

RETScreen을 활용한 조력발전 개발사업 경제성 분석 - 아산만 조력발전소 사례를 중심으로 -

Economic Analysis for a Tidal Power Plant Project using RETScreen - Focused on the Tidal Power Plant in Asan Bay

김민옥* 정근채**
Kim, Min-Ock Jeong, Keun-Chae

Abstract

In this research, we analyse the economic feasibility of a tidal power plant project which can efficiently generate mass, permanent, predictable, and homogeneous electric power. For the economic feasibility analysis, we used the RETScreen that is developed at the CANMET Energy Technology Center in Natural Resources Canada and widely utilized for analysing the economic feasibility and sensitivity of clean energy projects. Results from the feasibility and sensitivity analysis showd that the tidal power plant project in Korea has a enough economic feasibility, and its feasibility increases more as certified emission reductions price and electricity unit price increase. Based on the results from the feasibility study, we can solve the energy problems to be come in near future by constructing the tidal power plants in Korea more aggressively.

Keywords : *Renewable Energy, Tidal Power, Electricity Generation, RETScreen, Economic Feasibility, Renewable Portfolio Standard*

1. 서론

사용함에 따라 점점 줄어드는 한정된 원천에 의존하는 비재생에너지(Nonrenewable Energy)인 화석연료는 원상태로 회복하려면 비용이 너무 많이 소비되거나 환경적으로 큰 피해를 주게 된다(윤천석 2009). 이러한 단점에도 불구하고 현재 세계의 에너지 소비패턴은 석탄, 원유, 천연가스 등의 전통적인 화석연료에 거의 전적으로 의존하고 있는 형편이다. 그러나 국제 에너지 가격이 치솟고 자원확보 경쟁이 나날이 심화되는 미래의 에너지 환경 하에서는, 새로운 안정적인 에너지원, 즉, 신재생에너지의 확보만이 국가경제의 지속가능한 성장을 견인할 수 있다.

신재생에너지는 막대한 초기투자를 필요로 한다는 문제점

도 불구하고 화석연료의 고갈과 환경파괴 문제에 대한 유일한 해결방안으로 인식되고 있다. 이에 선진국에서는 신재생에너지에 대한 연구개발과 보급정책을 활발히 추진하고 있다. 또한 국내에서도 유가상승 및 기후변화협약 규제에 대응하기 위해, 에너지 절약 및 효율화 기술개발과 신재생에너지의 보급 및 확산에 많은 투자를 하고 있다.

이러한 추세에 따라, 국내에서도 원자력이나 화력발전보다 친환경적인 무공해 대체에너지 개발을 통해 전력산업의 다변화를 꾀하고 있다. 이는 환경적인 부분까지 고려한다면 화석연료에 대한 무공해 자연에너지의 상대적인 경제성이 높아졌다는 점을 의미한다. 또한 신재생에너지 의무할당제(Renewable Portfolio Standard; RPS)의 시행으로 인해 신재생에너지에 대한 투자가 급증하고 있다. RPS란 발전사업자에게 총발전량

* 일반회원, 대우송도호텔, 공학석사, blair.kim@sheraton.com

** 중신회원, 충북대학교 토목공학부 교수, 공학박사(교신저자), kcjeong@cbnu.ac.kr

에서 일정비율을 신재생에너지로 공급하도록 의무화하는 제도이다. 현재 RPS는 미국을 비롯한 호주·이탈리아·영국·일본·스웨덴·폴란드·중국·태국 등 전 세계적으로 44개 이상의 국가에서 시행 중에 있다. 국내에서도 2012년부터 RPS 시행으로 신재생에너지 보급 확대를 위해 노력하고 있으며, 대규모 발전기업들도 의무발전을 위한 추진계획을 잇달아 수립하고 있는 상황이다. 특히, 발전기업들은 2022년까지 발전량의 10% 정도를 신재생에너지로 충당해야 하므로 신규 신재생에너지 발전소 개발에 적극적으로 참여하고 있다.

