

# 실물옵션을 이용한 SNG 사업투자의 경제성 평가 연구

강승진<sup>1</sup> · 홍진표<sup>2†</sup>

<sup>1</sup>한국산업기술대학교 지식기반기술에너지대학원, <sup>2</sup>한국전력공사 전력연구원

## A Study on Economic Evaluation of SNG Project using Real Option Valuation Model

KANG SEUNG JIN<sup>1</sup>, HONG JIN PYO<sup>2†</sup>

<sup>1</sup>Grad. School of Knowledge-based Technology and Energy Korea Polytechnic Univ.

<sup>2</sup>Korea Electric Power Corporation Electric Power Research Institute,  
105 Munji-Ro Yuseong-gu, Daejeon, 305-760, Korea

**Abstract** >> This study attempts to suggest an economic analysis model for SNG projects, which can reflect the future uncertainty objectively and applies the real option valuation incorporating the flexible investment decision. Based on this analysis model, net present value and internal rate of return were estimated by using preliminary feasibility study report of SNG project. And economic evaluation of SNG project was performed with real option valuation using binomial option model. Through this, the difference of analysis results between the real option valuation model and the discounted cash flow model were compared and the usefulness of the real option valuation model was confirmed. From the actual proof analysis, it is confirmed that the real option valuation model showed higher SNG project value than the discounted cash flow model did. It was confirmed that by applying the real option valuation model, economic analysis can be performed on not only the current straightforward SNG project, but also various future portfolios having options such as expansion, modification, or decommission.

**Key words** : Discounted cash flow(현금흐름할인), Real option(실물옵션), Synthetic natural gas(합성천연가스), Binomial option(이항옵션), Net present value(순현재가치), Internal rate of return(내부수익률)

### 1. 서론

전 세계적으로 경제개발에 따른 에너지 수요가 급증되고 있으며, 천연가스 및 석유 등을 포함한 화석 연료의 고갈로 인해 에너지 수급 불균형이 심각해지고 있다. 천연가스 수요의 경우, 유가에 연동하여 가격이 결정되고 있으며, 특히, 최근 청정연료원으로

인식되어 수요가 급증하고 있으며, 가스 OPEC 출범(러시아, 카타르 등)에 따라 향후 천연가스 공급 및 가격 통제가 심화될 것으로 전망되고 있다.

최근 우리나라도 환경문제에 대한 관심의 증대로 청정에너지에 대한 선호 추세가 가속화되면서 천연가스 수입은 크게 증가하고 있다.

2013년에 발표된 제2차 에너지기본계획에 의하면 2035년까지 발전용 천연가스 소비량은 연평균 1.9% 정도로 지속적으로 증가될 것으로 전망하고 있으며, 수요 비중 역시 2013년 17%에서 2035년에는 19.4%

<sup>†</sup>Corresponding author : hongjin@kepco.co.kr

[ 접수일 : 2014.4.14 수정일 : 2014.6.26 게재확정일 : 2014.6.30 ]

Copyright © 2014 KHNES

로 증가될 것으로 전망하고 있다.

그러나 석탄의 경우 석유 및 천연가스에 비하여 석탄의 매장량은 5조 배럴(석유상당량)로 석유 고갈 후 대체에너지가 성숙하기 전 100년 이상 사용 가능한 현실적인 석유대체 연료로 부존량이 많고 생산지역이 전 세계적으로 고루 분포되어 있으며, 생산국들이 정치, 경제적으로 안정되어 있고 수송체계가 완비되어 있는 등 수급상의 장점이 많다. 이러한 장점에도 불구하고 발전용 원료로서의 석탄의 사용은 최근 강화되고 있는 환경규제 추세로 인하여 장기적인 관점에서 기존 기술에 적용하기엔 많은 어려움이 있을 것이다. 따라서 연료수급의 안정성 측면에서 상대적으로 유리한 석탄연료를 고가의 천연가스로 대체할 수 있는 기술인 합성천연가스(SNG: Synthetic Natural Gas) 생산기술은 저가의 석탄연료를 활용하여 청정한 조건에서 대체천연가스를 생산하여 고부가가치의 전력을 생산할 수 있는 기술로서 에너지를 대부분의 의존하는 우리나라의 현실을 고려할 경우 에너지 안보측면에서 그 의미가 있다.

이와 관련하여 S 발전회사는 경남하동에 연산 50만톤 규모의 SNG 생산설비 건설을 추진하고 있다. 합성천연가스사업은 1조 5천억 이상의 대규모 신규 투자 및 장기적인 관점에서 신재생에너지의 개발에 포함되기 때문에 사업의 변동성과 불확실성이 내재되어 있다. 그러나 기존의 현금흐름할인법(DCF: Discounted Cash Flow Method)은 현실세계에서 미래에 대한 확실성의 가정은 매우 제한적일 수밖에 없음에도 불구하고 가치평가에서 내·외부 환경에 변화가 없다는 것을 가정하여 가치를 평가하는 방법이다. 이 DCF법은 할인율을 이용해 시간의 가치를 반영하는 방법으로 자본투자사업의 가치평가를 위한 전통적인 자본예산법이다. 순현재가치법은 현금흐름할인법의 대표적인 것으로 투자 사업에 의해 발생할 것으로 예상되는 미래의 현금흐름을 적절한 할인율을 활용하여 현재가치로 환산함으로써 투자의 가치를 평가하는

방법이다. 순현재가치법(NPV : Net Present Value)은 향후 사업의 전개방향이냐 제반 환경이 확실성에 기반하고 있을 경우 타당한 가치평가법이지만, NPV를 산출하기 위한 중요변수인 미래현금흐름과 할인율의 추정과정에서 그 한계를 찾을 수 있다. 미래현금에 대한 추정과정에서 임의성(주관성)이 들어갈 확률이 높기 때문에 과거의 추세치와 해당산업의 발전정도를 고려할 때 평가자에 따라 다른 추정치를 산출할 수 있다. 불확실성과 변동성이 적은 기존의 화력발전 및 원자력 발전사업의 경우 기대수익률 산정에 있어 가장 중요한  $\beta$ 추정은 기업의 통상 5년치의 과거의 자료를 바탕으로 경제성을 분석하기 때문에 투자가치평가의 신뢰성을 가질 수 있으며, 또한 가치평가에 있어 과거 데이터 못지 않게 동종산업 내 유사기업의 정보 역시 중요하다. 그러나 신규사업의 경우 전통산업과는 달리 새로운 사업영역을 창출하는 사례가 많기 때문에 비교대상을 찾기가 쉽지 않다. 설령 찾는다 해도 관련 데이터가 많지 않기 때문에 데이터의 신뢰성이 낮아 투자가치 평가의 신뢰성을 확보할 수 없다(D.P. Hong, 2001).

기존의 발전사업 경제성 분석에 DCF 방식을 활용한 경우 주요 Parameter를 이용한 미래의 상황을 평가시점에서 확정하여 일정한 현금흐름을 가정하여 분석하기 때문에 신뢰성이 높아 의사결정이 쉬울 수 있다. 그러나 새로 시도되는 신규사업은 과거 실적이 없는 새로운 사업영역으로 미래 현금흐름 추정의 주관성은 불가피하다. 또한 기대현금흐름이 기대수익률에 대한 민감도가 높기 때문에 기대수익률의 측정에 작은 오류가 있어도 측정된 가치는 실제가치에서 크게 벗어날 수 있다.

실제 기업의 투자의사결정 사례를 대상으로 실물 옵션을 적용한 연구로는 천연가스 개발을 대상으로 한 Brennan and Schwartz (1985), 석유회사의 유전탐사 프로젝트를 대상으로 한 Kemna (1993), 제약회사의 연구개발 투자를 대상으로 한 Micalizzi (1999),

기업의 정보기술(IT) 투자를 대상으로 한 Benaroch and Kauffman (1999) 등의 다양한 분야에서 지속적으로 연구가 이루어지고 있다. 기업이 투자하는 현실 시장에는 무수한 불확실성이 존재하고 있다. 이러한 불확실성을 단순히 기피해야할 위험으로만 인식하는 것이 기존의 가치평가 방식이었다면 실물옵션은 불확실성하에서의 선택이라는 옵션 개념을 도입함으로써 경영 혹은 관리상의 유연성, 상황성, 변동성을 가치평가에 반영함으로써 가치가 증대될 수 있다는 장점이 있다.

