

태양광모듈 생산 증설투자에 대한 의사결정: 실물옵션모형에 의한 경영유연성 가치 분석

김경남*, 선우석호**

On Determining the Size and the Timing of the Capacity Expansion in PV Module Manufacturing: Management Flexibility in Real Options Model

Kyung Nam Kim* and Sukho Sonu**

Abstract

Management flexibility to adapt its future actions in response to altered future market conditions can expand the value of an investment opportunity by improving its upside potential without the change in the downside losses. Module manufacturers in solar industry continuously have to decide how much and when its production capacity should be expanded with regards to the demand in the global markets. Either over- or under-investment can cause sunk and/or opportunity costs to the module manufacturers. Option of exercising the additional investments only on favorable opportunities can increase total value of the investment. This paper analyzes the case which shows that the expansion of production capacity with more expandibility can have more value than the rigid plan of capacity expansion. The expansion option value is equivalent to KRW 38.286 billion, thus switching the negative NPV of the initial investment opportunity into the positive value. High volatility and the high growth in the cashflows as the major business features of the renewable energy provide condition where real options can play the crucial role in increasing the investment value as well as in determining the size and timing of capacity expansion in the course of capital budgeting process.

Key words

Discounted cash flow method(DCF, 현금흐름할인법), Real options model(실물옵션모델), Management flexibility(경영유연성), Production capacity(생산능력), PV module manufacturing(태양광모듈 제조)

(접수일: 2011. 5. 20, 수정일: 2011. 6. 17, 게재확정일: 2011. 6. 23)

* 고려대학교 경영대학 초빙교수

■ E-mail : i005034@korea.ac.kr ■ Tel : (02)3290-2801 ■ Fax : (02)922-1380

** 홍익대학교 경영대학 교수

■ E-mail : sonu@hongik.ac.kr ■ Tel : (02)320-1717 ■ Fax : (02)337-2508

1. 서론

태양광산업은 세계시장에서의 수요와 공급이 상호 견인하면서 대폭적인 성장을 거듭해 왔다. 2010년 말 현재 전 세계 태양광 시스템 설치규모는 총 39.5GW에 도달하였고, 2010년 한 해 동안 신규 설치된 전 세계 태양광시스템 규모가 16.6GW라는 경이적인 기록을 달성했다. EPIA(2011)는 2015년 말 전 세계 태양광 시스템 규모를 안정적 전망 시나리오로는 누적기준으로 총 131GW, 그리고 공격적 전망 시나리오로는 196GW에 달할 것으로 추산하였다. 이러한 급격한 시장 확대에 맞추어 태양광산업 글로벌회사들은 기술개발 및 양산 규모 확대를 위해 대폭적인 투자를 발 빠르게 실행하고 있다.

시장의 선두그룹에 위치하기 위해서는 시장 수요를 쫓아가는 안정적인 투자보다는 시장 수요를 앞에서 창출하는 보다 공격적인 투자가 전략적으로 요구될 수 있다. 그러기 위해서는 시장에서의 모듈가격 변동을 사전에 예측하고, 시장을 선도하기 위한 투자의 최적시점 결정에 도움을 줄 수 있는 경영모델이 요구된다. 이것은 지금 투자할 것인지 아니면 더 좋은 투자여건을 기대하고 미래로 투자를 연기할 것인지에 대한 의사결정이다. 한편 글로벌 태양광시장에서 자신이 목표하는 시장점유율을 유지하고자 하는 태양광 모듈제조 기업의 경우 태양광 시장 확대에 따라 자신의 생산규모를 어느 수준으로 증설해 나가야 될 지에 대한 전략적 고민을 하게 된다. 과잉투자의 경우 가동률 저하에 따른 운영 및 재무적 어려움에 봉착하는 마찰비용의 문제가 있는 반면, 과소투자의 경우 시장의 기회를 놓치고 결국 경쟁업체에 뒤처지게 되는 기회비용의 문제가 있다.

재무이론에서 파생된 실물옵션모델을 활용해서, 태양광 모듈기업의 이러한 고민들을 해결할 방법을 제공할 수 있다. 전자에서의 사업 개시 및 확장 시기의 결정은 연기옵션모형을 활용할 수 있다. 그러기 위해서는 태양광모듈 사업가치의 변동성 추정이 요구되며, 이는 곧 태양광모듈 시장가격의 변동성 및 예측가능성을 필요로 한다. 후자에서의 생산능력 확장가능성은 경영의 유연성으로서 확장옵션모형을 활용할 수 있다. 비록 시장에서의 모듈 가격에 대한 예측은 못하지만 시장에서의 모듈 수요 예측에 따라 자신의 생산능력 확장을 유연하게 가져갈 수 있다는 것은 기업의 가치를 제고시킬 수 있는 충분한 강점이 될 수 있다.

본 논문은 모듈 마진이 유지된다는 가정 하에 확장옵션모

형에 의한 경영의 유연성 가치를 분석하고자 한다. 여기서 경영 유연성이란 태양광모듈의 제조라인 규모 결정에 있어서 향후 확장 가능성을 고려한 증설을 의미한다. 확장가능성을 고려하지 않은 고정규모의 투자대안에 비해 확장가능성을 활용하는 전략적인 경영유연성이 투자가치를 얼마나 더 제고시켜 주게 되는지를 실물옵션모형을 통해 평가한다. 본 논문은 이와 관련된 실제 사례를 이용하여 확장옵션의 가치를 분석했다.

2. 실물옵션의 개관

실물옵션모델은 금융옵션이론에서 파생되었으며, 금융시장에서 적용하던 평가기법을 기업의 전략적 투자 의사결정에 적용한 이론이다(Amram and Kulatilaka, 2000; Dixit and Pindyck, 1993). 동 모델은 불확실성이 클수록 더 높은 투자수익률을 기대할 수 있다는 가정에 기초하고 있다. 옵션이란 의사결정자가 가지는 권리이다. 옵션보유자는 자신에게 이익인 경우에만 그 권리를 행사하고자 한다. 따라서 옵션보유자가 옵션 구입대가를 지불하는 것으로 손실가능성을 회피할 수 있게 된다.