조력발전은 태양열, 수력, 풍력발전 등 타 신재생에너지 발전에 비해 발전효율이 높고 대용량이어서, 발전기업들의 의무할당량을 달성하는데 보다 유리하다. 또한, 조력에너지는 한번 설치하면 거의 반영구적으로 발전이 가능하며 생산된 에너지가 균질하며 그 양을 미리 비교적 정확하게 예측할 수 있다는 점에서 다른 신재생에너지에 비해 장점을 갖는다(김효섭 2012).

본 연구는 우리나라의 서해안 지역의 특정 후보지에 대한 사례를 대상으로 조력 에너지 발전소 개발사업이 경제성을 갖는지에 대한 여부를 분석함을 목적으로 한다. 또한 조력발전의 경제성 확보에 지대한 영향을 주는 요인을 도출하고 이에 대한 민감도분석을 수행함으로써, 조력발전 개발사업의 경제성을 확보하기 위해 필요한 조건을 도출함을 목적으로 한다. 일반적으로 특정한 개발사업의 타당성을 평가함에 있어서 분석의 주체 즉 의사결정자가 국가(국민), 수행기업, 투자자인가에 따라 분석의 결과가 상이하게 나타날 수 있다. 특히 의사결정자가 국가인 경우, 정치적, 사회적, 환경적, 경제적 요인들이 분석에 포함되어 매우 복잡한 양상을 보인다. 본 연구에서는 연구의 범위를 개발사업을 수행하는 기업의 입장에 한정시킴으로써, 본 개발사업과 관련된 직접적 비용과 수익의 현금흐름만을 경제성 분석의 대상으로 삼았다.

본 연구에서는 신재생에너지 관련 시설의 경제적 타당성을 기획단계에서 선제적으로 분석하기 위한 용도로 개발된 RETScreen 프로그램을 활용한다. RETScreen은 캐나다에서 개발된 분석도구로서 비교적 작은 비용과 노력으로 신재생에너지 시설에 대한 경제성 분석 결과를 제공할 수 있으며, 누구나 무상으로 이용할 수 있어 최근 북미를 중심으로 선진국에서 폭 넓게 활용되고 있다(RETScreen International, 2005). 본 연구는 조력발전 개발사업의 경제성을 평가하기 위한 목적 이외에도, RETScreen을 통해 경제성을 평가하는 과정을 예시함으로써, 향후 신재생에너지 분야에서 새로운 사업 기획을 위한 타당성 평가를 수행하는 경우 참조할 수 있는 모델을 제공한다는 데 의의가 있다.

전술한 바와 같이, 본 연구에서는 RETScreen을 기반으로

서해안 지역을 대상으로 한 조력발전 개발사업에 대한 경제성을 평가한다. 이를 위해, 2장에서는 조력발전에 대한 이론적 배경과 국내·외 현황을 분석한다. 또한 경제성 평가에 대한 기본 이론을 살펴보고, 본 연구에서 경제성 평가를 위해 사용하는 도구인 RETScreen 프로그램을 소개한다. 3장에서는 본 연구의 대상인 아산만 조력발전 개발사업에 대해 살펴보고, 경제성 분석을 위해 필요한 입력자료와 RETScreen을 이용한 경제성 분석 결과를 서술한다. 또한, 중요한 입력자료에 대한 민감도 분석을 수행한 후 그 결과를 서술한다. 마지막으로 4장에서는 본 연구의 결론을 서술한다.

2. 이론적 배경

2.1 조력에너지의 개요

삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라 연안 해역은 다양한 에너지 자원이 풍부하게 분포되어 있으며, 발전시설을 설치할 수 있는 해역 또한 광범위하기 때문에, 해양에너지 자원은 우리나라에서도 대규모로 활용 가능한 에너지원이라 할 수 있다. 특히, 우리나라는 활용 가능한 육상공간이 매우 제한되어 있기 때문에, 해양에너지의 활용은 에너지 수입의존도를 낮출 뿐 아니라 기후변화 협약에 의한 국제적인 환경보호 노력과 이에 따른 각종 규제에 적극적으로 대응할 수 있는 효과적인 방안이 될 수 있다. 주요 해양에너지원으로는 조력, 조류, 파력, 해수 온도차, 염도차, 해양바이오 에너지 등을 들 수 있다(현범수와 홍기용 2011).