미래의 불확실성하에서 국내에서 최초로 건설되는 합성천연가스(SNG)는 대규모 신규투자 및 산재생에너지사업으로 사업의 불확실성과 변동성, 수시로 사업 환경 변화에 대응하기 위한 의사결정을 제대로 반영한 리얼옵션을 활용하여 SNG 사업의 경제성 분석을 통한 사업의 타당성을 입증함으로써 최적의 투자 대안을 제시하고자 한다.

본 연구에서는 DCF 모형과 실물옵션 모형을 이용하여 SNG사업 투자의 가치를 도출하였다. 또한 두 모형을 이용하여 도출한 결과를 비교하여 총 옵션의 가치를 도출하였다.

본 논문의 구성은 제2장에서는 석탄 합성천연가스의 생산공정 원리와 생산방법 등을 살펴보고, 제3장은 DCF와 실물옵션의 이론적 배경 및 선행연구와 실물옵션 모형화를 도출한다. 제4장은 DCF 모형과 실물옵션 모형을 이용한 실증분석 결과를 도출하여 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

## 2. 석탄합성천연가스 생산설비

### 2.1 석탄 SNG 개요

합성천연가스(SNG : Synthetic Natural Gas)란 석탄으로부터 얻어진 천연가스를 뜻하며, 대체연료가스로도 불린다. 이는 석탄을 기반으로 하는 청정이용 기술 중의 하나로서 최근 에너지원의 다양성을 확보

하고 원유 및 천연가스를 대체할 수 있는 에너지원으로 인식되면서 각국의 많은 노력과 투자가 활발하게 진행되고 있다. 석탄을 이용하여 천연가스를 만들면 기존의 천연가스 인프라를 그대로 활용할 수 있도록 2013.12월에 도시가스법이 개정되어 현실적인 석탄 청정 이용기술이 더욱 촉진될 것으로 생각된다.

석탄으로부터 SNG를 제조하는 생산방법은 석탄을 고온, 고압조건에서 산소 및 증기와 불완전연소 및 가스화반응을 시켜 합성가스(CO, H<sub>2</sub> 주성분)를 생산하여 이 가스 내에 포함된 오염물질의 정제과정을 거친 후 청정한 합성가스를 메탄합성공정을 거쳐 생산되는 설비로 주요 공정은 석탄전처리 설비, 산소분리설비, 가스화기, 정제설비, 메탄합성설비로 구성되어 있다.

석탄으로부터 생산된 SNG는 기존 천연가스 품질과 비교하여 동일한 품질 수준으로 발전회사의 가스 터빈 연료로 사용된다. SNG는 저급탄을 사용하여 가스화를 통해 SNG 생산이 가능하기 때문에 경제적으로 안정적인 원료 공급이 가능할 것이다. 또한 저가의 석탄을 이용하여 천연가스를 생산함으로써 고

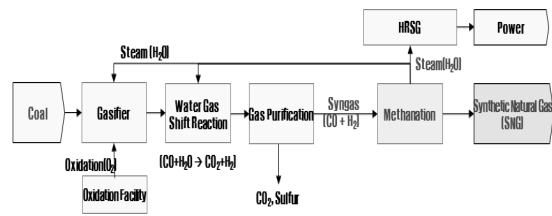


Fig. 1 SNG Process Flow Diagram

Table 1 Component Comparison of SNG and LNG

section	Domestic			Overseas	
	SNG	LNG	Piping Standards	Japan	USA
Heat Value (kcal/Nm <sup>3</sup> )	9,400	9,700~10,800	10,400±100	10,78	8,940
Methane(%)	98	85 ~ 98	85 above	85	95 above
Nitrogen(%)	1 Under	1 Under	1 Under	1 Under	0.6 Under
Sulfur (mg/Nm <sup>3</sup> )	30Under	30Under	30Under	30Under	30Under

부가가치 창출이 가능하며, 기존 인프라설비를 활용 할 수 있어 시장 개척이 용이하다.

## 2.2 석탄 SNG의 파급효과

최근 미국, 중국 등에서는 국가 에너지 안보 차원에서 많은 SNG 신규 C프로젝트가 진행되고 있으며, 이로 인해 향후 급속도의 성장이 예상되어 해외 SNG 시장에 크게 이바지 할 것으로 생각된다. 또한 연간 50만톤 SNG 생산으로 연간 약 2천억원 외화 절감(천연가스 수입가격 \$10/mmBtu, 석탄 수입가격 \$40/톤 가정)이 예상된다. 청정 석탄 기술을 활용하여 고순도 CO<sub>2</sub>를 경제적으로 포집할 수 있기 때문에 CCS (Carbon Capture & Storage) 등에 활용성이 높아 CO<sub>2</sub> 처리에서 경쟁력 확보가 가능하다.

## 3. 모 형

### 3.1 DCF (Discount Cash Flow) 모형

본 연구의 대상 프로젝트인 SNG 플랜트의 경제성 분석을 위한 기업가치평가를 위한 요소로 미래 현금 흐름, 할인율 및 경제수명 등을 고려한 대표적인 평가방법으로 가장 널리 이용되는 현금흐름할인법 가운데 순현재가치법(net present value method: NPV) 및 수익성지수법(profitability index method : PI)를 적용 하고자 한다.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+r)^t}, \quad \Pi = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} \div \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

$$BCR = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} + \frac{R}{(1+i)^n}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}} \quad (1)$$

$B_t$  :  $t$  년도 편익의 흐름

$C_t$  :  $t$  년도 비용의 흐름

$r$  : 사회적 할인율

$n$  : 사업의 기간

$R$  : 잔존가치

### 3.2 실물옵션모형(Real Option Model)

실물옵션평가방법(real options pricing method, ROPM)이란 금융(financial)옵션가치평가모형을 활용하여 실물자산(real assets)이나 프로젝트(project)에 대한 투자가치를 평가하기 위해 도입된 방법이다. 실물자산이란 비금융(non-financial)자산으로써 해당 자산에 대한 가격을 시장에서 결정하기 곤란한 자산을 말한다. 실물옵션방법은 전통적인 할인현금흐름(DCF) 방법에서의 사업 전개에 대한 경직적인 가정들에서 벗어나 경영 또는 관리상의 유연성(management's flexibility)을 가치평가에 적절히 반영시킬 수 있는 장점이 있다.

실제로, 불확실성과 경쟁적인 상호작용이 존재하는 현실적인 시장에서 현금흐름의 실현은 예상치와 상이할 수 있다. 또한, 시간의 경과에 따라 새로운 정보가 입수되면 시장여건과 미래 현금흐름에 대한 불확실성에 대한 예측이 달라진다. 이러한 경우 미래 이익을 실현시키거나 손실을 회피하기 위해 투자단계의 운영전략을 변경할 수 있는 경영 측면의 유용한 가치가 될 수 있다. 결국, 경영 혹은 관리상의 유연성이란 특정 프로젝트의 투자 및 운영단계에서 해당 프로젝트를 연기(defer), 확장(expand), 축소(contract), 폐기(abandon) 혹은 사용변경(switch use)할 수 있는 선택권 혹은 권리에 대한 내재적 가치(implied value)를 의미한다. 경영 또는 관리상의 유연성을 고려한 현재가치는 다음의 수식으로 표현될 수 있다.

$$\text{Expanded NPV} = \text{Static NPV} + \text{Option Premium} \quad (2)$$

- Expanded NPV : 실물옵션을 고려하여 계산된 투자안의 가치
- Static NPV : DCF모델로 계산된 투자안 가치
- Option Premium : 경영자의 대처능력을 옵션 가격결정모형에 의해 계량화 한 값