전통적인 투자 타당성분석 모델인 현금흐름할인법은 미래 추정현금흐름의 현재가치와 투자소요금액을 비교해서 투자 여부를 결정한다. 그러나 현금흐름할인법을 사용하기 위해서는 미래현금흐름 및 할인율에 대한 주관적인 선택이 요구된다. 투자시점에서 사전적으로 결정해야 하는 이러한 파라미터들은 변동성이 높은 태양광사업에 적용할 때 주관적 판단에 따라 변한다. 일반적으로 변동성이 증가하면 전통적인 투자 타당성분석에서는 할인율을 늘리는 방법 외에는 별다른 방법이 없다. 이는 투자가치를 줄인다. 따라서 생산능력의 확장가치를 과소평가한다. 왜냐하면 이러한 확장가치는 시장의 특성에 따라 선택적으로 창출할 수 있는 경우가 존재하기 때문이다. 이러한 기회는 수요 변동성에 내재된 위험 또는 불확실성에 크게 좌우되어 선택적으로 취할 수 있는 옵션이 될 수 있는 반면 이런 옵션의 성격을 배제하면 확장기회는 변동을 늘리는 요소로 전통적 방식에서는 가치를 떨어뜨리는 요소라고만 인식한다.

실물옵션을 활용한 투자타당성 분석 관련 국내 논문 중 에너지 분야에 관련된 연구를 살펴보면, 윤원철, 손양훈, 김수

덕(2003)은 발전소 건설 타당성 분석에 대한 사례연구를 했고, 윤원철(2006)은 한국 표준형 원전2기를 건설하고 경제적 내용연수 동안 운영하는 가상의 투자사업 모델에 대한 경제성분석을 하면서 실물옵션모델을 사용했다. 또한 김경남, 신우석호(2011)는 태양광 발전사업에 실물옵션모델을 실제로 적용한 연구를 통해 모델 적용방법의 타당성을 분석하였다.

태양광모듈기업이 생산설비를 도입할 때 향후 증설이 가능토록 추가적인 지출을 한다면 동 추가지출을 실물옵션으로 정의할 수 있다. 시장 수요 변동에 따라서 추가 증설 여부를 검토하고 시장의 수요가 커질 경우, 즉 자신의 이익 증대가 기대될 경우에 한해서, 추가 증설이라는 보유 옵션을 행사한다면 얻게 되는 추가이익은 얼마일 것인가. 이러한 추가이익은 규모 유연성에 대한 가치이며, 흔히 확장옵션이라 불리어진다.

Calabrese, Gastaldi & Ghiron(2005)는 1991년부터 2000년까지의 세계 태양광시장 수요데이터를 분석해서 지수함수 형태의 태양광수요곡선을 도출하였다. 그리고 동 함수를 근거로 태양광모듈기업이 자신의 모듈 생산능력의 규모를 추정하여 확장 투자하는 타당성분석에 옵션모델을 사용했다. 생산 확장가능성이라는 실물옵션을 가진 투자대안을 확장가능성이 없는 다른 두 개의 고정생산능력 투자 대안들과 비교하면서 옵션가치를 산출하고 확장가능성을 옵션으로 가져가는 투자대안이 더 높은 순현재가치를 가져올 수 있다는 것을 예시하였다.

본 논문은 상기 논문의 모델을 EPIA가 집계한 2010년말 현재의 글로벌 태양광 시장데이터를 가지고 검증해 봄과 동시에, 투자지출 및 투자안 비교방법에 있어서 모델을 변형해 보았다. 변형한 확장옵션의 일반모델에 보다 현실적인 가정

을 설정해서 태양광모듈 제조기업의 사례를 분석했다. 동 사례에서 확장가능성이라는 실물옵션의 가치를 산출하고, 동 옵션가치 크기에 따라 비교대안들 간의 투자 우선순위가 변동될 수 있다는 것을 증명하였다.

3. 태양광 시장 수요의 추정

3.1 태양광 수요곡선의 도출

태양광 시스템 설치에 대한 각국의 다양한 인센티브 정책에 의해 태양광모듈에 대한 시장의 수요는 매년 큰 폭의 증가세를 실현해왔다. 모듈제조기업이 주요 자재인 태양전지를 원활히 조달할 수만 있다면 생산한 모듈은 시장에서 충분히 소화된다는 전제를 해보자. 실제로 모듈가격의 지속적인 하락은 있지만 시장에 공급하는 모듈이 수요에 의해 제한되지는 않았던 것이 태양광시장의 큰 특성이다. 따라서 태양광 모듈기업은 시장 수요만 정확히 예측할 수 있다면 시장 수요 증가에 맞추어 자신의 생산능력을 확장해 나가는 전략을 세울 수 있다.

따라서 태양광 모듈기업은 자신의 생산설비 규모를 태양광 시장에 대한 수요 추정 결과에 기초해서 결정한다고 하자. 자신의 시장점유율이 계속 유지될 수 있도록 시장 수요 변동에 따라 자신의 생산능력을 확장하여 증대시켜 나간다고 가정한다. 그러기 위해서는 회사는 먼저 태양광시장 수요에 대한 과거데이터를 기초로 향후 태양광시장의 수요예측을 할 수 있어야만 한다.