이 중에서 조력에너지는 고갈성 자원과는 달리 재생산이 가능할 뿐만 아니라, 높은 발전효율로 대용량의 균질한 에너지를 생산할 수 있어, 새로운 에너지원으로서의 기대가 점점 커지고 있다. 조력발전이란, 조석을 동력원으로 하여 해수면의 상승하강 현상을 이용, 전기를 생산하는 발전방식으로 크게 세 가지 방식으로 구분할 수 있다. 첫째, 일정 중량의 부체가 받는 부력을 이용하는 부체식, 둘째, 조위의 상승하강에 따라 밀실에 공기를 압축시키는 압축공기식, 셋째, 방조제를 축조하여 해수저수지, 즉, 조지를 조성하여 발전하는 조지식으로 나눌 수 있다.

세 가지 조력발전 방식 중 오늘날 가장 많이 사용되는 실용적인 방식은 조지식으로, 강한 조석이 발생하는 큰 하구나 만에 방조제를 설치하여 조지를 만들고 외해 수위와 조지내의 수위차를 이용하여 발전을 하게 된다. 조지식 조력발전은 일반적으로 조지의 수에 따라 단조지식과 복조지식으로 구분되며, 조석의 이용횟수에 따라 단류식과 복류식으로 나뉜다. 단류식은

조지 내의 수위가 외해 수위보다 높을 때 해수를 내보내면서 발전하는 낙조식 단류발전과 외해 수위가 조지 내의 수위보다 높을 때 해수를 채우면서 발전하는 창조식 발전으로 구분되며, 복류식은 낙조와 창조를 함께 이용하는 방식이다.

조력발전은 댐 건설로 인한 해양환경 변화 문제 등으로 다소 논란의 여지가 있지만 경제성 측면에서 만큼은 어느 청정에너지보다도 우수하다는 평가를 받고 있는 에너지원이다. 조력발전은 조석간만의 차가 크고 조성되는 조지의 면적이 넓을수록 유리하고, 건설비 측면에서는 설치되는 댐의 길이가 짧을수록 유리하다. 우리나라 서해안은 지형적으로 굴곡이 심한 리아스식 해안으로 크고 작은 만이 잘 발달해 있고 조차도 커 세계적으로 유망한 조력입지로 인정받고 있다. 특히 서해안 중부 경기만 해역 조력에너지의 경우 대규모로 개발이 가능한 것으로 평가되고 있어 개발 시 화석연료 사용에 대한 실질적 대안이 될 것으로 기대된다.

2.2 조력에너지의 국내·외 현황

2.2.1 국내 조력에너지 현황

우리나라는 전체 해양에너지 부존량은 적지만, 연안에서의 에너지 밀도가 높은 조력 및 조류발전에는 많은 관심을 쏟고 있다(현범수와 홍기용 2011). 우리나라의 서해안은 세계적인 조력발전 적지로서 우수한 개발 여건을 지니고 있으며, 가로림만 500MW, 인천만 1,500MW, 강화만 800MW, 해주만 2,300MW 등 총 6,500MW 이상의 개발적지를 보유하고 있다. 우리나라는 1980년대에 가로림만을 중심으로 서해안 조력 발전에 대한 개략 타당성 조사를 수행하였고, 2005년 가로림만 조력발전 타당성 정밀조사를 시작으로 인천만, 강화만 지역의 해양특성 상세조사와 조력발전소 개념설계를 실시하여 조력발전 상용화 기반을 구축하였다.