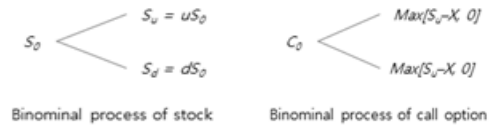


Fig. 2 Binomial Model or Option Value of Underlying Asset

3.2.1 블랙 솔즈 모형

블랙 솔즈 모형은 주식과 콜 옵션을 적절히 구성하여 무위험 포트폴리오를 구성한 다음 이 포트폴리오의 수익률과 무위험 자산 수익률이 동일하다는 당위성에서 시작한다. 블랙 솔즈 모형은 5개의 입력요소와 1개의 방정식을 이용하여 특정 옵션의 가치를 산출할 수 있으며, 특정 콜옵션에 대한 블랙 솔즈 방정식은 다음과 같다.

$$C = e^{-\gamma T} [S_0 e^{\gamma T} N(d_1) - KN(d_2)]$$

또는  $C = S_0 N(d_1) - Ke^{-\gamma T} N(d_2)$                       (3)

$$d_1 = \frac{\ln[\widehat{E}(S_T)/K] + \sigma^2 T/2}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$= \frac{\ln(S_0/K) + (\gamma + \sigma^2/2) T}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln[\widehat{E}(S_T)/K] - \sigma^2 T/2}{\sigma \sqrt{T}}$$

$$= \frac{\ln(S_0/K) + (\gamma - \sigma^2/2) T}{\sigma \sqrt{T}}$$

- C : 콜옵션의 현재가치
- S : 기초자산의 현재가치
- K : 행사가격
- $\gamma_f$  : 무위험이자율
- T : 옵션만기
- $\sigma$  : 기초자산의 변동성
- N(d) :  $d_1$ 과  $d_2$ 에서 평가된 정규분포의 값

3.2.2 이항옵션가격결정모형

Trigeorgis가 1996년에 지적한 바와 같이 1973년 발표된 블랙 솔즈의 옵션이론이 실물옵션의 기원이라고 할 수 있으나, 1979년 Cox, Ross 및 Rubinstein이 제안한 이항모형방법을 통해 옵션평가과정을 단순화할 수 있게 하면서 옵션의 응용범위를 확대하게 되었다.

이항모형(Binomial trees)은 기초자산의 가격이 이항분포를 따른다는 전제하에 옵션가치를 산정하는 모형으로 기초자산가격의 이항분포 및 무차익거래 가정만 필요하다.

이항옵션 모형 유도과 관련하여 옵션 한 단위 매입하고 기초자산을  $\Delta$ 단위 매도한 포트폴리오(V)를 구성할 수 있다. T후의 포트폴리오의 가치를 기초자산이 상승 혹은 하락에 관계없이 중립으로 만들어 주기 때문에  $\Delta$ 는 다음과 같은 관계식을 이용하여 구할 수 있다.

$$\Delta S_0 - f = S_0 u \Delta - f_u = S_0 d \Delta - f_d \tag{4}$$

$$\Delta = \frac{f_u - f_d}{S_0 u - S_0 d} \tag{5}$$

- u : 0에서 1시점까지 주가 상승시 주가변화율에 1을 더한 값(상향 계수)
- d : 0에서 1시점까지 주가 하락시 주가변화율에 1을 더한 값(하향계수)
- $f_u$  : 기초자산이 상승했을 때 콜옵션 가치
- $f_d$  : 기초자산이 하락했을 때 콜옵션 가치
- $\gamma$  : 무위험 이자율

$\Delta$  : 콜옵션 하나당 매입하는 주식의 수(헷지비율)

이 포트폴리오는 무위험이자율(risk-free rate of interest)  $\gamma$ 로 가치가 증식될 것이며, 이러한 무위험포트폴리오를 구성하기 위한 옵션비용을 산정하면 공정한 옵션가격이 된다.

무위험이자율  $\gamma$ 에 대해  $t=0$ 과  $t=T$  시점에서의 포트폴리오의 현재가치를 비교하면 식(6)과 같이 나타낼 수 있고, 옵션가치  $f$ 를 구하면 식(7)과 같다. 여기서  $p$ 는 기초자산 가격이 상승할 확률이다.

$$\Delta S_0 - f = (S_0 u \Delta - f_u) e^{-\gamma T} \tag{6}$$

$$f = S_0 \Delta (1 - u e^{\gamma T}) + f_u e^{-\gamma T} = e^{-\gamma T} [p f_u + (1-p) f_d] \tag{7}$$

$$p = \frac{(e^{\gamma T} - d)}{(u - d)}$$

식(7)을  $t=T$ 의 노드에 적용하면, 식(8)이 되고 이를 다시 식(7)에 대입하면 식(9)과 같이 2단계 이항모형이 된다.

$$f_u = e^{-\gamma T} [p f_{uu} + (1-p) f_{ud}] \tag{8}$$

$$f_d = e^{-\gamma T} [p f_{ud} + (1-p) f_{dd}]$$

$$f = e^{-\gamma T} [p f_u + (1-p) f_d]$$

$$f = e^{-2\gamma T} [p^2 f_{uu} + 2p(1-p) f_{ud} + (1-p)^2 f_{dd}] \tag{9}$$

이제 2단계의 이항모형에서  $n$ 단계로 일반화시켜  $n$ 기의 현금흐름을 갖고,  $n$ 번의 기초자산의 상승이 있을 경우 일반적인 보상은 다음과 같이 쓸 수 있다

$$MAX[0, u^j d^{n-j} S_0 - X] \tag{10}$$

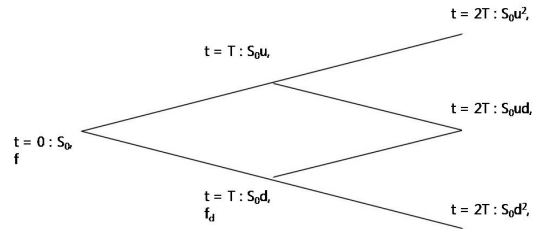


Fig. 3 Two Period Binomial Option Pricing Model

옵션의 만기까지 총  $n$ 번의 기간 동안  $j$ 번 상승하고,  $(n-j)$ 번 하락한다고 하면 기초자산가격  $S_0$ , 기행사가격을  $X$ 라고 할 때 다기간 이항모형으로 확장하면 식(11)과 같다.

본 연구에서는 이와 같은 다기간 이항분포모형을 사용하여 옵션가격을 분석하고자 하였다.

실증분석에 사용된 이항옵션가격결정모형은 SNG 플랜트 경제수명 30년을 고려하여 30기간 이항분포모형을 사용하였다.

$$f = \frac{\sum_j \frac{n!}{(n-j)!} p^j (1-p)^{n-j} \max(u^j d^{n-j} S_0 - X, 0)}{(1+\gamma)^n} \tag{11}$$

## 4. 실증 분석

### 4.1 DCF에 의한 순편익 분석

본 논문의 대상이 되는 프로젝트는 신규 합성천연가스(SNG)를 생산하여 한국가스공사 주배관망을 이용하여 공급한 후 복합화력에서 발전하는 프로젝트로 건설후 일정 기간 운영하는 특정한 발전분야 투자사업이다. 해당 투자사업은 합성천연가스(SNG)를 건설하는데 일련의 투자지출( $I_t$ )가 소요되고 발전소로부터 통합운영을 전제로 동일한 운영자에 의해 생산된 전력을 판매하는 수입( $R_t$ )를 창출하는 과정에서 일련의 비용지출( $Q_t$ )가 발생한다

해당 프로젝트 기준시점( $t=0$ )이후 7차년도( $t=6$ )까  
지 매년 상이한 수준의 투자가 발생하고, 1차년도  
( $t=1$ )부터 30차년도( $t=30$ )까지 매년 상이한 수준의  
수입과 비용이 발생한다고 가정한다. 경제성 분석을  
위한 기본 전제를 정리하면 다음과 같다.