Table 1은 2000년부터 2010년까지의 세계 태양광 시스템

Table 1. 지역별 연간 태양광시스템 설치 실적(2000~2010)(자료: EPIA 2011 보고서)

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
EU	52	94	139	199	707	1,005	983	1,950	5,130	5,619	13,246
북미	23	31	46	65	92	117	149	212	349	539	983
일본	112	135	185	223	272	290	287	210	230	483	990
중국	-	11	15	10	9	4	12	20	45	228	520
아시아	5	5	7	8	10	13	33	59	300	258	473
기타	88	56	80	77	29	10	118	63	115	130	417
합계(MWp)	280	331	471	581	1,119	1,439	1,581	2,513	6,168	7,257	16,629
누적합계	1,459	1,790	2,261	2,842	3,961	5,399	6,980	9,492	15,655	22,900	39,529
연증가율(%)		18%	42%	23%	93%	29%	10%	59%	145%	18%	129%

설치 규모를 나타낸다. 2004년 93%, 2007년 59%, 2008년 145%, 그리고 2010년 129%의 큰 폭의 증가세를 시현하였고

Table 2. D_{medium} 의 통계추정

Variable	Coefficient	Std. Error	t-statistics
Constant	142,099	22,713	6,256
T	0,398	0,024	16,880
R-squared	0,969		
Adjusted R-squared	0,966	S.E of Regression	0,247

Table 3. D_{min} 의 통계추정

Variable	Coefficient	Std. Error	t-statistics
Constant	211,341	12,99	15,109
T	0,254	0,024	10,521
R-squared	0,982		
Adjusted R-squared	0,973	S.E of Regression	0,054

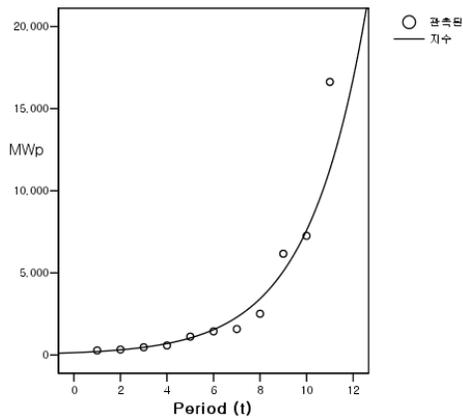


Fig. 1 D_{medium} 의 통계추정(SPSS)

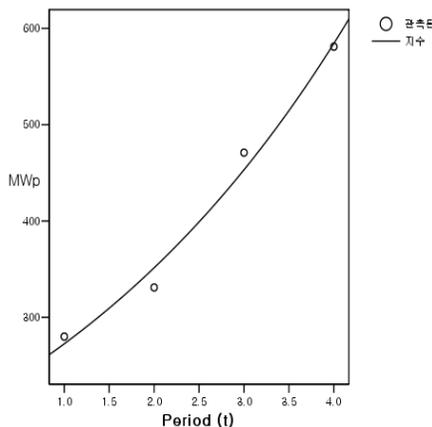


Fig. 2 D_{min} 의 통계추정(SPSS)

전체적으로는 태양광 수요가 기하급수적으로 증가하는 지수 함수 형태의 곡선으로 표시될 수 있음을 알 수 있다. t시점의 태양광 수요는 시작시점에서의 수요 D_0 로부터 b의 비율로 곡선함수의 형태로서 아래 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$D(t) = D_0 e^{b^*t} \quad (1)$$

SPSS의 분석용 툴을 사용해서 동 기간의 시간 경과에 따른 수요량에 대한 곡선추정을 회귀분석을 통해서 실행했다. 2000년부터 2010년 전체 기간에 대해 D_{medium} 이라는 수요곡선을, 그리고 상대적으로 낮은 증가세를 보인 2000년부터 2003년까지에 대해서는 D_{min} 이라는 수요곡선과 이에 따른 통계추정한 결과는 아래 Table 2 및 Table 3과 같다.

그리고 동 수요곡선을 SPSS를 이용해서 그림으로 나타내면 아래 Fig. 1 및 2와 같은 곡선 유형이었다.

3.2 태양광 수요의 변동성 산출

3.1에서의 통계추정 결과 값에 따라 미래 태양광 수요함수는 다음 식과 같이 표시할 수 있다.

$$D_{medium}(t) = D_0 e^{0.398t} \quad (2)$$

$$D_{min}(t) = D_0 e^{0.254t} \quad (3)$$

다음은 도출된 수요함수와 Table 1의 실적데이터를 이용해서 태양광수요에 대한 변동성(volatility) 계수를 아래와 같이 산출하였다. 변동성이 커지면 실물옵션의 가치도 커지게 된다. 상기 공식 (2)에서 Table 2의 상수 값 계수인 142,099MWp를 D_0 에 대입하면 연도별 기대수요 값 $D_{medium}(t)$ 을 구할 수 있다.

동 기대하는 수요 값과 실제 관찰 값(2000년부터 2010년까지의 매년 실적 수치) D_i 의 차이 값 $V_i = (D_i - D_{medium})/D_{medium}$ 에 대해 표준편차를 계산하면 24% 라는 값이 산출된다. 본 논문에서는 동 수치를 실물옵션모델의 변동성 추정 값으로 사용한다.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (V_i - \bar{V})^2} = 0.240042$$

4. 태양광 모듈기업이 보유한 확장옵션 (경영유연성)이 내재된 실물옵션모델

4.1 모델에 필요한 변수 정의

태양광모듈기업이 생산규모가 고정되는 시설투자를 하지 않고 추후 생산규모의 확장이 가능한 방식으로 제조라인을 구성할 경우 기존 고정규모의 생산시설보다 투자지출이 커지는 단점이 있는 반면, 향후 시장 수요에 부응해서 적기에 생산능력을 확대시킬 수 있는 장점이 있다. 이러한 확장 가능성을 경영유연성 가치인 옵션으로 정의하였다. 본 논문에서의 옵션모델은 이항모형을 사용한다. 이산분포(Binomial distribution)을 이용해서 모듈기업이 정해진 시간적용구간 Δt 마다 생산규모 확장 여부를 검토 결정한다는 점이 보다 모형의 현실성을 높이고, 실제 경영환경과 부합하기 때문이다.