시화호 수질개선 대책의 일환으로 시화호 운영방법을 담수호에서 해수호로 전환함에 따라 청정에너지 생산과 수질개선 목적으로 시화 조력발전소 건설을 2004년 착공하였으며 이후 7년간의 공사기간을 거쳐 2011년에 완공하였다. 시화호 조력발전소는 254MW 용량으로 프랑스 Rance 조력발전소를 능가하는 세계 최대 규모의 조력발전소이다. 그림 1과 2는 시화호와 Rance 조력발전소의 모습을 보여주고 있다. 시화호 조력발전소는 2011년 8월 여름철 국가 전력수급 안정에 기여하기 위해 발전을 개시한 후, 각종 성능 시험 및 조력 발전에 따른 해양환경영향 모니터링 등을 위한 단계별 운전을 해왔다. 2012년 1월부터 발전시설 10기 전체를 가동하기 시작하여 올해 3억 8600만 KWh 즉, 약 544억원 어치의 전력을 생산할 계획

에 있다. 이 전력의 양은 인구 35만 도시에서 사용할 수 있는 양이다. 또한 국토해양부는 강화도(840MW)에도 조력발전소를 건설할 계획으로 타당성조사를 수행하였고, 조력에너지 실용화 기술 개발을 통해 1,320MW급 인천만 조력발전 기본계획이 수립되었으며, 조력발전시스템 성능 제고와 해양환경영향 분석 및 저감기술 개발을 위한 연구가 진행 중에 있다.



그림 1. 시화호 조력발전소 조감도



그림 2. 프랑스의 Rance 조력발전소

2.2.2 국외 조력에너지 현황

현재 가동 중인 세계 각국의 조력발전소 중 가장 대표적인 것으로는 1986년 준공된 프랑스의 Rance 발전소(시설용량 240MW), 1968년 준공된 러시아의 Kislaya Guba 발전소(시설용량 400KW), 1984년 준공된 캐나다의 Annapolis 시험발전소(시설용량 20MW), 그리고 중국의 Jiangxia 발전소(시설용량 3.2MW) 등을 들 수 있다. 이들의 공통적 특징은 모두 대규모 조력개발을 위한 시험발전소로 건설되었다는 점이다. 즉, 프랑스의 Rance 조력발전소는 Chausey섬 개발, 러시아의 Kislaya Guba 발전소는 Tugur만과 Mezen만 개발, 캐나다의 Annapolis 발전소는 Fundy만 개발, 그리고 중국의 Jiangxia

발전소는 중국 동해안의 조력개발을 위한 연구, 건설 및 가동 경험 축적을 위한 전초단계로 볼 수 있으며, 대규모 조력개발에 따른 시행착오를 최소화하기 위한 목적을 갖고 있다. 또한 이들 대규모 조력개발에 대한 타당성 조사가 1960년대 실시되었다는 점도 공통점이라 할 수 있다.

2.3 경제성 분석 기법

신재생에너지 개발사업의 경제성 분석을 위해서는 개발사업의 생애주기 상에서 발생하는 모든 비용과 수익 항목을 추정해야 한다. 또한 신재생에너지 개발사업은 사업기간이 수십 년에 이르는 장기적 사업이기 때문에 돈의 시간적 가치를 반영해야 정확한 분석을 수행할 수 있다. 따라서 신재생에너지 시설 구축 및 운영 기간 동안 소요된 비용과 발생한 수익의 흐름을 현재가치로 환산한 값을 이용하는 할인현금흐름분석 방법을 이용하는 것이 바람직하다(고성석 외 2006).