- 기준시점 : 2010년( $t=0$ )
- 분석기간 : 2011( $t=1$ ) ~ 2047( $t=30$ )
- 재무적 할인율 : 5.5%
- 대상설비 : SNG 생산설비, 배관수송 및 발전

4.1.1 NPV에 의한 총비용 및 편익

먼저, 본 프로젝트에 대한 실물옵션을 활용한 가  
치평가 이전에, 순현재가치(NPV)와 수익성지수(PI),

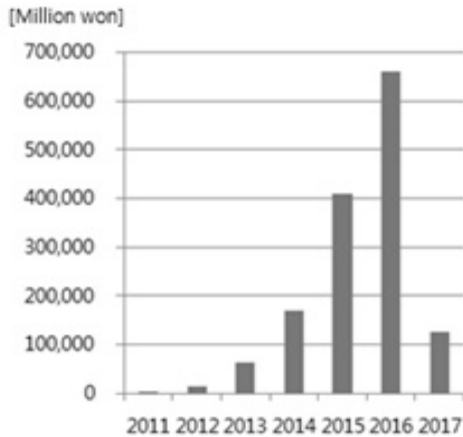


Fig. 4 Total Construction Cost of SNG Project

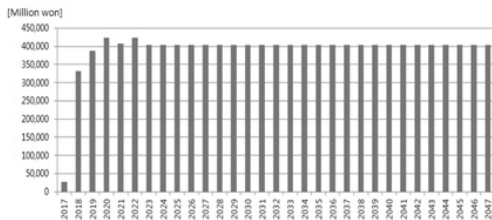


Fig. 5 Total Operation Cost of SNG Project

BC ratio를 활용하여 경제성을 평가하였다. 총 투자  
비는 연간 50만톤의 합성천연가스(SNG)를 생산하는  
공정을 건설하기 위하여 소요되는 연도별 SNG 플랜  
트 건설 투자비와 운영 투자사업비그리고 총비용에  
대한 내역은 Fig. 4, Fig. 5, Fig. 6과 같다.

총 건설사업비와 운영비 및 잔존가치를 토대로 총  
비용을 추정하였고, SNG 생산설비에서 생산된 SNG  
를 전력생산에 사용하는 경우 국가 전체적인 차원에  
서의 발전량에는 차이가 없으나, S발전사의 발전량  
은 달라질 수 있다.

발전량의 변화로 인한 전력판매편익, SNG 생산설  
비에서 생산된 천연가스는 자체 소비하고 잔여 물량  
은 외부에 판매되는 것으로 가정한 SNG 판매편익,  
부산물재활용 편익을 토대로 16,124,722백만원의 총  
편익을 산정하였다. 순편익은 총 편익에서 총비용을  
차감한 결과 2,586,391백만원으로 산정되었다.

4.1.2 순현재가치

순현재가치는 총수입에서 투자비를 포함한 총비  
용을 차감한 순편익에 일정한 이자율로 할인한 값으  
로 Table 2와 같이 249,991백만원으로 산정되었다.

Table 2에서 알 수 있듯이 할인율이 7.5%이상인  
경우 음(-)의 순현재가치가 도출되었으며 수익성 지  
수(Profitability Index)도 1에 미달되어 경제성이 없  
다고 평가된다.

앞서 기술한대로, 기존의 가치평가 방식에서는 SNG  
프로젝트에 내재하는 운영상의 유연성 혹은 실물옵

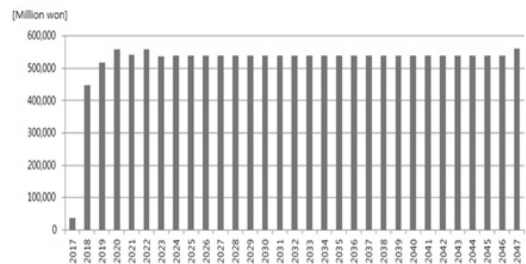


Fig. 6 Total Benefits of SNG Project

**Table 2** NPV, PI and Discount Rate of DCF

(unit : one hundred million won)

NPV	PI	Discount Rate	1	2	3	4	5	6	7
			2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
7,335	1.10	3.5%	-2	-143	-576	-1,482	-3,454	-5,364	-917
4,592	1.08	4.5%	-2	-141	-560	-1,426	-3,292	-5,064	-857
2,499	1.05	5.5%	-2	-138	-544	-1,373	-3,139	-4,782	-802
900	1.02	6.5%	-2	-135	-529	-1,322	-2,994	-4,519	-750
-322	0.99	7.5%	-2	-133	-514	-1,273	-2,858	-4,273	-703

션을 고려하지 않기 때문에 이들의 가치가 반영될 수 없고, 따라서 수동적 혹은 정태적 형태의 순현재 가치만이 산정된 결과임을 확인할 수 있다.

**4.2 실물옵션의 변동성 추정**

실물옵션으로 SNG 생산설비의 건설 및 운영관련 투자사업의 옵션가치와 프로젝트 총가치를 산정하는데 고려되어야 할 주요변수로 연료비 변동 및 복합화력 SMP를 추정한다. SNG 생산설비는 저가의 유연탄을 가스화시켜 SNG를 생산한 후 이를 한국가스공사의 주배관망을 통해 S발전사 소속 LNG 발전소에 사용하는 구조이다. 본 논문에서는 SNG 생산공급발전사업과 관련하여 연료유의 가격변동이 직접적으로 수익성과 직결되는 점을 고려하여 발전용 연료유와 상당한 상관관계를 가지는 국내 도입 유연탄 가격의 변동성을 대리변수로 하였다.

또한 저비용의 합성천연가스를 이용하여 SNG 플랜트를 운영함으로써 변동비가 감소하고 이에 따라 S발전사의 S발전소의 급전우선순위가 높아지게 된다. 이와 같은 급전 우선순위의 변화로 인하여 S 발전사의 총 발전량은 변화하게 된다. 총 발전량 차이를 산정한 추가 전력판매수입은 운영기간 중 전력시장가격(SMP)를 반영하여 총 전력판매수입의 차이를 계산하는 방식으로 산정한다. 이와 같이 추가 전력판매수입을 산정하는데 중요한 것은 복합화력의 SMP 변동성이다.

**4.2.1 유연탄 연료가격 추정**

국내 유연탄 도입가격을 분석하기 위하여 본 논문에서는 자기회귀시차분포모형(Autoregressive Distributed Lag: ARDL) 모형을 적용하였다. ARDL모형은 다음과 같은 시계열 분석식으로 표시한다.

$$y_t = \sum_{i=1}^k \alpha_i y_{t-i} + c + \sum_{i=2}^{12} \beta_i D_i + \sum_{i=0}^l \gamma_i p_{t-i} + \epsilon_t \quad (12)$$

- $y_{t-i}$  :  $\ln Y_{t-i}$  ( $t-i$  기의 국내 유연탄 도입가격 또는 국내 세전가격,  $Y_t$ )
- $c$  : 상수항
- $D_i$  :  $i$ 월의 더미,  $\epsilon_t$  :  $t$ 시점에서 백색잡음 오차항
- $p_{t-i}$  :  $\ln(t$ 기의 두바이유 가격  $P_{t-i}$ )

유연탄의 국내도입가격은 시계열 분석이 가능한 형태로 자료가 확보되지 않고 있어서 ICR Coal Statistics Monthly의 (April 2011)자료 중 Asian Marker 자료를 사용하였으며 단위는 \$/metric ton이다. 자료의 기간은 ICR Coal Statistics Monthly의 경우 1998년 1월부터 2011년 4월까지이다. 설명변수로 사용된 Dubai유의 자료는 Energy Information Administration에서 제공하는 Weekly Asia Dubai Fateh Spot Price FOB를 사용하였으며, 단위는 \$/barrel이다.

모형선택 후에 모형이 자료에 적합한지에 대한 진단이 필요하여 유연탄 도입가격 분석결과 식(11)에서  $k=3, l=2$  인 경우가 가장 최적의 fit을 보이는 것



으로 나타났다. 이는 실제값과 모형값의 차인 잔차(residuals)가 최소값을 선정한 결과이다.

연료비(원/년)  
=연료사용량(kg/년)\*석탄가격(원/kg)\*이용률

위 식에서 이용률은 자료에 의하면 SNG 생산설비의 이용률로 90%를 가정하고 있으나, 현실적인 여건을 감안하여 2018년 75%, 2019년 85%의 과정을 거쳐 2020년부터 이용률 90%를 달성을 적용하였으며, 연료발열량은 4,200kcal/kg의 저열량탄 가격 전망치를 산출하여 2047년까지의 전망을 산정하였다. SNG 생산에 소요되는 연간 유연탄 소비량은 241만톤에 달한다. 여기에서 국내 유연탄 도입가격 예측값에 연간 유연탄 소요량을 곱하면 연간 유연탄 비용이 산출된다. 연간 유연탄 비용을 기준하여 연간 유연탄의 표준편차와 가격의 변동성은 2.8%이다.

