않으면서도 전력생산 구조의 다양성을 유지할 수 있음을 주장하였다. 또한 Foidart *et al.* (2010)은 생애주기평가(life cycle assessment) 방법론을 통해 벨기에와 스페인의 장기 전력생산 계획에서 화석연료의 비중을 감소시키고 신재생에너지의 비중을 증가시키는 것이 환경문제 해결에 큰 도움을 줄 수 있음을 입증하였다. 한편, Marrero(2010)는 온실가스 배출, 경제성장 및 에너지원 소비조합간의 관계를 연구하여 온실가스 배출량을 저감시킬 수 있는 에너지원 소비조합으로의 이행과 함께 기존 화석연료의 소비 효율성 증대도 환경에 긍정적 효과를 줄 수 있음을 주장하였다.

앞서 살펴본 바와 같이 기존연구들이 주로 탄소배출량 저감과 관련된 발전 연료 소비조합의 구성에 초점을 두고 있는 반면, 본 연구의 주요 목적은 Awerbuch (2006)와 같이 재무 이론적 원리에 기초하여 1차 에너지소비에서 화석에너지원 소비조합의 편익변동을 최소화 시키는 이론적 소비조합을 구성하는 것이다. 특히, Awebuch (2006)은 평균-분산 모형을 적용하는 데 있어 화석에너지원 가격의 시계열 자료가 갖는 단순 통계적 수치들을 이용하였으나, 본 연구에서는 1달러당 열량으로 정의된 개별 에너지원의 편익변동을 동태온닉공통인 자모형(dynamic latent common factor model)을 이용하여 동행부분과 특이적 변동부분으로 분해한 후, 그 추론결과에 기초한 최적 소비조합을 구성하였다. 이와 같은 분석이 갖는 장점은 국제 화석에너지 가격의 변동 특성을 체계적으로 이해함으로써 구축된 화석에너지조합이 갖는 특성과 함께 개별 화석에너지원의 역할도 체계적으로 분석할 수 있다는 것이다.

2009년 현재 원유, 천연가스 및 석탄으로 대표되는 화석에너지원이 우리나라 1차 에너지소비에서 차지하는 비중은 84%에 달하고 있다. 따라서 이들 대부분을 수입에 의존하고 있는 우리나라 경제에 있어, 이들 에너지원의 국제가격 변동은 경제활동 수준 뿐 아니라 에너지 정책수립에 지대한 영향을 미치고 있다. 특히 제1·2차 유가파동을 경험한 후, 우리나라는 지속적인 에너지소비구조 개

차 경 수

편을 추구하여 왔으나, 이를 화석에너지원 소비로 대표되는 에너지다소비구조의 개편방향을 평가할 수 있는 적절한 기준은 아직 존재하지 않고 있다. 따라서 본 연구에서 구축하고자 하는 기준은 현재 우리나라 화석에너지 소비구조의 적정성을 평가하거나, 에너지수급정책을 수립하는 데 있어 하나의 참고기준으로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제Ⅱ장에서는 동태온너공통인자모형을 이용하여 열량으로 정의된 화석에너지원의 편익변동을 동행부분과 특이적 변동부분으로 추론한다. 제Ⅲ장에서는 평균-분산 모형에 의거하여 화석에너지원의 최적 소비조합을 구축하는 방법과 최적 소비조합이 갖고 있는 특성들에 관해 논의한다. 마지막으로 제Ⅳ장에서는 결론과 함께 향후 연구방향 등을 논의한다.

II. 화석에너지원의 편익변동 분해

본 연구에서는 개별 화석에너지원의 1달러당 열량을 구하기 위해 석유환산톤(Ton of Oil Equivalent : TOE)³⁾을 이를 에너지원의 고유열량으로 이용하였다. 이를 위해 에너지관리공단의 환산기준을 이용하여 원유 1배럴당 0.1462 TOE, 석탄 1,000톤당 700 TOE, 그리고 천연가스 1m³당 0.533 TOE를 고유열량으로 각각 정의하였다.⁴⁾ 이제 이와 같은 열량기준 하에서 개별 화석에너지원의 1달러당 열량은 전술한 고유열량을 IMF에서 발표하는 원자재 가격지수(primary commodity price index)로 나누어 얻을 수 있게 된다.⁵⁾ 따라서 이 경우, 이를

3) 석유환산톤(TOE)이란 국제에너지기구(IEA)에서 정한 열량단위로 1 TOE는 10⁷Kcal로 정의 되며, 이는 석유 1톤의 순발열량과 매우 가까운 열량이다.

4) 이를 위해 원유 1배럴은 136kg임을 가정하였으며, 석탄은 유연탄 중 연료탄의 열량을 이용하였다. 또한 액화 천연가스(LNG)의 경우, 1리터당 천연가스의 평균밀도인 0.41kg을 이용하여, 1m³을 1kg으로 환산하였다.

5) 구체적으로 석탄의 경우는 호주산 석탄의 1,000톤당 국제가격을 나타내며, 천연가스는 독일

에너지원의 국제가격 변동은 이들 에너지원의 편익수준 변동을 역방향으로 유발시키게 된다.⁶⁾

1. 동태온닉공통인자모형을 이용한 추론

Sargent and Sims(1977), Geweke(1977) 및 Stock and Watson(1989a, 1989b, 1991) 등에 의해 발전된 동태온닉공통인자모형은 여러 시계열의 변동을 동행부분과 개별 시계열의 특이적 변동부분으로 분해하는 통계적 추론기법을 의미한다. 이와 같은 개념을 개별 화석에너지원의 전년 동기대비 편익증가율에 적용시켜 살펴보면 다음과 같다.

$$y_{jt} = \alpha_j + \gamma_j f_t + \epsilon_{jt}, \quad j = 1, 2, 3 \quad (1)$$

식 (1)에서 y_{jt} , $t = 1, 2, \dots, T$ 는 관측 가능한 원유, 천연가스 및 석탄의 1달러당 편익증가율을 나타내며, f_t , $t = 1, 2, \dots, T$ 는 이들 편익증가율의 동행성을 추적하는 관측 불가능한 온닉공통인자를 의미한다. 한편, 식 (1)에서 α_j , $j = 1, 2, 3$ 은 상수항을, γ_j , $j = 1, 2, 3$ 은 온닉공통인자 f_t 에 대한 y_{jt} 의 반응도를 나타내는 파라미터로 팩터-로딩(factor-loading)이라 불린다. 또한 ϵ_{jt} , $t = 1, 2, \dots, T$ 은 편익증가율의 특이적 변동을 나타내는 교란항(disturbance terms)으로 일반적으로 p_j 차의 자기회귀과정($AR(p)$)을 따르는 것으로 가정된다.

$$\epsilon_{jt} = \phi_{j1} \epsilon_{jt-1} + \phi_{j2} \epsilon_{jt-2} + \dots + \phi_{jp} \epsilon_{jt-p_j} + v_{jt}, \quad j = 1, 2, 3 \quad (2)$$

$$v_{jt} \sim i.i.d. N(0, \sigma_{v_j}^2)$$

에서 거래되는 러시아산 천연가스의 m^3 당 가격을, 원유는 WTI(West Texas Intermediate)의 배럴당 가격을 나타낸다. 또한 이들 원자재가격 지수에 대한 시계열 자료는 IMF의 <http://www.imf.org/external/np/res/commod/index.asp>에서 얻을 수 있다.