보편적으로 가장 많이 사용되는 할인현금흐름분석 방법으로는 수익/비용비율법, 수익률법, 순현재가치법, 자본회수기간법 등이 있다(박찬석 외 2005). 첫 번째 방법론인 수익/비용비율법은 프로젝트의 모든 수익의 현재가치의 합을 모든 비용의 현재가치의 합으로 나눈 비율을 구한 후, 이 비율이 1보다 크면, 즉, 수익의 현재가치가 비용의 현재가치보다 크면 프로젝트가 경제성이 있다는 결론을 내린다. 두 번째 방법인 수익률법에서 수익률은 프로젝트에 투자된 비용이 모두 회수되도록 프로젝트의 미회수 투자원금 잔액에 부과된 이자율로 정의되며, 기술적으로 수익률은 할인현금흐름에 대해 비용과 수익을 같게 만들어 주는 이자율로 정의될 수 있다. 수익률법에서는 구한 수익률이 의사결정자의 최소요구수익률(Minimum Attractive Rate of Return; MARR) 이상이면 프로젝트의 경제성이 있다고 판단한다. 세 번째 방법인 순현재가치법은 모

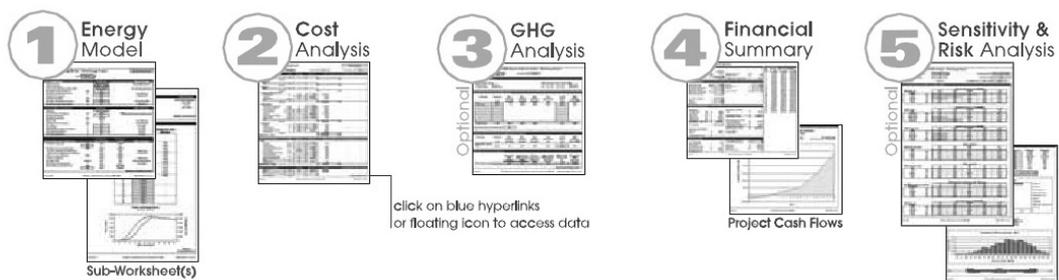
든 현금흐름을 현재시점으로 옮긴 후 수익의 현재가치에서 비용의 현재가치를 차감 한 값, 즉, 순현재가치(Net Present Worth; NPW)가 양의 값을 가지면 경제성이 있다고 판단한다. 네 번째 방법은 자본회수기간법으로 이 방법은 프로젝트의 초기투자비용이 매년 발생하는 수익을 통해 모두 회수되는 시점을 구하여 그 시점이 프로젝트 기간 내에 존재하면 프로젝트가 경제성이 있다고 결론을 내리는 방법이다.

2.4 경제성 평가 프로그램 고찰

본 연구에서는 경제성 평가를 위해 RETScreen을 활용하였다. RETScreen은 캐나다에서 개발된 프로그램으로 국제 기후 협약 대처용 지속가능한 에너지기술(Renewable Energy Technology; RET)프로젝트나 신재생에너지를 에너지원으로 하는 특정 요소기술 설비의 시행 타당성 분석을 위한 시장조사, 정책분석을 통한 사업 예비 가능성 평가를 주목적으로 한다. RETScreen은 사업 타당성이 확보된 요소설비 시스템에 대한 정보공유에서부터 판촉 및 서비스와 관련된 프로젝트 연구개발 목적으로 배포되어 사용되는 시스템 타당성 평가 도구다(이의준 2011). RETScreen은 캐나다의 정부기관과 관련 기업의 전문가로 구성된 CEDRL(CANMET Energy Diversification Research Laboratory)에 의해 개발되었다. 이 시스템은 다양한 신재생에너지 개발 및 보급 프로젝트를 통해 검증된 프로그램으로서 신재생에너지관련 프로젝트의 표준 통합 분석용 도구라 할 수 있다.