4.2.2 복합화력 SMP 추정

본 연구에서는 누적 자기회귀 이동평균모형(ARIMA : Autoregressive Integrated Moving Average) 시계열 분석에 의한 방법을 이용하여 미래 복합화력 SMP를 추정하였다. 관측자료는 2009년부터 2013년까지의 월별 복합화력 SMP 실적 자료를 활용하여 Crystall Ball Predictor의 ARIMA (2,1,2) 모형에 의한 시뮬레이션 결과를 산정하였다.

Table 3 Estimation Result of ARIMA Model Coefficients

Category	$\phi_1$	$\phi_2$	$\theta_1$	$\theta_2$
Estimated Coefficients	0.7916	-0.6404	0.7364	-1.02
Standard Error	0.0981	0.0985	0.0137	0.0303

Table 4 SMP Volatility of Combined Cycle Power Plant

Category	Mean	Standard Deviation	Observed Value
SMP	142.64	0.0578	60

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \epsilon_t - \theta_1 \epsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \epsilon_{t-q} \tag{13}$$

여기서,  $Y_t$  : t년도 복합화력 SMP

- T : 시간변수
- $\phi$  : AR 계수
- $\theta$  : MA계수
- $\epsilon_t$  : 오차항

여기서 ARIMA (2,1,2) 모형의 RMSE (Root Mean Squared Error)는 7.96으로 2014년 이후 2047년까지의 복합화력 SMP에 대한 가격변화율의 평균과 표준편차를 구하였다. SMP의 월별 표준편차는 5.7%이다 상세 내용은 Table 4와 같다.

위에서 구한 월별 변동성을 옵션가치 계산에 적용하기 위해서는 년 단위 변동성으로 전환하여야 하는

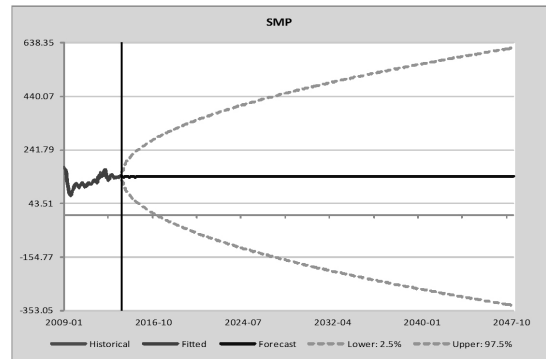


Fig. 7 Combined Cycle SMP Results Based on the Regression Model of Time Series Analysis

Table 5 SMP Volatility of Combined Cycle Power Plant

Category	Volatility(σ)	Output
SMP	0.200	$0.0578 \times \sqrt{12}$

Category	Volatility(σ)	Weight Value(w)
Bituminous Coal Fuel Expenses(CO)	0.028	0.5
SMP(SP)	0.2000	0.5
Covariance of CO.SP		-0.0053

데 이는 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\sigma_{YEAR} = \sigma_{MONTH} \times \sqrt{12}$$

한편 본 SNG 사업의 변동성은 유연탄 연료비와 복합화력 SMP의 포트폴리오 표준편차를 구하여야 한다. 여기서 유연탄 연료비 및 복합화력 SMP의 가중치는 0.5로 가정하였고, 공분산은 -0.0053, 상관계수는 -0.478로 변동성에 대한 상호관계가 크지 않았다. 따라서 SNG 사업의 변동성은 13.7%로 산정되었다.

$$\begin{aligned} \sigma_{co \cdot sp} &= \sqrt{w_{co}^2 \sigma_{co}^2 + w_{sp}^2 \sigma_{sp}^2 + 2w_{co}w_{sp}\sigma_{co}\sigma_{sp}\sigma_{cosp}} \\ &= 0.137 = 13.7\% \end{aligned}$$

### 4.3 실물옵션에 의한 사업성 분석

SNG 프로젝트는 대규모 건설 사업으로 2011년부터 2017년까지 7년간 건설 후 2018년부터 2047년까지 30년간 상용운전하는 것을 전제로 시행한다. 이에 따라 상용운전 이전 및 이후까지 해당 사업을 옵션 가치를 통해 해당 사업에 계속 투자할지 혹은 포기할지를 결정할 수 있는 경제성을 분석할 수 있다.

본 논문에서는 발전사의 발전사업 특성과 운영여건을 등을 고려하여 만기시 폐기옵션, 연기옵션, 특정시점 운영확대옵션에 대한 실물옵션 가치평가법에 의한 평가로 투입 변수를 산정한다.

#### 4.3.1 이항옵션을 통한 사업성 가치평가

Table 6에서 제시한 제 변수들을 이용하여 이항 옵션가격결정의 기본 모형을 Table 7과 같이 도출하였다.

##### 1) 만기시 폐기옵션에 의한 사업성 평가

SNG 프로젝트 사업 추진과정에서 경제적인 타당성이 부족하다는 판단에 만기 시점의 가치를 포기함으

**Table 6.** Binominal Option Input Main Variables

Parameter	Value	Remarks
Project Current Value ( $S_0$ )	13,342 hundred million won	Current Value of Based Asset (except investment)
Construction Cost ( $X$ )	14,485 hundred million won	
Maturity	30 Years	
Volatility ( $\sigma$ )	13.7%	Fuel expenses and combined Cycle power plant SMP
Up Factors ( $u$ )	1.1468	
Down Factors ( $d$ )	0.8720	
Risk free Rate of Interest ( $r$ )	4.55%	30-Year Treasury Bonds of the U.S
Risk Neutral Probability ( $p$ )	0.6352	
Analysis Cycle ( $dt$ )	1	

**Table 7** Binominal Lattice Model of Real Option Value (unit : one hundred million won)

Option Value	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6
13,342	15,301	17,548	20,124	23,079	26,467	30,354
	11,634	13,342	15,301	17,548	20,124	23,079
		10,144	11,634	13,342	15,301	17,548
			8,846	10,144	11,634	13,342
				7,713	8,846	10,144
					6,726	7,713
						5,864

**Table 8** Values of Abandonment Option (unit : one hundred million won)

Option Value	t=1	t=2	t=3	t=4	t=10
9,662	11,435	13,492	15,875	18,630	46,672
	7,809	9,313	11,066	13,104	34,084
		6,187	7,449	8,930	24,508
			4,778	5,821	17,222
				3,572	11,694
					7,547

로써 전제적인 사업을 폐기시키는 것을 말한다. (W.C., Yun 2001) 즉 사업을 30년 동안 운영 해 본 결과 수지타산이 맞지 않아 경영상의 어려움을 겪을 것으로 전망이 되면 사업의 가치를 포기함을 의미한다.

가) 옵션 가치산출

해당 프로젝트의 종료되는 시점(t=30)의 투자를 포기하고 전체 프로젝트를 폐기하는 대안을 말한다. 해당 투자기회의 총가치는 V에서 V' (=S-X)로 조정되고 행사가격 X=매년 발생하는 투자소요액에 해당한다. Table 8에서 보여 주듯이, 만기시 폐기옵션의 가치는 9,662억원, 총 사업의 가치는 12,161억원으로 산정되었다.

총 사업 가치  
= 2,499억원 + 9.662억원 = 12,161억원

○ 역순순환과정의 계산을 통한 옵션가치 산정

$$V_{n,j} = \text{Max}[S_{n,j} - X, 0], j = 0 \sim n \quad (14)$$

$$V_{i,j} = e^{-\gamma \Delta t} (p V_{i+1,j} + (1-p) V_{i+1,j+1}) \quad (15)$$

0 ≤ i ≤ n-1, 0 ≤ j ≤ i

2) 연기옵션에 의한 사업성 평가

연기옵션은 시장 상황이 SNG 프로젝트에 유리할 경우는 투자를 하지만 불리할 경우 유리할 때까지 투자를 지연시키는 옵션이다. 이는 시간이 경과함에 따라 불확실한 상황이 해소되거나 사업위험이 감소

할 때까지 투자를 연기하거나 지연시키는 경영현실을 반영한 옵션이다.