6) 다시 말해, 개별 화석에너지원의 국제가격 상승은 1달러당 석유환산톤을 하락시키는 반면, 국제가격의 하락은 1달러당 석유환산톤을 상승시킨다.

차 경 수

한편, 식 (1)의 은닉공통인자 f_t 는 식 (3)과 같이 q 차의 자기회귀과정을 따르는 것으로 가정되며, 식 (2)와 식 (3)의 교란항 v_{jt} 와 η_t 는 상호 독립적인 것으로 가정된다.

$$f_t = \theta_1 f_{t-1} + \theta_2 f_{t-2} + \cdots + \theta_q f_{t-q} + \eta_t \quad (3)$$
$$\eta_t \sim i.i.d. N(0, \sigma_\eta^2)$$

식 (1)과 같은 형태는 동태은닉인자모형의 추정과정에서 다음과 같은 두 가지 식별문제(identification problem)를 유발시킨다. 첫 번째 식별문제는 팩터-로딩 γ_j 와 은닉공통인자 f_t 의 부호(sign)가 상호 식별되지 못한다는 점이다. 이와 같은 문제의 해결을 위해 Sargent and Sims(1977) 및 Stock and Watson(1989a, 1989b, 1991)은 팩터-로딩들 중 하나의 부호가 양(positive)의 값을 갖는다는 제약조건을 이용하였다. 본 연구에서도 이들의 식별방식을 따라 원유의 편익증가율을 나타내는 식 (1)의 팩터-로딩 γ_1 이 양의 부호를 갖는 제약을 부과하였다. 두 번째 식별문제는 팩터-로딩 γ_j 와 은닉공통인자 f_t 의 크기(scale)가 상호 식별되지 못한다는 것이다. 일반적으로 이와 같은 문제를 해결하기 위한 방법으로는 팩터-로딩 파라미터 중 하나의 값을 1로 정규화(normalization) 시키는 방법과 은닉공통인자의 자기회귀과정 교란항의 분산 σ_η^2 을 상수로 정규화 시키는 방법이 주로 이용되고 있다. 본 연구에서는 동태은닉공통인자모형의 추정에서 주로 이용되고 있는 두 번째 방법을 이용하여 σ_η^2 의 값을 상수로 정규화 시켰다.

한편, 동태은닉공통인자모형의 추정방법으로는 Stock and Watson(1989a, 1989b, 1991)과 같이 상태공간모형(state space model)의 로그-우도함수(log likelihood function)를 극대화 시키는 방법과 베이지안 MCMC(Markov Chain Monte Carlo) 추론법이 주로 이용되고 있다. 우도함수를 이용하는 전통적 추론 방법(classical approach)은 추정량(estimator)의 이론적 혹은 가상적 점근분포(asymptotic distribution)에 기초한 통계적 추론을 시행하는 반면, 베이지안 추론법은 자료를 관측한 후 얻어진 사후분포(posterior distribution)를 이용한 통

평균-분산 모형을 이용한 화석에너지원 소비조합 구성에 관한 연구

계적 추론을 시도한다. 여기서, 사후분포란 베이즈 정리(Bayes theorem)로 불리는 확률법칙에 의거하여, 파라미터에 대한 우리의 불확실성을 나타내는 척도(measure)라고 생각하면 된다. 따라서 베이지안 추론법이 갖는 가장 큰 특징은 추정, 예측 및 모형 비교(model comparison)로 대표되는 통계적 추론을 베이즈 정리와 같이 비교적 단순한 확률적 접근방식으로 해결하는 것이라 할 수 있다. 특히, 걸스-샘플링과 같은 MCMC 추정법은 파라미터의 조건부 사후분포(conditional posterior distribution)만으로도 이와 같은 추론과정을 가능케 하므로 전통적 추론법보다 추론절차 및 시행의 용이함을 갖고 있다.

본 연구는 동태온닉공통인자모형의 추정에 있어, 걸스-샘플링에 Metropolis-Hastings 알고리듬을 적용한 Otronk and Whiteman(1998)의 베이지안 추론방법을 이용하였다. 이들의 방법은 Carter and Kohn(1994)의 멀티 무브(multi-move) 걸스-샘플링 방식 대신, Tanner and Wong(1987)의 ‘자료첨가(data augmentation)’ 방식을 적용하여 온닉공통인자의 조건부 사후분포를 걸스-커넬(Gibbs kernel)로 사용하는 방법이다. 추정에 있어 식 (2)의 교란항과 식 (3)의 온닉공통인자에 나타나 있는 자기회귀과정의 시차들은 각각 $p = 2$ 와 $q = 2$ 로 설정되었다. 또한 Otronk and Whiteman(1998)이 제시한 동태온닉공통인자모형의 파라미터 및 온닉공통인자에 대한 조건부 사후분포를 이용하여, 이들의 마코프 체인을 10,000회 생성하였다.⁷⁾ <표 1>은 1993년 1월~2010년 12월까지의 월별자료를 이용하여 얻은 파라미터들의 사후분포를 나타내고 있다.

2. 동태온닉공통인자모형에 의한 추론결과

<표 1>은 원유, 천연가스 및 석탄소비의 편익증가율에 대한 팩터-로딩의 값이 모두 양(positive)임을 지적하고 있다. 이는 온닉공통인자를 1% 증가시키는

7) 실제로는 11,000번의 모수 및 온닉공통인자를 생성하여, 그 중 10%에 해당하는 1,000개의 값은 ‘burn-in-phase’로 제외시켰다. 또한 걸스-샘플링을 통한 모수 및 온닉공통인자의 생성을 10,000~30,000회까지 시행해 보았으나 생성된 이들 값의 사후분포에는 큰 변화가 없었다.