- 특정 노드인 (i,j) 에서의 태양광 수요 D_{ij} 는 언제나 보수적 수요 전망치인 D_{\min} 보다 크다고 가정한다. 여기서 i 는 특정단계(= 시간 $i\Delta t$)를, j 는 특정상태를 의미한다.

$$D_{ij} \geq D_{\min} \quad (t = i\Delta t)$$

- D_{ij} 는 이항모형에서 초기 수요 D_0 에서부터 (i,j) 노드에 도달하기까지 전진이연과정(Rolling forward process)를 통해 상승률(u) 및 하락률(d)이 적용된 상승횟수 j 와 하락횟수($i-j$)에 의해 그 값이 결정된다.

$$D_{ij} = D_0 u^j d^{(i-j)} \quad (4)$$

- 모듈회사는 자신의 시장점유율인 q 를 유지할 수 있도록 생산능력을 확대해 나간다. 따라서 태양광시장 수요 예측 값인 D_{ij} 를 알 경우 회사의 모듈 판매 수요예측치인 D_{comp} 는 qD_{ij} 공식에 의해 얻을 수 있다.
- C_{ap} 는 회사의 확장권리를 행사하기 전 기존 연간 모듈생산 능력이다.
- C_{ap}^e 는 확장권리를 행사한 후 연간 모듈생산능력이다.
- T 는 회사의 확장권리를 행사할 수 있는 기간으로서 동 기간이 경과하면 회사의 옵션가치는 소멸된다.
- N 은 회사가 생산 확장의 효과를 기대하고 있는 총 기간으

로서 이항모형에서의 총 단계 수로 간주한다.

- $P(t)$ 는 기간 t 에서의 모듈 판매 가격이다.
- $c(t)$ 는 확장권리를 행사하기 전 기존 연간 모듈생산능력 하에서의 기간 t 의 모듈 평균생산비용이다. 본 논문에서는 판매마진인 " $P(t) - c(t)$ "를 일정한 상수 값으로 가정한다¹⁾. 본 논문에서는 모듈 가격의 변동성을 배제하고 시장 모듈 수요 변동에 대한 기업의 유연성 가치만 중점 연구한다. 태양광 모듈가격의 예측가능성을 배제한 단순한 가정이 본 논문의 한계성을 의미하므로 향후 보다 연구, 발전시켜야 할 부분이다.
- $c^e(t)$ 는 확장권리를 행사한 후 기간 t 의 모듈 평균생산비용이다.
- I_i^e 는 i 단계에서 확장권리를 행사할 경우 추정되는 확장투자 지출금액이다. 시작시점인 $i=0$ 단계에서 추정된 투자지출 금액을 화폐의 시간가치를 감안해서 특정 i 단계까지 무위험 이자율인 r_f 로 환산한 투자지출의 미래가치를 의미한다.

$$I_i^e = I_0^e (1 + r_f)^{i \Delta t} \quad (5)$$

- $I_f(C_{ap})$ 는 확장 불가능한 고정생산능력의 모듈 제조라인 투자 지출금액으로서 $i=0$ 인 시작시점에서 지출한다고 가정한다.
- $\pi(D_{com}(ij))$ 는 확장권리를 행사하기 전 조건으로 회사의 특정 노드 (i,j) 에서의 기대영업이익을 의미한다. 시장수요 증가에 따라 시장점유율 q 가 유지되는 수준에서 회사의 모듈 공급가능 수량이 증가한다고 가정했지만 이러한 모듈 판매 증가도 회사의 해당 시점 생산능력 상한을 초과할 수는 없으므로 추정 모듈 수량 및 생산능력 상한 수량 이 둘 중 작은 수량으로 영업수량은 결정된다.

$$\pi(D_{com}(ij)) = (P(t) - c(t)) * \text{MIN}[D_{com}(ij); C_{ap}] \Delta t \quad (6)$$

- $\pi^e(D_{com}(ij))$ 는 확장권리를 행사한 후 조건에 의한 특정 노드 (i,j) 에서의 기대영업이익이다.

$$\pi^e(D_{com}(ij)) = (P(t) - c^e(t)) * \text{MIN}[D_{com}(ij); C_{ap}^e] \Delta t \quad (7)$$

- $\Delta\pi(D_{com}(ij))$ 는 기대영업이익의 차이분을 의미한다.

1) 매출이익은 수요량에 기준해 설정된 생산용량에 따라 변동함(5.1.2항 참조).

$$\Delta\pi(D_{com}(ij)) = \pi^e(D_{com}(ij)) - \pi(D_{com}(ij)) \quad (8)$$

4.2 실물옵션의 모델화

고정 생산능력의 모듈 시설투자에 대한 순현가를 계산해 서, 옵션가치를 포함한 확장가능성 시설투자의 가치와 비교할 수 있다. 고정 생산능력 투자에 대한 순현재가 NPV_f는 이항모 형에서의 기대현금흐름의 현재가치에서 고정 생산능력의 투 자지출금액을 차감하여 산출한다. 산출 공식은 다음과 같다. 여기서 기대현금흐름의 현재가치화를 위해 사용되는 할인율 은 회사의 가중평균자본비용인 기대수익률 r_E 를 사용한다.

$$NPV_f = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^i \frac{E[\pi(D_{com}(ij)) * \Delta t]}{(1+r_E)^{i\Delta t}} - I_f \quad (9)$$

실물옵션에서의 옵션가격 산출 절차는 역순순환과정(Recursive backward iteration)에 의해 이루어진다. 즉 옵션 만기시점 의 해당 상태 노드에서부터 동 확장옵션의 가치를 계산하고 순차적으로 이전 단계의 노드로 역순환하면서 각 노드에서의 옵션 가치를 산정하게 된다.