RETScreen 프로그램은 Microsoft Excel 프로그램을 토대로 시스템 성능평가과정을 크게 다섯 단계로 구분하여 독립적인 Worksheet로 구성하고 있다. 또한 각각의 단계마다 성능 평가에 필요한 변수들을 입력함으로써, 해당 단계에서 평가할 수 있는 내용에 대한 결과를 얻을 수 있다. 개별 Worksheet

Five Step Standard Analysis



➔ Ready to make a decision

그림 3. RETScreen 프로그램 활용 개요

는 독립적으로 평가되기 보다는 매크로로 연결되어 다음 단계, 또는 그 다음 단계의 결과를 도출하는데 변인으로 작용하도록 구성되어 있다. 그림 3은 RETScreen 프로그램의 다섯 개의 표준분석단계를 보여주고 있다(RETScreen International, 2005). 그림에서 보는 바와 같이, 시스템 성능 평가를 위해서는 이용자가 각 단계별로 지원되는 Worksheet의 음영 부분에 평가하고자 하는 시스템의 상세 내용을 적는 것만으로 결과를 도출할 수 있도록 구성되어 있다. 각 단계별 성능평가 과정은 다음과 같다.

[1단계] 에너지 모델 : 첫 단계에서는 에너지 저감에 관계된 신재생에너지 공급량을 계산한다. 시스템의 에너지 성능에 대한 정량적인 결과를 얻어내기 위해서는, 기상요소에 대한 데이터를 입력해야 하며, 이때 표준화 데이터는 NASA에서 제공하는 월일평균데이터를 사용한다.

[2단계] 비용분석 : 시스템의 초기 설치비용, 운영 및 유지관리비용 등 시스템의 비용 부분을 추정하는 단계이다. 여기서 얻어진 생애주기 비용 추정치와 에너지 모델에서 얻은 에너지 공급 수익 추정치는 재정분석 단계의 경제성 분석을 위한 기초 자료로 사용된다.

[3단계] 온실가스 저감분석 : 해당 시스템의 설치, 운영 및 유지관리 상 발생하는 온실가스의 발생량과 기존의 화석연료 기반 시스템을 운영할 때 발생하는 온실가스를 비교하여 해당 설비의 적용 및 운영으로 저감되는 온실가스의 양을 평가하는 단계이다.

[4단계] 재정분석 : 에너지 모델에서의 공급 가능 신재생 에너지와 비용분석에서의 투자비용을 바탕으로 경제성 분석을 수행하는 단계이다. 시스템 설치 및 운영에 따른 보다 상세한 경제성 분석을 수행하고자 할 경우에는, 재무변수 부분에 각 국가나 상황에 따른 이자율, 통화 상승률, 세금감면 혜택, 할인율, 온실가스 저감에 대한 혜택 등 추가적인 변수에 대한 입력이 필요하다.

[5단계] 민감도분석 : 앞서 분석한 결과를 토대로 입력변수의 민감도를 분석하는 단계이다. 민감도 분석을 통해 입력 변수의 변화에 따른 해당 프로젝트의 경제적 타당성 변화를 분석할 수 있다.

3. 조력발전 개발사업의 경제성 분석

3.1 조력발전 개발사업

앞서 언급한 바와 같이, 조력발전은 대규모의 안정적 청정에너지를 효율적으로 생산할 수 있는 신재생에너지 생산방법이

다. 또한, 우리나라 서해안은 낮은 수심과 높은 조수간만의 차이로 조력발전에 매우 유리한 해상조건을 갖추고 있다. 그림 4에서 보는 바와 같이, 우리나라 서해안에는 많은 조력발전 후보지가 존재하며, 상대적으로 남해안에는 조류발전 후보지가 존재하고 있다(홍기용과 현범수 2011).



그림 4. 우리나라 조력, 조류 및 파력발전 개발 후보지

이에 본 연구에서는 우리나라 서해안 지역의 조력발전 개발 사례를 대상으로 경제성을 분석하고자 한다. 2012년 RPS가 도입됨에 따라 한국동서발전(주)는 에너지원별 신재생에너지를 적극적으로 개발하고 있다. 한국동서발전(주)는 이러한 개발사업의 일환으로 (주)대우건설과 공동으로 서해안 아산만 지역에 조력발전소 건립사업을 추진하고 있다. 본 연구에서는 한국동서발전(주)가 추진하는 아산만 조력발전사업계획을 바탕으로 추진기업 입장에서 비용 및 수익의 흐름을 분석하고 경제성 분석을 수행한다.