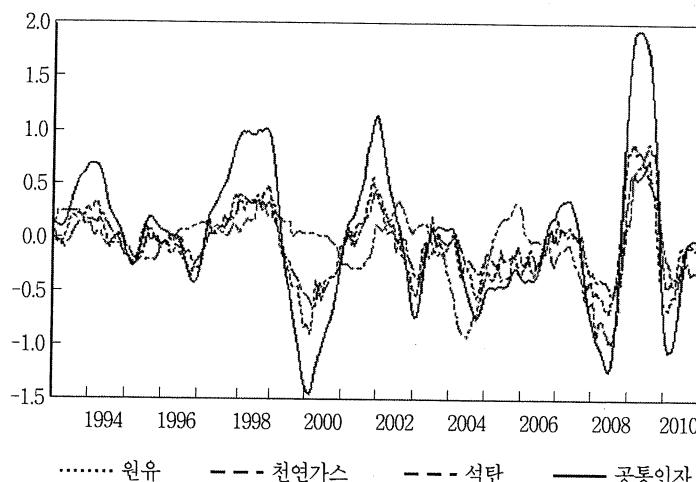
차 경 수

〈표 1〉 사후분포 추정결과

	파라미터	평균	표준편차	중위값
원유 ($j = 1$)	α_j	-0.0724	0.0539	-0.0742
	γ_j	0.4759	0.0633	0.4731
	ϕ_{j1}	0.6256	0.1433	0.6482
	ϕ_{j2}	-0.1260	0.0931	-0.1232
	$\sigma_{v_j}^2$	0.0063	0.0011	0.0063
천연가스 ($j = 2$)	α_j	-0.0477	0.0410	-0.0494
	γ_j	0.3622	0.0459	0.3608
	ϕ_{j1}	0.5987	0.1262	0.6089
	ϕ_{j2}	-0.1096	0.0892	-0.1086
	$\sigma_{v_j}^2$	0.0038	0.0006	0.0038
석탄 ($j = 3$)	α_j	-0.0646	0.1681	-0.0618
	γ_j	0.2735	0.0552	0.2710
	ϕ_{j1}	1.2562	0.0696	1.2558
	ϕ_{j2}	-0.3029	0.0702	-0.3025
	$\sigma_{v_j}^2$	0.0057	0.0006	0.0056
은닉인자	θ_1	1.7647	0.0508	1.7680
	θ_2	-0.8191	0.0494	-0.8221

교란이 발생할 경우, 이들 에너지원들의 편익증가율이 모두 증가함을 의미하는 것이다. 또한 팩터-로딩의 크기는 원유, 천연가스 및 석탄의 순으로 정해져 있는데, 이는 은닉공통인자의 변동에 대해 원유, 천연가스 그리고 석탄의 순으로 반응크기가 정해진다는 것을 의미한다. 본 연구에서 은닉공통인자는 편익증가율의 동행성을 추적하는 부분으로 세계 거시경제상황의 변화와 같이 모든 에너지원에 공통으로 영향을 미치는 요인들에 의해 영향을 받는 부분이다. 따라서 이상의 결과들은 세계 경제상황 변화와 같은 공통적 요인에 대해 원유의 국제가

<그림 1> 화석에너지원의 편익증가율과 은닉공통인자의 변동추이



격이 가장 민감하게 반응하고, 기타 화석에너지원의 가격이 원유가격 변동과 함께 동행하는 현상을 반영하는 추정결과라 할 수 있을 것이다.

한편, <그림 1>은 개별 화석에너지원들의 편익증가율과 은닉공통인자의 변동을 나타내고 있다. <그림 1>에서 은닉공통인자는 베이지안 추론법을 통해 얻은 사후분포의 평균값을 나타낸다. <그림 1>은 이들 은닉공통인자에 의해 이들 화석에너지원들의 편익증가율이 비교적 잘 추적되고 있음을 보여주고 있다.

III. 화석에너지원의 소비조합 구축

1. 평균-분산 모형에 의한 화석에너지원 소비조합

Markowitz(1952)에 의해 개발된 평균-분산 모형의 기본원리는 분산투자(diversification)이다. 다시 말해, 모든 투자자산에 공통적으로 영향을 미치는 체계적 위험(시장위험)은 제거할 수 없으나, 분산투자를 통한 비체계적 위험의

차 경 수

〈표 2〉 화석에너지원의 기대편익증가율과 분산 (사후분포의 평균값)

	기대편익증가율 ($E(y_{jt})$)	총분산 ($Var(y_{jt})$)	특이적 분산 ($Var(\epsilon_{jt})$)
원유 ($j=1$)	-0.0762	0.1138	0.0096
천연가스 ($j=2$)	-0.0506	0.0660	0.0056
석탄 ($j=3$)	-0.0668	0.1145	0.0801

감소는 포트폴리오의 수익률 변동을 최소화 시킬 수 있다는 것이다. 이제 이와 같은 원리에 기초하여 화석에너지원의 최적 소비조합을 구성하는 절차는 다음과 같이 설명될 수 있다. 먼저, 개별 화석에너지원의 편익증가율을 동행부분과 특이적 부분으로 추론하는 동태은닉공통인자모형을 이용할 경우, 개별 에너지원의 기대편익증가율과 편익증가율의 분산은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$E(y_{jt}) = \alpha_j + \gamma_j E(f_t), \quad j = 1, 2, 3 \quad (4)$$

$$Var(y_{jt}) = \gamma_j^2 Var(f_t) + Var(\epsilon_{jt}) \quad (5)$$

식 (4)와 식 (5)의 기대편익증가율과 분산에 대한 사후분포는 제Ⅱ장의 베이지안 MCMC 추론과정에서 함께 추정되었으며, 〈표 2〉는 그 추정결과를 나타내고 있다.

개별 화석에너지원의 기대편익증가율과 분산이 이와 같이 정의되면, 화석에너지원 소비조합의 기대편익증가율과 분산은 다음과 같이 정의된다.

$$E(y_p) = \sum_{j=1}^3 w_j E(y_{jt}) \quad (6)$$

$$\begin{aligned} Var(y_p) &= E[y_p - E(y_p)]^2 \\ &= \sum_{j=1}^3 w_j^2 Var(y_{jt}) + \sum_{j=1}^3 \sum_{l \neq j} w_j w_l Cov(y_{jt}, y_{lt}) \end{aligned} \quad (7)$$

식 (6)에서 y_p 는 화석에너지원의 소비조합을 의미하며, w_j 는 이와 같은 소비

평균-분산 모형을 이용한 화석에너지원 소비조합 구성에 관한 연구

조합에서 개별 에너지원이 차지하는 비중을 나타낸다. 한편, 식 (7)의 공분산 항은 은닉공통인자와 개별 화석에너지원의 특이적 변동 ϵ_{jt} 가 상호 독립적이라는 가정을 이용하면 다음과 같이 결정된다.