가) 옵션 가치산출

옵션투입변수를 이용하여 옵션가치를 산출하기 위해서는 다음과 같이 세가지 단계를 거치게 된다. 첫째는 상승률과 하락률을 이용하여 프로젝트 기간의 경과에 따른 기초자산가치를 만기까지 계산하고, 두 번째는 사업을 연기함에 따른 차입금에 대한 이자부분(δ)과 할인율만큼 상승될 투자비용(X)이다. 즉, 사업 시기를 연기할 때 마다 투자비용과 이자가 변동된다는 전제하에서 계산한다. 세 번째로 위험중립확률에 기초자산을 연계하여 계산한 후 이자율로 나눠 연기에 따른 최종적 실물옵션가치를 산정한다.

연기에 따른 총 사업의 가치(eNPV)는 연기옵션의 가치에서 NPV를 가감한 eNPV = NPV + Option Value로 1기간 6,917억원, 3기간 10,525억원, 7기간 16,925억원으로 이 사업의 경우에 사업 기간을 연기할수록 총 사업의 가치가 상승됨을 알수 있다. 이는 유연탄 연료비 및 복합화력 SMP의 변동성에 따라 투자를 유리할 때까지 지연시키는 경영의 유연성으로 얻을 수 있는 옵션가치이다.

○ 역순순환과정의 계산을 통한 옵션가치 산정

Table 9 Real Option Value of Deferral Until 1 Year

(unit : one hundred million won)

Option Value	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7	t=8
4,418	4,619	6,184	8,130	10,481	13,255	16,526	20,339	24,777
		2,483	3,580	5,075	6,988	9,252	11,997	15,205
			880	1,451	2,391	3,939	1,458	2,403

Table 10 Real Option Value of Deferral Until 3 Years

(unit : one hundred million won)

Option Value	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7	t=8	t=9	t=10
8,026	9,172	11,570	14,404	17,720	21,588	26,084	31,302	37,350
		6,167	8,114	10,468	13,246	16,516	20,329	24,766
			3,565	5,051	6,966	9,243	11,986	15,198
			869	1,433	2,361	3,891	5,646	2,403

**Table 11** Real Option Value of Deferral Until 7 Years (unit : one hundred million won)

Option Value	t=7	t=8	t=9	t=10	t=11	t=12	t=13	t=14
14,426	19,698	23,525	27,954	33,082	39,011	55,015	64,501	75,445
		15,553	18,808	22,592	26,981	38,465	45,520	53,677
			11,870	14,619	17,834	25,881	31,089	37,127
				8,597	10,888	16,313	20,116	24,543
					5,707	9,066	11,773	14,975

**Table 12** Binominal Option Input Main Variables and Option Parameter

Parameter	Value	Remarks
Project Current Value( $S_0$ )	13,342 hundred million won	Current Value of based Asset(except Investment)
Extended Cost(X)	1,500 hundred million won	Business Expansion Cost
Maturity	30 years	
Volatility( $\sigma$ )	13.7%	Fuel expenses and combined Cycle power plant SMP
Up Factors( $u$ )	1.1468	
Down Factors( $d$ )	0.8720	
Risk free Rate of Interest( $r$ )	4.55%	30-Year Treasury Bonds of the United States
Risk Neutral Probability( $p$ )	0.6352	
Analysis Cycle( $dt$ )	1	

$$V_{n,j}^c = MAX(S_{n,j} - X(1+\gamma) - \delta, 0) \quad (16)$$

$$V_{i,j}^c = (p V_{i+1,j}^c + (1-p) V_{i+1,j+1}^c) e^{-\gamma \Delta t} \quad (17)$$

$$V_{o,o} = V_{1,0} / (1+\gamma) \quad (18)$$

**3) 특정시점 운영확대옵션에 의한 사업성 평가**

본 프로젝트의 확장은 공장 가동의 정상화를 고려하고 운전자들의 숙련을 위하여 정상 운전후 7년이 지난 시점에서 매출액의 20%를 증가할 수 있도록 산정하였다. 초기 SNG 생산규모인 년간 50만톤의 합성가스생산에서 부분적인 가스화 설비개선 투자를 10% 확충하여 70만톤의 합성가스생산을 가정하였다. Table 12와 같이 확장비용은 가스화기 생산 라인, 각종 밸브 및 전기계장 공사 등을 확대하는 비용을 포함하여 약 1,500억원이다.

가) 주요 변수 및 이항수 산출  
 연간 변동성 13.7%, 할인율 4.55%를 전제로 상향계수 및 하향계수를 적용하여 이항수를 실제 산출한 과정은 Table 13과 같다.

나) 옵션 가치산출

Table 13과 같이 전진이연 과정(rolling forward process)을 통해 수입의 현재가치로서 기초자산(S)의 초기값에서 미래 시점별 자산가치를 산정할 수 있다(W.C. Yun 2001).

투자기회의 총가치는 V에서 V' (=S+max(eS-X<sub>7</sub>, 0))로 조정되고, 행사가격 X=잠재적인 투자소요 증가액에 해당한다. Table 14는 투자를 10% 확대하여 운영규모가 20% 증가하는 경우 SNG 생산설비 정상 가동운전 7년뒤 운영확대옵션의 가치는 약 특정시점에서 2조 1,479억원으로 산정되었다.

이는 전통적인 NPV 평가법에서는 고려하지 않았던 경기변동이나 수요변화와 같은 경영환경 변화에

**Table 13** Binominal Lattice Model of Expansion Option

(unit : one hundred million won)

Option Value	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7
13,342	15,300	17,547	20,124	23,078	26,467	30,353	34,810
	11,633	13,342	15,300	17,547	20,124	23,078	26,467
		10,144	11,633	13,342	15,300	17,547	20,124
			8,845	10,144	11,633	13,342	15,300
				7,713	8,845	10,144	11,633
					6,725	7,713	8,845
						5,864	6,725
							5,113

**Table 14** Expansion Option Value to invest of SNG Project

(unit : one hundred million won)

Option Value	t=1	t=2	t=3	t=4	t=5	t=6	t=7
18,980	22,807	27,246	32,533	39,095	47,625	59,585	75,329
	14,739	17,994	21,922	26,926	33,669	43,580	56,975
		10,959	13,854	17,674	23,059	31,411	43,019
			7,720	10,639	14,991	22,159	32,408
				5,290	8,857	15,124	24,341
					4,193	9,775	18,207
						5,709	13,543
							9,996

대응한 경영의 유연성에 따른 추가적 가치라 할 수 있다.

- 역순의 순환계산

$$V_{n,j}^c = S_{n,j} + \text{MAX}[(1+e)S_{n,j} - (1+i)X_n, 0] \quad (19)$$

$$V_{i,j}^c = (pV_{i+1,j} + (1-p)V_{i+1,j+1})e^{-\gamma dt} - X_{n-1},$$

$$0 \leq i \leq n-1, 0 \leq j \leq 1 \quad (20)$$

$$\text{eNPV} = \text{NPV} + \text{Option Value(확장옵션가치)}$$

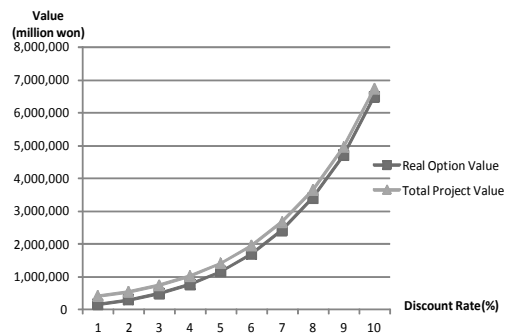
$$= 2,499\text{억원} + 18,980\text{억원} = 21,479\text{억원}$$

### 4.2.3 민감도 분석

SNG사업의 단계별 옵션가치 평가 결과 중에 발전사의 운영특성과 경제수명 등을 고려하여 만기시 폐기옵션 및 운영확대옵션을 대상으로 주요 인자별 영

향에 대해 분석하였다. 민감도 분석의 대상 변수로는 할인율( $\gamma$ ), 기초자산 가치의 변동성( $\delta$ ), 그리고 SNG 사업으로부터 발생하는 수입( $S$ ) 등을 고려하였다.