- F(T_j)는 옵션 만기시점인 T단계에서 각 상태 j의 해당 노드 옵션가치를 의미한다. 동 T시점을 경과하면 옵션의 가치는 자연 소멸하게 된다.

$$F(T, j) = \text{Max}[(\Delta\pi D_{com}(T_j) - I_f^e); 0] \quad (10)$$

- 역순순환과정을 통해 이전 단계에서의 옵션가치 F(i, j)를 순 차적으로 계산하게 되면 결국시작단계인 F₀의 옵션가치가 계산된다. 동 산출값이 바로 경영 유연성(생산 확장권리)이 라는 옵션가치가 된다. 옵션 행사전 순현재가에 동 옵션가치 를 합하면 결국 확장된 순현재가 $NPV_{expanded} = NPV_{basic} + \text{Option value}$ 에서와 같이 얻을 수 있다.
- 특정노드 (i, j)에서의 옵션가치는 아래 공식식과 같이 일반 화했다.

$$F(i, j) = \text{Max}[\Delta\pi D_{com}(ij) + \sum_{k=1}^{i+T} \sum_{l=0}^{j+k-i} \frac{E[\Delta\pi D_{com}(kl)]}{(1+r_f)^{(k-i)\Delta t}} - I_f^e; \sum_{l=0}^{j+1} \frac{E[F(i+1, l)]}{(1+r_f)^{\Delta t}}] \quad (11)$$

- 이항모형에서 의사결정트리상의 각 노드에 해당하는 발생 추정확률을 계산해야 특정 i단계의 기대가치를 계산할 수 있다. 각 단계에서 수요가 증가할 위험중립적 확률 p를 아래 공식과 같이 산출하고, 반면 수요가 감소할 확률은 (1-p)로 산출한다.

$$p = \frac{e^{r_f \Delta t} - d}{u - d} \quad (12)$$

- 상기 공식 (11)에서의 변수는 수요 증가할 확률 p를 대입해 서 표시할 수 있다.

$$E[\Delta\pi D_{com}(kl)] = \binom{k-i}{l-j} p^{l-j} (1-p)^{[(k-i)-(l-j)]} \Delta\pi D_{com}(kl) \quad (13)$$

$$\sum_j^{i+1} E[F(i+1, l)] = pF(i+1, j+1) + (1-p)F(i+1, j) \quad (14)$$

5. 실물옵션모델의 적용: 사례연구

제조회사 A는 현재 모듈 생산능력이 50MWp인 태양광모듈 생산라인을 증설할 계획을 검토하고 있다. 향후 태양광시장 의 규모 확대는 확실한 것으로 판단되나 과연 어느 시점에 어 느 정도의 생산능력을 가져가야만 할 것인지는 불분명하다. 태양광산업의 특성상 시장 변동성이 크기 때문이다. 회사는 아래와 같이 3가지 안에 대해서 타당성 검토를 하고자 한다.

- 제1안: 100MWp의 고정 생산설비(확장가능성을 고려하지 않 은)의 안정적인 규모 증설을 추진한다. 투자금액 $I_f(100MWp)$ 는 공장부지, 건물 및 생산라인 설비 투자를 포함해서 MWp 당 3억원이 소요된다. 따라서 총 투자 지출금액은 300억원 이 소요된다.
- 제2안: 300MWp의 고정 생산설비(확장가능성을 고려하지 않 은)의 대폭적인 증설을 추진한다. 투자금액 $I_f(300MWp)$ 는 MWp당 2.8억원이 소요되어 제1안보다는 경제적인 투 자가 가능하다. 총 840억원의 투자지출이 소요된다.
- 제3안: 100MWp의 생산설비로 증설을 추진하되, 시장 상황에 따라 300MWp 규모로의 증설이 적시에 가능토록 투자설비 및 공장 인프라 구조에 대한 추가적인 투자를 같이 집행한다. 확 장 가능한 구조로 1차 증설하는 투자금액 $I_c(100MWp)$ 는

MWp당 3.5억원이 소요되어 투자 대안들 중 가장 많은 투자지출을 요구한다. 총 350억원이 소요되며 여기에는 확장가능이라는 경영유연성 옵션가치가 내재되어 있다. 확장옵션을 실행할 경우 200MWp 추가 증설을 위한 투자금액 K 는 사업타당성 분석을 하는 시작시점 기준으로 550억원이며, 확장옵션 실행 시점의 투자금액은 화폐의 시간가치를 감안한 미래가치(무위험이자율 r_f 로 계산)로 환산해서 결정한다. 동 확장옵션은 5년 동안 유효하고, 동 기간이 경과하면 옵션의 가치는 자연 소멸된다.

상기 제1안과 제2안의 사업성 평가를 현금흐름할인법에 의해 분석해 보고, 제3안에서 확장 전/후의 기대현금흐름 분석 및 확장가능이라는 옵션 권리의 가치를 계산해서 앞의 제1안, 제2안의 가치와 비교했다.

5.1 옵션 모델의 파라미터 계수 및 사례 분석을 위한 기본 가정

5.1.1 이항모형의 파라미터 계수

동 사례분석에서 사용할 이항모형을 구성하기 위해서는 4가지 파라미터 값이 결정되어야만 한다. 동 파라미터 값은 아래와 같이 가정한다.

- 변동성(Volatility) 계수: 태양광 수요 추정함수의 표준편차 σ 는 3.2항에서 0.240042로 산출되었다.
- 이항모형의 시간변동구간 Δt 는 5/12 로서 생산확장 결정 및 확장공사 소요기간을 감안해서 5개월로 가정했다.
- 시간변동구간에서 추정되는 태양광 수요 증가율 u 는 $e^{\sigma\sqrt{\Delta t}}$ 라는 공식에 의해 산출 가능하다. 계산된 값은 1.1676이다.
- 시간변동구간에서 추정되는 태양광 수요 감소율 d $e^{-\sigma\sqrt{\Delta t}}$ 라는 공식으로 산출되며, 계산된 값은 0.8565이다.
- 태양광 수요가 상승할 확률 p 는 공식 (12)와 같으며 계산된 값은 $\frac{e^{0.05*(\frac{5}{12})} - 0.8565}{1.1676 - 0.8565}$ 에서 0.529이다. 따라서 하락할 확률 $(1-p)$ 는 0.471이 된다.
- 이항모형에서 화폐의 시간가치로서 무위험이자율 r_f 를 사용한다. 동 사례에서는 이항모형의 전체기간을 10년으로

가정했다. 따라서 10년만기 국고채권금리 가격을 토대로 r_f 를 5%로 가정한다.