$$Cov(y_{jt}, y_{lt}) = \gamma_j \gamma_l Var(f_t) \quad (8)$$

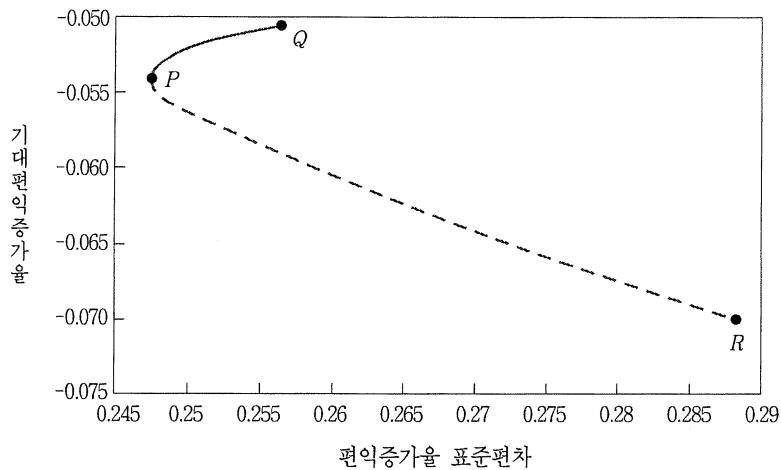
식 (7)로부터 에너지원 소비조합의 편익증가율 분산은 개별 에너지원의 편익 증가율 분산 및 공분산에 의해 결정됨을 알 수 있다. 그러나 식 (5)에서 개별 에너지원의 편익증가율 분산은 은닉공통인자의 분산과 교란항의 분산을 포함하고 있으므로 이는 소비조합의 구성을 통하여 감소시킬 수 있는 비체계적 위험을 나타낸다. 반면, 식 (8)의 공분산 항은 세계 경제상황에 공통으로 영향을 받는 동행부분, 즉 은닉공통인자의 분산만을 포함하고 있으므로 에너지 소비조합을 구성하여도 제거할 수 없는 체계적 위험, 즉 시장위험을 의미하게 되는 것이다. 이제, 화석에너지원의 소비조합은 주어진 에너지 소비조합의 기대편익증가율 \bar{y}_p 에서 편익증가율의 변동(분산)을 최소화 시키는 소비조합을 의미하며, 이는 다음과 같은 최적화 문제의 해를 구함으로써 얻을 수 있게 된다.

$$\begin{aligned} & \min_{w_1, w_2, w_3} Var(y_p) \\ \text{s.t. } & \sum_{j=1}^3 w_j E(y_{jt}) = \bar{y}_p \\ & \sum_{j=1}^3 w_j = 1, \quad w_i \geq 0, \quad j = 1, 2, 3 \end{aligned} \quad (9)$$

<그림 2>는 이와 같은 최적화 문제의 해(solution)들로 구성된 소비조합의 기대편익증가율과 편익증가율의 표준편차간의 관계를 나타내고 있다. 재무이론에서는 <그림 2>의 PQ 선상에 위치하는 화석에너지원의 소비조합을 효율적 프론티어(frontier)라 부른다. 이는 효율적 프론티어 선상의 소비조합들은 동일한 기대편익증가율 수준에서는 더 작은 편익증가율의 변동을 갖거나, 동일한 편익증가율 변동에서는 더 높은 기대편익증가율을 갖기 때문이다. 반면, PR 선상

차 경 수

〈그림 2〉 평균-분산 모형에 의한 효율적 프론티어 곡선



에 위치하는 화석에너지원의 소비조합은 주어진 기대편익증가율 \bar{y}_p 에서 편익증가율의 변동을 최소화 시키는 소비조합이나, 지배원리에 의해 효율적 프론티어 PQ 선상의 소비조합에 의해 지배당하는 소비점들을 의미하게 된다.

본 연구에서 도출된 효율적 프론티어 PQ 선상의 소비조합들과 관련하여 주목할 점은 이들 효율적 소비조합들에서 원유의 소비비중 w_1 은 코너해(corner solution)를 갖는다는 점이다. 이와 같은 코너해는 식 (9)의 제약조건에 있는 w_1 의 하한점(lower bound)으로 주어지게 되는데, 이는 국제원유가격의 높은 상승률 및 체계적 위험과 관련된 높은 가격변동성에 기인한다. 다시 말해, 높은 수준의 국제원유가격 상승률은 원유의 기대편익증가율을 가장 낮은 수준에 머물게 하므로, 지배원리에 의해 우월한 에너지원의 소비조합을 구성하기 위해서는 가능한 한 가장 낮은 수준의 원유소비비중을 선택해야 하는 것이다. 또한 제Ⅱ장의 베이지안 추론결과로부터 원유의 편익증가율은 은닉공통인자의 변동에 가장 크게 노출되어 있음을 알 수 있었다. 전술한 바와 같이 이는 은닉공통인자의 변동에 대해 국제원유가격이 가장 크게 반응한다는 것을 의미하므로 원유의 경우, 소비조합의 구성을 통해 분산시킬 수 있는 편익증가율의 변동이 크지 않

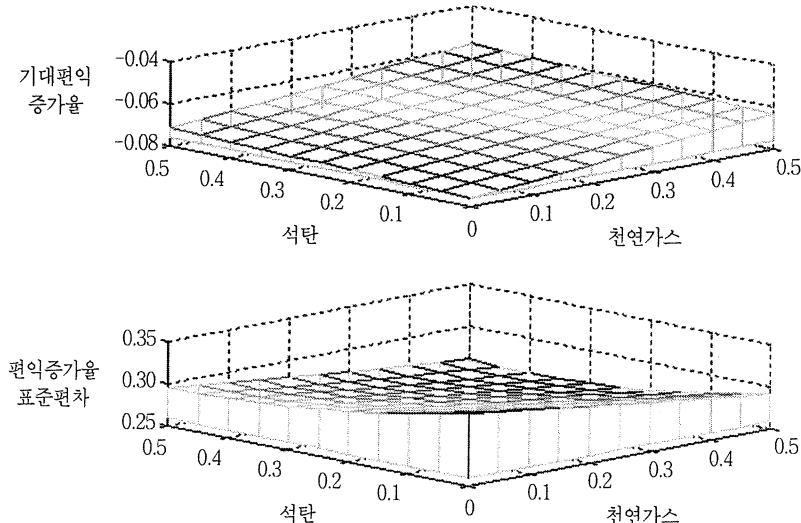
평균-분산 모형을 이용한 화석에너지원 소비조합 구성에 관한 연구

음을 의미하는 것이다. 따라서 에너지원 소비조합의 편익증가율 변동 중 은닉공통인자와 관련된 체계적 위험을 최소화 시키면서 개별 에너지원들이 갖고 있는 비체계적 위험을 효율적으로 분산시키기 위해서는 원유의 소비비중이 에너지 소비조합에서 가능한 한 낮아져야 함을 나타내는 것이라 할 수 있다.