인자별 민감도 분석 결과를 살펴보면, Fig. 8와 같이 할인율이 1%에서 10%까지 매 1%씩 증가될 때마다 옵션의 가치는 상승하는 것으로 나타났다. 이는 시간에 대한 보상수준으로서 할인율이 증가함으로써



**Fig. 8** Sensitivity Analysis(Option Value per Discount Rate)

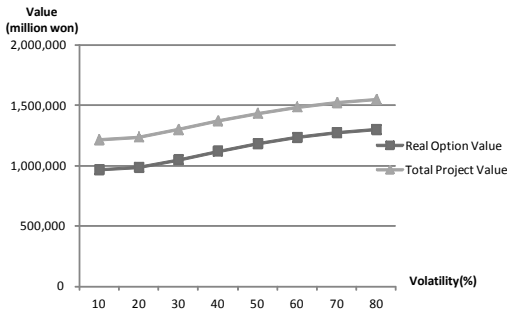


Fig. 9 Sensitivity Analysis(Option Value vs Volatility)

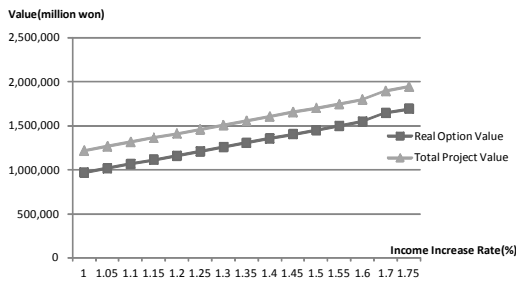


Fig. 10 Sensitivity Analysis(Option Value vs Income Increase)

미래 현금흐름의 현재가치가 상대적으로 증가된 결과라고 할 수 있다.

또 그래프의 기울기로 볼 때 할인율에 대한 민감도는 사업의 가치가 옵션가치에 비해 높은 것을 알 수 있다.

Fig. 9와 같이 변동성의 경우엔 10%를 시작으로 매10%씩 증가시켜 최종 80%까지의 변화를 주었다. 그 결과 옵션의 가치는 증가함을 알 수 있다. 전형적으로 실물옵션의 연구에서는 변동성의 증가는 옵션가치의 증가로 연결되는데, 이는 옵션의 만기시 수익률의 비대칭성에 의해 SNG사업의 가치상승 가능성이 확대된 결과로 볼 수 있다. 이러한 점은 본 연구에서도 적용됨을 알 수 있었다.

Fig. 10에서 나타나듯이, SNG 사업으로부터 발생하는 수입이 기준안 대비 5%에서 75%로 매 5%씩 증가됨에 따라 실물옵션의 가치와 총 사업의 가치는 상승함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 미래 현금유

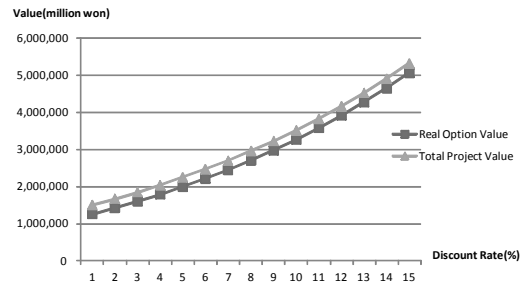


Fig. 11 Sensitivity Analysis(Option Value vs Discount Rate)

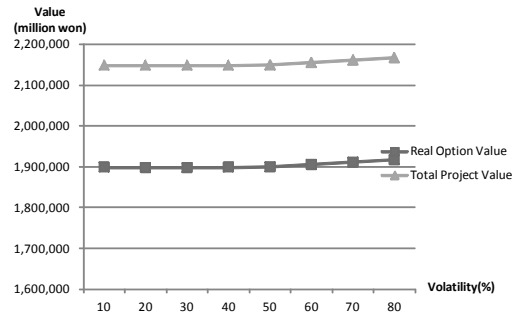


Fig. 12 Sensitivity Analysis(Option Value vs Volatility)

입의 수준이 높아짐에 따라 해당 프로젝트의 가치가 상승된 결과로 볼 수 있다.

다음으로 SNG 플랜트 건설이후 설비의 용량을 확대한 경우로 특정시점 운영확대옵션을 대상으로 할인율 및 연간변동률의 변화에 따른 실물옵션의 가치를 살펴보았다. Fig. 11, Fig. 12에서 나타나듯이, 할인율이 증가될 때마다 옵션의 가치는 상승한다. 변동성의 경우엔 40%까지는 옵션가치가 일치하였으나 40%이후부터 매10%씩 증가시켜 최종 80%까지의 변화를 주었을 때, 그 결과 옵션의 가치는 증가함을 보여 주었으나 변동성의 변화율 대비 상승폭은 미미하였다.

민감도 분석 결과, 변동성의 효과보다는 할인율이나 수입증액 등의 옵션가치에 대한 효과가 상대적으로 크게 나타나, 유입 현금흐름의 관리가 더욱 중요함을 알 수 있었다.

## 5. 결론

현재 세계는 지속적인 에너지 사용 증가로 지구 온난화 현상이 심각하게 대두되고 있다. 또한 전 세계적인 산업 고도화로 에너지 수요량이 비약적으로 늘어나고 있다. 하지만 에너지 공급의 측면에서 볼 때 에너지 매장량은 그 한계를 드러내고 있다. 이러한 에너지 공급체계의 위기는 친환경적이고 지속가능한 에너지를 필요로 하고 그 대안으로 지속가능한 에너지원인 산·재생에너지의 중요성이 부각되고 있다.

특히 청정석탄 이용기술인 SNG 복합발전은 고효율 친환경적 복합발전방식으로 차세대 성장 동력으로 인정받고 있으며 해외뿐만 아니라 국내에서도 활발한 연구 및 사업이 이루어지고 있다. 이에 따라 S 발전사는 2010년 SNG 사업을 착수했으며 2011년에는 예비타당성 조사를 실시하였다. 예비타당성 조사의 사업성 분석 결과, B/C 비율이 1이상으로 경제성이 있다고 판단되는 바 현재 SNG 플랜트 사업을 추진중에 있다.

본 연구에서는 이 사업에 대한 타당성을 부여하고자 불확실성과 운영상의 유연성의 가치를 반영할 수 있는 실물옵션을 활용한 경제성 분석을 시도하였다. 또한 현금흐름할인법과 실물옵션 가치평가법을 비교·분석함으로써 실물옵션 가치평가법의 유용성을 재확인 할 수 있었다. 현금흐름할인법을 이용한 NPV 값은 2,499억원으로 나타났고, 만기시 폐기옵션의 가치를 고려한 실물옵션 가치평가법을 이용한 사업의 가치는 9,662억원으로 나타나 현금흐름할인법을 이용했을 때 보다 실물옵션 가치평가법을 이용했을 때 가 더 높은 투자가치가 있음을 확인할 수 있었다. 이러한 결과를 보이는 이유는 실물옵션 가치평가법의 경우 불확실성과 비가역성 같은 요소를 새로운 투자 가치로 인식하고 그 가치를 높게 평가하지만 현금흐름할인법의 경우에는 실물옵션 가치평가법과 다르

게 불확실성과 비가역성 같은 요소를 위험요소로 간주하고 투자 가치를 낮게 평가하기 때문이다. 또한 경제성 분석 결과, 순편익의 가치가 양의 값으로 나타나 현재 S 발전사에서 추진하고 있는 SNG사업은 경제성 측면에서 타당하다고 볼 수 있다.

SNG 사업을 통해 고부가가치 상품으로 육성이 된다면 고효율·친환경 에너지 기술이 확보되며 세계 시장의 주도권 또한 확보할 수 있을 것으로 전망한다. 또한 경제적 타당성 입증을 통해 합성천연가스 복합발전 후속호기 발전에 긍정적 영향을 줄 것으로 예상되며, SNG 플랜트의 파생적 효과를 고려한다면 더 큰 효과가 있을 것으로 기대된다.