그림 5는 아산만 조력발전소의 조감도를 보여주고 있고, 그림 6은 아산만방조제와 삼교호방조제 인근 아산만 조력발전소의 예상 건립지역을 보여주고 있다(한국동서발전 2011). 아산만 조력발전사업은 충남 당진군 송악읍 복운리부터 평택·당진항 서부두 끝단에 이르는 총 연장 2,944m 구간에 254MW 규모의 조력발전소를 건립하는 사업이다. 아산만 지역은 평택·당진항내 항만외곽, 아산호방조제, 삼교호방조제 등으로 둘러싸여 있으며, 본 사업에서는 아산만 해역에 수면적 9만 8973㎡의 거대 인공저수지를 조성한 후 발전소를 건설한다.



그림 5. 아산만 조력발전소 조감도



그림 6. 아산만 조력발전소 건립 지역

아산만 조력발전소는 밀물이 들어오면 물을 가뒀다가 썰물 낙차를 이용해 전기에너지를 생산하는 조지식으로 계획되었다. 본 사업에서는 2013년부터 2018년까지 6년간 바닷길에 댐과 수문 및 발전시설을 설치하는 대규모 토목공사를 진행할 예정이다. 조지면적은 31km²로 시화호(39km²)보다 조금 좁고, 가로림(96km²)의 1/3 수준이다. 또한, 아산만지역의 최대조차는 9.6m로 우리나라의 서해안에서 조차가 가장 큰 지역에 속한다. 아산만 조력발전 개발 프로젝트에 대한 사업내용은 표 1에 정리되어 있다(한국동서발전 2011).

표 1. 아산만 조력발전 사업 내용

사업명	아산만 조력발전소
위치	충남 아산만
건설기간	2013년 - 2018년 (6년)
운영기간	2019년 ~ 2068년 (50년)
조지면적	31km ²
최대조차	9.6m
발전용량	254MW
발전방식	조지식 (낙조식 단류발전)

3.2 경제성 분석 지표

본 절에서는 신재생에너지 분야의 대표적 경제성 평가도구인 RETScreen 프로그램을 활용하기 위해 필요한 대표적 자료인 할인율, 생산 전력에 대한 판매단가, 초기 건설비용 조달방법, 물가상승률 등에 대해 서술한다.

3.2.1 할인율

투자사업은 한마디로 현재의 자원을 투입하여 미래의 수익을 얻는 과정으로 표현될 수 있다. 이처럼 투자사업에 소요되고 산출되는 자원의 가치가 여러 기간에 걸쳐 있을 때, 투자사업의 가치 흐름을 단 하나의 계량지표로 표현하기 위해서는 다양한 기간의 가치를 특정 기간의 가치로 전환할 필요가 있다. 일반적으로 이러한 돈의 시간적 가치를 평가하기 위한 수단으로 할인율을 이용한다. 본 연구에서는 기본적으로 한국개발연구원의 예비타당성조사지침에서 제시하고 있는 5.5%의 할인율을 이용한다(한국개발연구원 2008). 그러나 발전소 개발사업과 같은 긴 운영기간을 갖는 사업의 분석의 경우 미래에 대한 불확실성으로 인해 할인율은 시간에 따라 다소 감소하는 경향을 보인다. 이에 본 연구에서는 한국개발연구원의 예비타당성조사지침에 언급된 수자원 부문사업에 적용되는 원칙을 준용하여, 건설기간과 초기 30년 운영기간 동안의 현금흐름에 대해서는 5.5%의 할인율을 이후 20년의 운영기간에 대해서는 4.5%의 할인율을 적용한다.