2. 에너지소비조합에서 개별 에너지원의 역할

이제, 개별 에너지원의 소비비중 변화가 평균-분산 모형을 통해 구축된 에너지원 소비조합의 기대편익증가율과 편익증가율의 변동에 미치는 효과를 살펴보도록 하자. <그림 3>은 원유, 천연가스 및 석탄의 다양한 소비조합으로 나타날 수 있는 기대편익증가율과 편익증가율의 표준편차를 3차원 곡면으로 나타내고 있다. 3차원 곡면의 특성상, <그림 3>은 x축과 y축에 천연가스와 석탄의 소비비중을 표시하며, 원유의 비중은 이들의 소비비중을 제외한 부분으로 정의된다. 먼저, 첫 번째 나타나 있는 기대편익증가율 곡면의 경우, 천연가스와 석탄의 소

<그림 3> 기대편익증가율 및 표준편차 곡면



차 경 수

비비중은 높고 원유의 소비비중이 낮을수록 기대편익증가율 곡면이 단조적으로 (monotonically) 증가함을 알 수 있다. 이에 따라 기대편익증가율은 원유의 소비가 이루어지지 않는 곡면부분에서 최고점을 형성하고 있다. 특히, 이와 같은 기대편익증가율의 증가분은 원유소비를 천연가스로 대체함에 따라 더 크게 증가하고 있다. 다시 말해, 편도함수적인 관점에서 주어진 각각의 석탄소비 비중에서 원유의 소비비중 감소를 천연가스 소비로 대체할 경우 발생하는 기대편익 증가율의 상승이 원유의 소비를 석탄으로 대체하는 경우보다 더 크다는 것이다. 이와 같은 결과는 <표 2>의 추정결과에 나타나 있는 바와 같이 원유의 기대편익증가율이 가장 낮은 반면, 천연가스의 기대편익증가율은 가장 높기 때문에 발생한다. 따라서 화석에너지원 소비조합을 구축함에 있어 원유소비의 비중축소를 천연가스로 대체함에 따라 이의 기대편익증가율이 더 크게 상승할 수 있음을 알 수 있다.

두 번째 나타나 있는 편익증가율의 표준편차 곡면 역시 원유의 소비비중이 낮을수록 소비조합 편익증가율의 표준편차가 감소하고 있음을 나타내고 있으나, 평균-분산 모형의 분산투자 원리에 따라 원유소비를 석탄이나 천연가스 중 하나로 대체하는 경우보다 두 에너지원으로 분산하여 소비할 경우, 표준편차가 더 효율적으로 감소하고 있음을 보여주고 있다. 따라서 이상의 결과들이 의미하는 바는 천연가스와 석탄의 경우, 다양한 소비조합의 구축을 통해 이들 에너지원이 소비조합의 편익증가율 변동에서 차지하는 기여도를 감소시킬 수 있는 반면, 원유의 경우는 최적 소비조합의 구축을 통하여 감소시킬 수 있는 기여도가 크지 않음을 의미하는 것이다.

이와 같은 점은 에너지 소비조합의 체계적 편익증가율의 총 변동을 개별 에너지원의 편익증가율 변동 중 체계적 위험과 관련된 변동들만의 합으로 정의한 후, 이로부터 개별 에너지원이 차지하는 기여도를 구함으로써 쉽게 확인할 수 있다. 이와 같은 분산분해(variance decomposition)에서 에너지 소비조합의 체계적 편익증가율 총 변동과 이와 관련된 개별 화석에너지원 $j, j = 1, 2, 3$ 의 기여도는 다음과 같은 식 (10)과 식 (11)에 의해 정의된다.

$$Var(y_p^{sys}) = \sum_{j=1}^3 w_j^2 [\gamma_j^2 Var(f_t)] + \sum_{j=1}^3 \sum_{l \neq j}^3 w_j w_l [\gamma_j \gamma_l Var(f_t)] \quad (10)$$

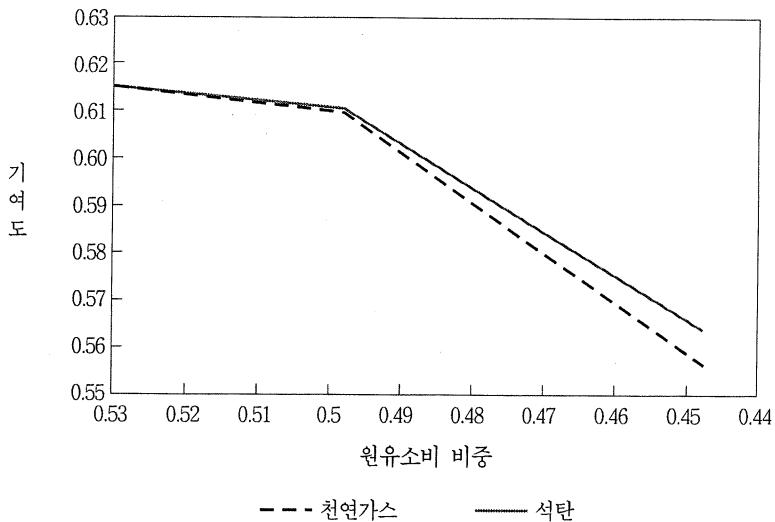
$$j\text{의 기여도} = \frac{w_j^2 [\gamma_j^2 Var(f_t)] + \sum_{l \neq j}^3 w_j w_l [\gamma_j \gamma_l Var(f_t)]}{\sum_{j=1}^3 w_j^2 [\gamma_j^2 Var(f_t)] + \sum_{j=1}^3 \sum_{l \neq j}^3 w_j w_l [\gamma_j \gamma_l Var(f_t)]} \quad (11)$$

이제 식 (10)과 식 (11)을 이용하여 2009년 우리나라 화석에너지원 소비조합의 체계적 편익증가율의 총 변동에서 개별 에너지원이 차지하는 비중을 살펴보면 다음과 같다. 2009년 현재 우리나라 총 화석에너지원 소비에서 원유는 50.3%, 천연가스는 15.6%, 그리고 석탄은 33.8%의 소비비중을 각각 차지하였다. 따라서 2009년 우리나라 화석에너지원 소비조합의 체계적 편익증가율 총 변동에서 원유가 차지하는 기여도는 61.5%이며, 천연가스와 석탄은 각각 14.8%와 23.7%의 기여도를 차지하고 있다. 이와 같은 사실은 아직 우리나라의 화석에너지 소비구조가 세계경제 상황변화와 같은 체계적 위험에 상당부분 노출되어 있음을 의미하는 것이라 할 수 있다.