5.1.2 사례분석을 위한 기본가정

사례분석을 위해 태양광 모듈사업과 관련한 기본 가정을 아래와 같이 했다.

- 태양광시장의 수요 D_{market} 은 시작 시점 ($i=0$)의 시장수요 16.629GW(2010년 한해 설치된 태양광시스템 규모)로부터 상기 이항모형에서의 파라미터 값들에 의해 이항트리 방식으로 추정된다. 동 시장수요 추정치는 24%라는 높은 변동성 계수의 영향을 받아서 이항모형의 노드별로 시간이 경과할수록 그 폭이 점점 넓어지게 된다. 태양광수요가 보수적인 시장 추정곡선인 $D_{min}(=16.629e^{0.254*(\frac{5}{12})^*i})$ 보다는 크다는 가정 하에 보수적 추정치보다 낮아지는 수요예측치는 보수적 추정치인 D_{min} 의 수요예측치로 대체한다.
- 태양광 모듈회사의 수요 추정은 시장수요에 맞추어 시장점유율을 유지한다는 전제하에 가능하다. 시장점유율 q 는 시작시점의 태양광시장 수요인 16.629GWp에 대한 회사의 현재 용량 50MWp의 비율인 0.3%로 가정한다. 따라서 시장수요 추정치에 동 점유율을 곱하면 회사의 모듈 수요 추정 수치가 가능하게 된다.
- 사업기간 N 은 총 10년으로 가정한다. 이항모형의 시간변동구간 Δt 를 5/12로 앞에서 가정하였으므로 이항모형의 단계 i 는 총 24단계로 구성하게 된다.
- 회사의 옵션 행사 가능기간 T 는 초기 5년으로 가정한다. 또한 옵션을 행사할 경우 동 증설(300MWp로의 증설 투자)의 효과는 투자 이후 5년 동안 지속되는 것으로 가정한다. 따라서 투자 후 5년 동안의 이익 차이 $\Delta\pi$ 를 회사는 향유하게 된다.
- 태양광모듈의 시작시점 가격 P_0 는 2,400원/Wp(USD 2/Wp에서 환산)로 가정한다.
- 태양광 모듈회사의 원가(관관비 포함한 총 현금지출 비용)는 상기 3가지 대안별로 상이하게 가정한다. 제1안(100MWp 고정설비)의 원가 $c_f(100MWp)$ 는 2,370원/Wp으로서 Wp당 30원 마진으로 가정한다. 제2안(300MWp 고정설비)의 경우 원가 경쟁력이 크게 높아져서 원가 $c_f(300MWp)$ 는 2,300원/Wp, Wp당 마진은 100원으로 가정한다. 제3안

(100MWp 확장가능설비, 200MWp의 추가 확장가능 옵션 보유)의 경우 확장 전 원가 $c_v(100MWp)$ 는 2,380원/Wp으로 Wp당 20원의 마진을 가정한다. 단, 확장 후에는 제2안의 원가 수준인 2,300원/Wp의 원가 실현이 가능하다고 가정한다.

- 공식 (9)에서 각 투자안별로 순현가를 계산하기 위해 사용되는 할인율 r_E 에 대해서는 회사의 가중평균자본비용으로서 12%를 가정했다. 국내기업에서는 적절한 대상을 찾기 어려워 그 대안으로 미국의 대표적인 태양광모듈 제조회사인 퍼스트솔라와 선파워의 가중평균자본비용들의 평균값인 12%를 본 논문에 적용하였다²⁾.
- 동 사례분석에서는 시간 경과에 따른 모듈가격 변동을 고려하지 않고, 각 투자안별 마진(P-c)이 일정하다는 단순 가정을 했다. 모듈가격이 떨어지는 만큼 태양전지 자재의 구입원가도 떨어진다는 것이고, 자재 구입원가가 올라가면 모듈 마진을 유지하도록 모듈 가격이 상승한다는 전제이다. 결국 모듈사업의 변동성은 모듈 수요량의 변동에 의해 결정된다. 따라서 앞서 계산한 표준편차 값 24%가 본 논문에서 실물옵션모델의 변동성 계수로 사용될 수 있게 된다. 모듈 제조회사별로 시장에서의 판매가격이 변하는 것이 당연하나 태양광 모듈 특히 결정질 모듈의 경우 브랜드에 의한 가격 차별화가 크게 나타나지 않는 시장특성이 있다³⁾.

5.2 각 투자안의 순현재가 계산

먼저 공식 (9)에 의해 각 투자안에 대한 순현재가를 계산해보면 다음과 같다. 또한 그 결과값의 비교는 Table 4와 같다.

Table 4. 생산설비 확장 안 결과값 비교

투자안	제3안 (100MWp 옵션 행사 전)	제1안 (100MWp 고정설비 투자)	제2안 (300MWp 고정설비 투자)
순현재가(백만원)	-24,013	-13,520	13,637
투자순위	3	2	1

2) www.wikiwealth.com 에서의 공식수치 참고.

3) 이에 수량 변동만을 불확실성으로 간주하는 본 모형이 어느 정도 타당성을 가지게 됨.