## 후 기

DCF에 의한 사업 투자안의 경제성 평가가 투자 환경의 변화를 제대로 반영하지 못하는 불확실성의 한계를 극복하기 위해 실물옵션을 적용해 보았으나, 여전히 옵션접근도 한계가 있는 것으로 밝혀졌다.

1) SNG 사업에 대한 좀 더 정확한 경제성 분석을 위해서는 비용이나 편익 데이터 산정 시 정확한 데이터를 구축하는 것이 필요할 것으로 보인다. 특히 편익의 경우 연도별로 동일한 값으로 가정하여 추정하였다는 한계를 가진다. 또한 본 연구에서는 불확실성을 비용 및 편익의 불확실성, 즉 연료비 및 복합화력 SMP에만 불확실성을 두고 경제성을 평가하였는데 다른 비용항목이나 편익에서도 불확실성은 얼마든지 있을 수 있음을 고려해야 할 것이다. 특히, 실물옵션가치평가법에서 중요한 변수인 변동성 역시 민감도 분석에서 밝혀진 바와 같이 투자에 비해 편익이 낮은 사업에서는 큰 영향을 미치지 못한다. 결국 SNG 사업의 경제성 평가는 올바른 수입의 예측결과가 가장 큰 변수인 것이다.

- 2) 적용방법상의 변수 추출이다. 본 연구에서 가장 힘든 사항이 SNG사업의 특성에 맞는 변수에 대한 적절한 변동성 추출이었다. 이는 실물옵션을 연구하는 연구자들 사이에서 계속 논란이 되고 있어, 이에 대한 연구가 계속되어야 할 것으로 판단된다.
- 3) 실물옵션연구자들이 한계로 많이 지적하는 문제로 기초자산가치의 현재가치를 구하는 방법이 DCF로부터 출발한다는 것이다. 비록 포트폴리오의 가정을 거쳤지만 현실성이 있는가 하는 문제이다.
- 4) 본 연구에서는 예비타당성 보고서 자료를 바탕으로 분석하고 또한 기존 경제성 평가와 비교하기 위해 단일 옵션을 사용했지만, 적극적인 투자 시나리오 분석을 통해 복합적으로 옵션을 사용한다면 그 가치가 더 클 것이라고 생각된다.

향후 연구과제는 막대한 기초자산이 투자되는 SNG 사업에 내재된 특징을 분석하여 미래의 불확실한 SNG 투자환경에 대처할 수 있는 SNG 특성에 맞는 적절한 변동성 추출과 옵션기법의 적용이 필요할 것으로 판단된다.

## References

1. Cox, J. C., and S. A. Ross, "The Valuation of Options for Alternative Stochastic Processes," *Journal of Financial Economics*, Vol. 3, 1976, pp. 449-462.
2. Brennan, M. J. and E. S. Schwartz, "The Valuation of American Put Options," *Journal of Finance*, Vol. 32, 1977, pp. 449-462.
3. Boyle, P. P., "Options: a Monte Carlo Approach," *Journal of Financial Economics*, Vol. 4, 1977, pp. 323-338.
4. Cox, J., S. Ross and M. Rubinstein, "Options pricing: A simplified approach," *Journal of Financial Economics*, Vol. 7, No. 3, 1979, pp. 229-263.
5. McDonald R. and D. W. Siegel, "Option pricing when the underlying asset earns a below-equilibrium rate of return: A note," *Journal of Finance*, Vol. 39, No. 1, 1984, pp. 261-265.
6. Brennan, M. J. and E. S. Schwartz, "Evaluating Natural Resource Investments," *Journal of Business*, 58, 1985, pp. 1135-1157.
7. Kulatilaka, N., "Valuing the flexibility of flexible manufacturing systems," *IEEE Transactions in Engineering Management*, Vol. 35, No. 4, 1988, pp. 250-257.
8. Bjorstad, H., T. Hefting, and G. Stensland, "A model for exploration decisions," *Energy Economics*, July, 1989, pp. 189-200.
9. Trigeorgis, L., "The nature of option interactions and the valuation of investments with multiple real options," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 28, No. 1, 1993, pp. 1-20.
10. Trigeorgis, L., "Real Options and Interactions with Financial Flexibility," *Financial Management* 22, 1993, pp. 202-204.
11. Cornell, J. A. (1993). "Saving money with a mixture experiment," *ASQC Stat. Div. Newsletter*, 14, No. 1, pp. 11-12.
12. Dixit, A. K. and R. S. Pindyck, *Investment under Uncertainty*, Princeton University Press, NJ., 1994.
13. Kulatilaka, N. and L. Trigeorgis, "The general flexibility to switch: Real options revisited," *International Journal of Finance*, Vol. 6, No. 2, 1994, pp. 778-798.
14. Baker, M, S. Mayfield, J. Parsons, "Alternative Models of Uncertain Commodity Prices for Use with Modern Asset Pricing Methods," *The Energy Journal*, 19(1), 1998, pp. 115-148.
15. Amram, M. and N. Kulatilaka, *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*, Harvard Business School Press, 1999.
16. Kulatilaka, N., *Real Options: Managing Strategic Investment in an Uncertain World*, Harvard Business School Press, 1999.
17. W. C. Yun, *An Economic Valuation of Energy*



- Industry using Real Option, Korea Energy Economics Institute, Vol.2001 No.11, 2001, pp. 1-162.
18. Copeland, T. and V. Antikarov, "Real options: A practitioner's guide," Texere, 2001.
  19. D. P. Hong, Y. H. Lee, K. M. Kim, Valuation of IT Projects using the Real Option, Korea Information Strategy Development Institute, Vol. 2001, No. 15, 2001, pp. 1-153.
  20. W. C. Yun, Y. H. Sonn, S. D. Kim, An Economic Feasibility Study on Power Plant Construction and Operation Using Real Options, Korean Resource Economics Association, Vol. 12 No. 2, 2003, pp. 217-244.
  21. Abadie, Luis M. and Jose M. Chamorro (2006), "Monte Carlo Valuation of Natural Gas Investments," Real Option Conference essay.
  22. D. G. Hwang, "The Valuation of Port Investments using DCF and Real Options Analysis," Department of Maritime Business Administration Graduate School, Korea Maritime and Ocean University, 2006.
  23. E. J. Jeong, "An Empirical Study on the Evaluation of Overseas Investment Projects of Korean Global Companies Using A Real Option Valuation Model, The Graduate School of Hanyang University, 2007.
  24. J. H. Hong, H. J. Park, "Benefit and Cost Analysis of the Low Pollution Program for Diesel Vehicles in Seoul Metropolitan Area, The Korean Association of Public Finance, Vol. 1 No. 2. 2008, pp. 105-132.
  25. Y. S. Jeon, H. T. Kim, Feed-in Tariff calculation using real option approach : model derivation and application to photovoltaic generation, Korea Energy Economics Institute, 2010, pp. 25-53.
  26. Y. S. Jeon, "The Development of Feed-in Tariff Pricing model and Application to Renewable Energy Certificate Weight using Real Option, Ajou University, 2010.
  27. K. T. Kim, D. J. Lee, Evaluation of investment in wind energy R&D in Korea using real option approach, The Korean Institute of Industrial Engineers, Vol. 2010, No. 6, 2010, pp. 508-514.
  28. B. C. Joo, A Valuation of KOSDAQ Ventures using Real Option, Journal of Industrial Economics and Business, Vol. 24, No. 2, 2011, pp. 1027-1048.
  29. H. B. Lee, An Economic Feasibility Study on Development of Bituminous Coal Mine Using Real Options, Review of industry and management, Korea, Vol. 24, No. 1, 2011, pp. 131-147.
  30. K. T. Kim, D. J. Lee, S. J. Park, "Evaluation of the Economic Values and Optimal Deployment Timing of R&D Investment in New and Renewable Energy Using Real Option Approach," Journal of the Korean Institute of Industrial Engineers, Vol. 38. No 2, 2012, pp. 144-156.