한편, <그림 4>는 2009년 현재 50.3%에 머물고 있는 원유소비를 천연가스 혹은 석탄으로 대체할 경우 발생하는 원유의 기여도 변화를 나타내고 있다. <그림 4>에 따르면 원유소비를 천연가스 혹은 석탄으로 대체할 경우, 소비조합의 체계적 편익증가율 총 변동에서 원유가 차지하는 기여도는 단조적으로 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 원유의 소비비중이 50% 이하로 감소할 경우 원유의 기여도는 이들 두 경우 모두에서 빠르게 감소하며, 이와 같은 기여도의 감소는 원유를 천연가스로 대체함에 따라 더욱 효과적으로 나타남을 알 수 있다. 이는 에너지 소비조합의 구성을 통해서도 감소시킬 수 없는 에너지원 소비조합의 체계적 편익증가율 총 변동은 원유소비를 천연가스 소비로 대체할 때, 가장 효율적으로 감소시킬 수 있음을 의미하는 것이다.

차 경 수

〈그림 4〉 체계적 편익률 총 변동 중 에너지 대체에 따른 원유의 기여도 변화



3. 화식에너지원의 최적 소비조합 구축

에너지원 소비조합의 이와 같은 특성들은 효율적 프론티어 선상의 소비조합에서 원유의 소비비중이 식 (9)의 제약조건으로 주어진 하한점을 해(solution)로 갖게 한다. 따라서 효율적 프론티어 선상의 소비조합을 구축하는 문제는 주어진 w_1 의 하한점과 기대편익증가율 \bar{y}_p 에서 편익증가율의 변동을 최소화하는 천연가스 및 석탄의 최적조합을 구하는 문제와 동일한 문제가 된다. 결국, 식 (9)에서 주어진 $w_1 \geq 0$ 이라는 제약조건은 $w_1 \geq c$, $c \geq 0$ 라는 제약조건의 한 형태일 뿐이며, <그림 2>의 효율적 프론티어 PQ 는 w_1 의 하한점을 $c = 0$ 으로 설정한 이론상의 소비조합이다.⁸⁾ 따라서 이와 같은 특성에 기초하여 보다 현실적인 최적 소비조합을 구축하는 작업은 다음과 같은 두 가지 형태로 생각해 볼 수 있다. 첫째는 w_1 의 하한점을 우리 경제가 장기적으로 도달할 수 있는 목표

8) 이는 원유소비가 전혀 이루어지지 않는 이론상의 비현실적 소비조합임을 의미하는 것이다.

평균-분산 모형을 이용한 화석에너지원 소비조합 구성에 관한 연구

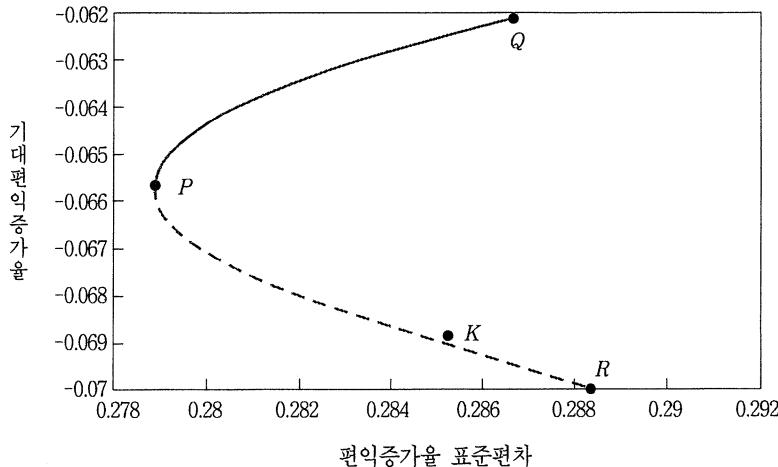
치로 설정한 후, 주어진 목표치 하에서 최적의 천연가스와 석탄의 소비조합을 구하는 것이다. 둘째는 이와 같은 장기적 소비조합에 비해서는 비효율적이나, 주어진 장기목표 하에서 단기적으로 도달할 수 있는 최적의 소비조합을 구성하는 것이다. 따라서 첫 번째 관점의 장기적 소비조합은 <그림 2>에 나타나 있는 효율적 프론티어 PQ 선상의 소비조합이 되며, 단기적 소비조합은 PR 선상에 위치한 소비조합으로 이해할 수 있게 된다.

이제, 이와 같은 장·단기적 화석에너지원 소비조합의 개념을 현재 우리나라에서 진행 중인 에너지 소비구조 변화추세에 적용시켜 보도록 하자. 우리나라는 제1·2차 유가파동을 경험한 이후, 원유소비에 대한 의존도 감소와 함께 에너지원의 다변화를 추구하여 왔다. 그 결과, 총 화석에너지원 소비에서 원유가 차지하는 소비비중은 1993년 이후 지속적인 감소추세를 보이고 있는 반면, 천연가스의 소비비중은 1990년 이후 빠른 증가세를 보이고 있다. 석탄의 경우, 발전용 유연탄 소비의 증가로 1990년 중반 이후 완만한 증가세를 보이고 있으나, 화석에너지원 소비에서 차지하고 있는 비중은 30% 중반에서 정체되어 있는 상황이다. 본 연구는 이와 같은 원유소비 비중의 축소추세를 고려하여 장기적으로 총 화석에너지원 소비에서 원유가 차지하는 비중이 45% 수준까지 감소하는 경우를 설정하였다.

<그림 5>는 이와 같은 장기목표치 하에서 구축된 화석에너지원의 최적 소비조합을 나타내고 있다. 전술한 바와 같이 <그림 5>에서 효율적 프론티어를 나타내는 소비조합 PQ 는 원유의 소비비중이 장기적으로 45%까지 축소되었을 경우의 최적 소비조합을 의미하며, PR 은 현재의 소비구조에서 중단기적으로 효율성을 추구할 수 있는 소비조합을 의미하게 된다. <그림 5>에서 편익증가율의 최소변동을 의미하는 점 P 에서의 기대편익증가율과 표준편차는 각각 -0.0657과 0.2789로 나타났으며, 이는 천연가스 32.7%와 석탄 22.3%의 소비구조로 구성되어 있다. 또한 효율적 프론티어 PQ 선상의 소비조합에서 최대 기대편익증가율을 의미하는 점 Q 에서의 기대편익증가율과 표준편차는 각각 -0.0621과 0.2868로, 이를 위해서는 석탄의 소비비중이 없이 천연가스의 소비만 55% 이루

차 경 수

〈그림 5〉 최적 화석에너지 소비구조



어져야 하는 것으로 나타났다. 이상의 결과는 장기적으로 총 화석에너지원 소비에서 원유의 소비비중이 45% 수준에 머물 경우, 석탄의 소비비중은 0~22.3% 수준이어야 최적임을 의미하며, 석탄의 소비비중이 작을수록 기대편익증가율이 상승할 수 있음을 나타내는 것이다. 효율적 프론티어가 갖고 있는 이와 같은 특성은 장기 원유소비 목표비중의 수준과 관계없는 것이므로, 장기적으로 효율적인 화석에너지 소비구조를 갖기 위해서는 천연가스의 소비비중 증가와 함께 원유 및 석탄의 소비비중도 함께 축소되어야 함을 의미하는 것이다.