- 제1안(100MWp 고정설비 증설)의 순현재가치 $NPV_f(100MWp)$ 는 -13,520백만원이라는 음의 가치가 산출되었다. 이는 시장 수요확대에 비해서 적은 규모의 증설을 하는 보수적인 투자안이며 100MWp 설비 증설후 1.74년만에 생산능력이 100% 한도에 도달하게 된다. 따라서 추가적인 수요가 있어도 판매하지 못하는 기회비용을 초래하게 된다. 이렇게 추가적인 수익 창출이 생산능력의 제한으로 실현되지 못하므로 전체적인 투자이익이 “음”의 값으로 나오게 된다. 투자 타당성분석 상으로는 투자를 기각해야 하는 사업안이다.
- 제2안(300MWp 고정설비 증설)의 순현재가치 $NPV_f(300MWp)$ 는 13,637백만 원이라는 양의 가치가 산출되었다. 이는 회사의 할인율 (r_E) 12%를 상회하는 초과이익이므로 투자 타당성분석 상으로 투자해야만 하는 사업안이다. 시장 수요 확대에 맞추어 회사의 모듈 판매량은 시장점유율 유지라는 가정 하에서 증가하게 되며, 시작시점에는 300MWp 생산능력 중 50MWp만 가동하는 과잉투자이지만 투자 후 4.5년 경과하면서 생산능력이 100% 한도에 도달하게 된다. 따라서 남은 5.5년 동안 제1안보다 더 높은 마진을 가지고 100% 생산 가동물량의 수익을 실현하게 된다.
- 제3안(100MWp 확장가능 설비 증설 및 200MWp 확장 가능 옵션 보유)에서 100MWp 규모의 1차 투자의 순현재가치 $NPV_v(100MWp)$ 는 -24,013백만원으로 가장 열위의 순현재가가 산출되었다. 향후 확장가능성을 고려한 추가 투자 지출이 동시에 집행되었고 이로 인해 Wp당 원가 수준도 3가지 투자안 중에 가장 높게 되었기 때문이다. 옵션의 가치를 고려하지 않는다면 동 3안은 투자 타당성분석 상으로 당연히 투자 기각해야만 하는 사업안이다.

5.3 실물옵션가치의 산출

제3안을 선택한 회사는 옵션기간인 5년 동안 생산능력 확장을 매 단계 때마다 검토해서 옵션 행사 여부를 결정하게 된다. 회사는 옵션의 행사 또는 이후 단계로의 이월 둘 중 하나를 선택한다. 실물옵션가치가 산출되는 절차를 아래와 같이 다시 정리해 보면,

1) 100MWp 및 300MWp에서의 회사 모듈 수요의 추정은 공

- 식 (4) 및 시장점유율 q 에 의거하여 전진이연과정을 통해 산정한다.
- 2) 각 노드 (i,j)별로 이익 차이 $\Delta\pi$ 를 공식 (8)을 참고하여 계산한다.
 - 3) 옵션 행사시 투자 지출금액을 공식 (5)를 참고하여 행사시점의 가치로 산정한다.
 - 4) 위험중립적 상승/하락 확률을 사용하여 이항트리모형에서의 각 노드별 발생확률을 산정한다.
 - 5) 각 노드 (i,j)에서 특정 단계 i에서의 각 상태 j의 현재가치를 계산하고 옵션 행사시의 기대현금흐름(i단계의 현재가치) 추정금액을 공식 (13)에 의해 산출한다.
 - 6) 옵션만기시점에서의 옵션가치를 공식 (10)에 의해 산출한다.
 - 7) 공식 (11)에서의 역순순환과정을 통해 시작시점에서의 옵션가치를 산정한다. 이는 회사가 각 노드별로 “옵션행사” 또는 “다음 단계로의 행사결정 여부 이월” 둘 중 더 큰 값을 선택하고, 이전단계의 노드로 역순환하면서 해당 노드의 옵션가치를 결정하는 과정이다.

상기 절차에 따라 산출된 시작시점의 옵션가치 F_0 는 38,286백만원이라는 금액이 계산된다. 제3안의 투자가치가 산출된 옵션가치를 당초 옵션 행사전 순현재가액에 합할 경우 총 14,273백만원으로 그 가치가 음의 값에서 양의 값으로 반전되며, 제2안의 사업가치인 13,637백만원보다 더 큰 금액이 된다. 따라서 Table 5에서와 같이 회사는 확장가능성이라는 옵션을 포함한 제3안을 투자안으로 선택한다.

결국 시장 수요 변화에 맞추어 적기에 생산능력 확장이 가능토록 투자계획을 수립한다면 과소 및 과대투자에 따른 기회비용 및 매몰비용을 회피할 수 있다. 이러한 확장가능성은 곧 경영의 의사결정 유연성(Flexibility)를 의미한다. 본 논문에서는 이러한 경영 유연성의 가치를 실물옵션모델을 이용해서 분석했고, 태양광사업의 전략적인 투자결정에 활용이 가능함을 증명하였다.

Table 5. 최종투자안 결정

투자안(백만원)	제3안	제2안
당초 순현재가	-24,013	13,637
옵션가치	38,286	-
확장 순현재가	14,273	

6. 결론

전통적인 투자안 평가방법인 현금흐름할인법(DCF)은 불확실한 미래의 사업 환경을 현시점에서 하나의 안으로 확정한다는 비현실적인 가정을 기초로 한다. 반면 본 논문에서 사용한 실물옵션모델은 해당 투자사업의 진행 중 환경변화에 따라 수시로 당초의 계획을 변경할 수 있는 경영 유연성을 투자안 평가에 반영한다. 예로 석유, 가스사업, 생명과학산업과 같은 분야는 장기간에 걸쳐 이뤄지는 사업으로 투자 이후 미래 기술 및 경제 상황에 따라 투자조정이 이뤄진다. 순현재가법과 같은 전통적 가치평가방법으로는 이러한 유연성이 내재된 투자안에 대한 평가를 적절히 할 수 없다. 이럴 경우 실물옵션모델이 보다 정확한 투자 타당성기법으로 사용될 수 있다.

특히 신재생에너지 사업은 사업의 수명이 길고 초기투자가 막대한 점 그리고 매우 불확실한 미래 규제환경에 노출되어 있다는 점에서 실물옵션모델을 적용한 정확한 투자가치 평가가 요구되는 사업 분야이다. 또한 이 모델은 성장성이 높은 사업 확장에 있어서 투자의 시점 및 투자규모 수준 결정에 유용하게 사용될 수 있다. 태양광산업은 지난 10년간 매년 39% 수준의 성장세를 실현하였다.

본 논문에서는 태양광모듈 생산 증설 의사결정에 확장옵션을 활용한 실제적인 사례를 분석하였다. 여기서 사업 환경변화에 따라 유리한 조건에서만 사업확장이라는 옵션을 행사하게 되므로, 사업 불확실성에 따른 운영 및 투자손실을 전략적으로 감소시킬 수 있었다. 본 연구에서 추정된 확장옵션의 가치는 38,286백만원에 달하는 것으로 나타났다. 이 값이 옵션 없는 경우의 투자사업 NPV에 더해질 경우 총가치는 즉, 확장 가능한 순차적 투자안의 가치는 음(-)에서 양(+)으로 바뀌며 그 값은 14,273백만원이다. 이 수치는 우월한 고정설비 투자안의 가치 13,637백만원보다 큰 것으로 나타났다.

본 논문은 태양광모듈 제조기업의 매출이익이 모듈 수요 변화에 따라 결정된다고 가정한다. 즉 시장에서의 모듈 수요가 회사의 생산능력, 판매가능 모듈 수량을 결정하는 대신 이익 마진은 고정되어 있기 때문이다. 따라서 태양광모듈기업의 매출이익 변동은 모듈 수요의 변동 자체로 표시된다는 가정이 성립된다. 이는 지금까지의 태양광 시장에서의 가격 결정이 공급보다는 수요에 의해 결정되었다는 실제 시장의 특성에 근거한 것이다.

그러나 향후 태양광 모듈사업의 불확실성은 수량적인 요인 뿐만 아니라 가격적인 요인에 의해 크게 좌우될 가능성이 커지고 있다. 이는 중국을 중심으로 한 저가격이면서 경쟁력 있는 모듈제조회사의 수 및 생산능력이 크게 확대되고 있기 때문이다. 또한 각 정부의 태양광 인센티브 정책의 변화 방향도 사업 환경 변동성을 높이는 큰 요인으로 작용될 것으로 보인다.

본 논문의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 태양광모듈 판매 마진의 고정성을 가정했다. 즉 태양광 모듈가격의 변동성을 배제하고 모듈 수요량의 변동 관점에서 경영 유연성 가치를 분석했다. 둘째, 예측된 수요가 보수적 예측보다 높다는 가정을 전제로 하고 있어서, 수요가 당초 예측을 밀도는 경우, 투자 포기에 따른 손실에 대한 분석은 본 논문에서 다루어지지 않았다.

따라서 본 논문에서 제시된 실물옵션모형을 보다 발전시켜 가격 변동 요인 등을 포함한 보다 일반화된 실물옵션모델의 개발이 요구된다. 본 연구자들은 본 연구가 지속적으로 개발될 실물옵션모형의 초기 단계 연구로 활용되기를 기대한다. 또한 태양광산업뿐만 아니라 신재생에너지 관련 다양한 사업들의 투자타당성분석에 있어 실물옵션모델이 실무적으로 널리 활용될 수 있기를 기대한다.

후 기

본 연구는 2011년도 홍익대학교 학술연구진흥비에 의하여 연구되었다.

김 경 남



1984년 고려대학교 경영대학 경영학학사
1986년 서울대학교 대학원 경영학석사
1994년 홍익대학교 대학원 경영학박사 수료

현재 고려대학교 경영대학 초빙교수
(E-mail : i005034@korea.ac.kr)

References

- [1] 김경남, 선우석호, 2011, "Real Options Embedded in a Solar Power Project: A Case Analysis of AJU Energy", KBR 제15권 제2호, 게재 예정.
- [2] 윤원철, 손양훈, 김수덕, 2003, "실물옵션을 활용한 발전소 건설 타당성 분석", 자원환경경제연구 제12권 제2호, pp. 217-244.
- [3] 윤원철, 2006, "시뮬레이션과 실물옵션 기법을 활용한 원전 경제성 분석", 에너지경제연구 제5권 제1호, pp. 27-22.
- [4] Amram, M. and Kulatilaka, N., 2000, "Real options: Managing Strategic Investment in an Uncertain world", Harvard Business School Press.
- [5] Calabrese, A., Gastaldi, M., and N.L. Ghiron, 2005, "Real option's model to evaluate infrastructure flexibility: an application to photovoltaic technology", International Journal of Technology Management, Vol. 29, pp. 173-191.
- [6] Cox, J., S. Ross & M. Rubinstein, 1979, "Option pricing: A simplified approach", Journal of Financial Economics, Vol. 7, pp. 229-263.
- [7] Dixit, A.K. and Pindyck, R.S., 1993, "Investment Under Uncertainty", Princeton University Press.
- [8] EPIA (European Photovoltaic Industry Association), 2011, "Global Market Outlook for Photovoltaics until 2015".
- [9] Trigeorgis, L., 1996, "Real options - Management flexibility and strategy in resource allocation". MIT Press.

선 우 석 호



1974년 서울대학교 공과대학 응용수학과 공학사
1981년 미국 노스웨스턴대학교 켈로그경영대학원 경영학석사
1986년 미국 펜실베이니아대학교 와튼스쿨 재무학(Finance) 박사

현재 홍익대학교 경영학과 교수
(E-mail : sonu@hongik.ac.kr)