한편, 〈그림 5〉에서 점 K 는 2009년 현재 우리나라 화석에너지원 소비조합으로부터 얻을 수 있는 기대편익증가율과 편익증가율의 변동수준을 나타내고 있다. 점 K 에서의 기대편익증가율과 표준편차는 각각 -0.0690 과 0.2854 로서 PQ 선상의 소비조합에 의해서도 지배당하는 열등한 소비구조임을 나타내고 있다. 따라서 점 K 이상의 기대편익증가율을 얻기 위해서는 원유소비의 비중을 축소하는 것이 필요하다. 그러나 PQ 선상의 소비조합에서와 달리 단기적으로는 이와 같은 원유소비의 대체가 반드시 천연가스로 이루어지지 않아도 되는 것으로 나타났다. 예로서, 현재 점 K 에서의 기대편익증가율을 유지하기 위해

평균-분산 모형을 이용한 화석에너지원 소비조합 구성에 관한 연구

원유소비를 47.3%로 축소하고 천연가스 소비비중을 13.6%로 감소시킴에 따라 기대편익증가율의 표준편차가 0.2853인 *PR* 선상의 소비조합으로 이동할 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 장기적 최적점으로의 이행을 위해서는 이보다 원유소비를 천연가스로 대체하는 것이 더욱 바람직할 것이다. 이는 일반적 인식과 달리 천연가스의 기대편익증가율이 석탄에 비해 높을 뿐 아니라, 앞서 살펴본 바와 같이 원유소비로 유발되는 화석에너지원 소비조합의 체계적 편익증가율 총 변동을 천연가스로의 대체를 통해 효율적으로 축소시킬 수 있기 때문이다.

IV. 결 론

본 연구에서는 Markowitz(1952)의 평균-분산 모형과 지배원리에 기초하여 화석에너지원의 최적 소비조합을 구성하려 하였다. 이를 위해 1달러당 열량으로 표시된 이들 화석에너지원의 편익변동을 동태온닉공통인자 모형을 이용하여 동행부분과 개별 에너지원의 특이적 수급상황에 기초한 변동으로 분해한 후, 평균-분산 모형을 적용한 화석에너지의 최적 소비조합을 구성하였다. 분석결과, 평균-분산 모형에서 최적 소비조합을 의미하는 효율적 프론티어 선상의 소비조합들에서 는 사회적으로 도달 가능한 최저 수준의 원유소비 비중을 유지하면서 석탄보다는 천연가스의 소비비중을 높여야 하는 것으로 나타났다. 특히, 이와 같은 결과는 현재 우리나라에서 추구하고 있는 원유 및 석탄의 소비비중 축소전략과도 일치하는 결과라 할 수 있다.

2000년 이후 국제 원유가격은 지속적인 상승추세를 유지하였음에도 유가상승충격이 경제에 미치는 효과는 과거 제1·2차 유가파동에 의해 크게 감소한 것으로 보고되고 있다. Blanchard and Gali(2007), Dhawan, Jeske and Silos(2009)는 이와 같은 요인으로 생산부문에서 나타나고 있는 원유소비 비중의 축소를 지목하고 있다. 따라서 본 연구의 결과들은 이와 같은 선행연구 결과들과

차 경 수

동일선상에서 원유소비의 비중축소가 화석에너지원의 소비로부터 얻을 수 있는 편익향상과 편익의 변동에 따르는 경제활동의 불안정성을 축소시킬 수 있는 방법임을 지적하는 결과라 할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구의 결과는 거시적 관점에서 이루어지고 있는 유가충격의 효과를 재무론적 관점에서 재해석한 것이라 할 수 있다.

마지막으로 본 연구가 갖고 있는 한계 및 향후 연구방법에 관해 언급하고자 한다. 지금까지 본 연구에서는 화석에너지원 소비로부터 얻을 수 있는 편익률의 변동을 이들 에너지원의 국제가격 변동으로 유발되는 1달러당 열량 변화율로 정의하였다. 그러나 이와 같은 가정은 이들 에너지원이 유발하는 대기오염 비용과 같은 사회적 비용을 포함시키지 않고, 단순히 사적 비용만을 고려한 것이라 할 수 있다. 따라서 사회적 비용을 포함하는 사회적 관점의 최적 소비구조 구축을 위해서는 본 연구에서 추구한 방식과 다른 형태의 새로운 접근방식에 대한 연구가 지속적으로 개발되어야 할 것으로 보인다. 또한 한 국가의 에너지소비조합 구축을 위해서는 본 연구에서 다룬 에너지원의 편익적 관점 외에도, 에너지 안보와 같은 측면도 함께 고찰되어야 하므로 이들 모두를 고려할 수 있는 종합적 관점의 기준체시가 지속적으로 추구되어야 할 것이다.

◎ 참 고 문 헌 ◎

1. Awerbuch, S., "Portfolio-Based Electricity Generation Planning : Policy Implications for Renewable and Energy Security," *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 11, 2006, pp. 693~710.
2. Blanchard, O. J. and J. Gali, "The Macroeconomic Effects of Oil Price Shocks : Why are the 2000s so Different from the 1970s," NBER Working Paper, No. 13368, National Bureau of Economic Research, 2007.
3. Carter, C. K. and P. Kohn, "On Gibbs Sampling for State Space Models," *Biometrika* 81, 1994, pp. 541~553.

평균-분산 모형을 이용한 화석에너지원 소비조합 구성에 관한 연구

4. Cashin, C., J. McDermott and A. Scott, "The Myth of Comoving Commodity Prices," IMF Working Paper, WP/99/169, 1999.
5. Dhawan, R., K. Jeske and P. Silos, "Productivity, Energy Prices and Great Moderation : A New Link," *Review of Economic Dynamics* 13, 2010, pp. 715~724.
6. Deb, P. and P. K. Trivedi and P. Varangis, "The Excess Co-Movement of Commodity Prices Reconsidered," *Journal of Applied Econometrics* 11, 1996, pp. 275~291.
7. Foidart, F., J. Oliver-Solá, C. M. Gabarrell and J. Rieradevall, "How Important are Current Energy Mix Choices on Future Sustainability? Case Study : Belgium and Spain - Projections towards 2020-2030," *Energy Policy* 38, 2010, pp. 5028~5037.
8. Geweke, J., "The Dynamic Factor Analysis of Economic Time Series," in Aigner and A. Goldberger (eds.), *Latent Variables in Socio-economic Models*, North Holland, Amsterdam, 1977, pp. 365~383.
9. Geweke, J., "Evaluating the Accuracy of Sampling-Based Approaches to the Calculation of Posterior Moments," in J. M. Bernardo *et al.* (eds.), *Bayesian Statistics 4 : Proceedings of the Fourth Valencia International Meeting*, Oxford, Clarendon Press, 1992.
10. Geweke, J., "Monte Carlo Simulation and Numerical Integration," in H. Amman, D. Kendrick and J. Rust (eds.), *Handbook of Computational Economics*, North-Holland, Amsterdam, 1996, pp. 731~800.
11. Grubb, M., L. Butler and P. Twomey, "Diversity and Security in UK Electricity Generation : The Influence of Low-Carbon Objectives," *Energy Policy* 34, 2006, pp. 4050~4062.
12. Markowitz, H. M., "Portfolio Selection," *Journal of Finance* 12, 1952, pp. 77~91.
13. Marrero, G. A., "Greenhouse Gases Emissions, Growth and the Energy Mix in Europe," *Energy Economics* 32, 2010, pp. 1356~1363.
14. Otrok, C. and C. H. Whiteman, "Bayesian Leading Indicators : Measuring and Predicting Economic Conditions in Iowa," *International Economic Review* 39, 1998, pp. 997~1014.
15. Palaskas, T. B., "Commodity Prices : Implications of the Co-Movement and Excess Co-Movement," in M. Nissake and A. Hewitt (eds.) *Economic Countries : New Perspectives on Commodities, Trade and Finance*, New York, 1993, pp. 89~103.

차 경 수

16. Palaskas, T. B. and P. N. Varangis, "Is There Excess Co-Movement of Primary Commodity Prices : A Cointegration Test," Working Paper, World Bank, 1991.
17. Pindyck, R. S. and J. J. Rotemberg, "The Excess Co-Movement of Commodity Prices," *Economic Journal* 100, 1999, pp. 1173~1189.
18. Sargent, T. J. and C. A. Sims, "Business Cycle Modeling Without Pretending to Have Too Much a Priori Economic Theory," in C. A. Sims *et al.* (eds.), *New Methods in Business Cycle Research*, Federal Reserve Bank of Minneapolis : Minneapolis, MN. 1997, pp. 45~108.
19. Stock, J. H. and M. W. Watson, "A Probability Model of Coincident Economic Indicators," NBER Working Paper No. 2772, 1989a.
20. Stock, J. H. and M. W. Watson, "New Indexes of Coincident and Leading Indicators," in O. Blanchard and S. Fisher (eds.), *NBER Macroeconomics Annual 1989*, MIT Press, Cambridge, MA, 1989b, pp. 351~394.
21. Stock, J. H. and M. W. Watson, "A Probability Model of the Coincident Indicators," in K. Lahiri and G. Moore (eds.), *Leading Economic Indicators : New Approaches and Forecasting Record*, Cambridge University Press, Cambridge, MA, 1991, pp. 63~95.
22. Stock, J. H. and M. W. Watson, "Forecasting Inflation," *Journal of Monetary Economics* 44, 1999, pp. 293~335.
23. Tanner, M. and W. H. Wong, "The Calculation of Posterior Distributions by Data Augmentation," *Journal of the American Statistical Association* 82, 1987, pp. 584~550.
24. Trivedi, P. K., "Tests of Some Hypotheses about the Time Series Behavior of Commodity Prices," in G. S. Maddala, Peter C. B. Phillips and T. N. Srinivasan (eds.), *Advances in Econometrics and Quantitative Economics : Essays in Honor of C. R. Rao*, Blackwell, Oxford, 1995, pp. 382~412.

접수일(2011년 2월 14일), 수정일(2011년 5월 9일), 개재확정일(2011년 6월 7일)

요 약

평균-분산 모형을 이용한 화석에너지원 소비조합 구성에 관한 연구

차 경 수

본 연구에서는 Markowitz (1952)의 평균-분산 모형과 지배원리에 입각하여 원유, 석탄, 천연가스로 대표되는 화석에너지원의 최적 소비조합을 구축하려 하였다. 이를 위해 1달러당 열량으로 정의된 화석에너지원들의 편익변동을 동태은닉공통인자 모형을 이용하여 동행부분과 개별 에너지원의 특이적 수급상황에 기초한 변동으로 분해한 후, 그 결과에 기초하여 최적 화석에너지원의 최적 소비조합을 구성하였다. 분석결과, 평균-분산 모형에서 최적 소비조합을 의미하는 효율적 프론티어 선상의 소비조합들에서 는 사회적으로 도달 가능한 최저 수준의 원유소비 비중을 유지하면서 석탄보다는 천연가스의 소비비중을 높여야 하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 현재 우리나라에서 추구하고 있는 원유 및 석탄의 소비비중 축소전략과도 일치하는 결과라 할 수 있으며, 원유소비의 비중축소가 화석에너지원의 소비로부터 얻을 수 있는 편익향상과 함께 편익변동에 따르는 경제활동의 불안정성을 축소시킬 수 있는 방법임을 지적하는 것이라 할 수 있다.

주제어 : 평균-분산 모형, 지배원리, 동태은닉공통인자모형, 최적 에너지원 소비조합

Abstracts

A Study on Construction of an Optimal Fossil Fuel Mix : A Portfolio-Based Approach

Kyungsoo Cha

In this paper, we attempted to suggest a way to evaluate appropriateness and efficiency for the energy consumption structure. For this, based on Markowitz (1952)' mean-variance portfolio model, we constructed an optimal fossil fuel mix. In constructing the optimal mix, we first defined returns on fossil fuels (oil, coal and natural gas) as TOE (Ton of Oil Equivalent) per \$1. Then, by using the dynamic latent common factor model, we decomposed the growth rates of the returns on each fossil fuel into two parts : the common part and the idiosyncratic part. Finally, based on the results from the dynamic latent common factor model, we constructed the optimal fossil fuel mix implied by the mean-variance portfolio model. Our results indicate that for the fossil fuel mix to be on the efficient frontier, it is crucial to reduce oil consumption as low as possible. Moreover, our results imply that it is more efficient to increase natural gas consumption rather than coal consumption in reducing oil consumption. These results are in line with the strategies for the future energy consumption structure pursued by Korea and indicate that reduction in oil use can improve overall efficiency in energy consumption.

Keywords : mean-variance portfolio model, dominance principle,
dynamic latent common factor model, optimal fossil fuel mix