3.2.2 조력발전 판매단가

조력 발전을 통해 생산한 전력의 판매단가는 표 2와 같이 지식경제부의 발전차액지원제도에서 제시한 발전차액을 기준가격으로 추정한다. 해양에너지 분야 조력발전의 경우, 적용설비용량기준이 50MW이상일 경우 발전차액지원제도가 적용되며, 이 때 기준가격은 최대조차 8.5m 이상 여부와 방조제의 유무에 따라 결정된다. 본 연구에서 고려하고 있는 아산만 조력발전소의 경우에는 적용설비용량기준이 50MW이상이며, 최대조차 8.5m이상, 방조제가 있는 경우이므로 기준가격이 62.81 원/kWh로 결정된다.

표 2. 발전차액지원제도의 조력발전 기준가격

적용설비용량기준	구분		기준가격 (원/kWh)
	최대조차 8.5m 이상	방조제유	
50MW이상	최대조차 8.5m 이상	방조제유	62.81
		방조제무	76.63
	최대조차 8.5m 미만	방조제유	75.59
		방조제무	90.50

3.2.3 건설비용 조달

조력발전 개발사업의 초기 투자비용을 마련하기 위한 방법은 표 3과 같다. 아산만 조력발전소의 경우 초기 건설비용을 조달하기 위해, 자기자본과 타인자본을 이용하며 이들의 비중은 기획재정부 공공기관 경영정보 공개시스템의 2011년 한국동서발전(주) 대차대조표 자료를 바탕으로 58% : 42%로 가정하였다. 타인자본에 대한 상환기간은 15년이며, 상환이율은 2011년 3년 만기 회사채 수익률의 평균값을 반영하여 3%로 가정하였다.

표 3. 아산만 조력발전소 초기 건설비용 조달 방법

자기자본 비율	58%
타인자본 비율	42%
타인자본 상환 기간	15년
타인자본 상환 이자율	3%/년

3.2.4 물가상승률

운영 및 유지관리 비용에 적용되는 물가상승률은 e-나라지표의 최근 5년간(2008년 ~ 2012년) 외부충격 등에 취약한 품목들이 제외되어 물가변동의 기초를 가장 잘 나타낼 수 있는 근원물가지수를 바탕으로 연 2.9%를 가정하였다. 또한 전력 판매단가는 지난 8년간(2004년 ~ 2012년)의 국내 전기요금 상승률의 평균을 준용하여 매년 3.9%가 상승되는 것으로 가정하였다. 반면 탄소배출권 거래가에 대한 미래 예측은 현재로서는 특별한 추세가 나타나지 않아 매우 불확실한 상황이다. 이에 탄소배출권 거래가는 발전소 운영기간 동안 현재 수준을 유지한다고 가정한다.

3.3 경제성 평가

본 절에서는 앞서 서술한 아산만 조력발전 개발사업 프로젝트의 경제성 분석 지표를 바탕으로, RETScreen 프로그램을 활용하여 경제성 평가를 수행한 결과를 서술한다.

3.3.1 에너지 모델

경제성 평가를 위해 첫 번째로 RETScreen의 에너지 모델을 이용한다. 에너지 모델에서 연간 발전량을 계산하기 위해서는, 발전용량 대비 실제 발전량의 비율을 나타내는 용량비를 정의해야 한다. 본 연구에서 고려하고 있는 아산만 조력발전소의 경우, 사업계획에 따르면 발전용량은 표 1과 나타나 있는 바와 같이 254MW이며 연간 발전량은 표 4에 나타나 있는 바와 같이 545,135MWh/년이다(한국동서발전, 2011). 연간발전량은 발전용량에 연간발전시간과 발전효율을 나타내는 용량비를 곱해 산정된다. 한국동서발전(주)에서 발표한 수치자료를 바탕

으로 역으로 용량비를 추정하면 24.5%가 된다. 아산만 조력발전 프로젝트의 에너지 모델 분석결과는 표 4에 요약되어 있다. RETScreen의 에너지 모델에 표 1의 발전용량 254MW, 발전 가능시간 365일×24시간, 용량비 24.5%를 입력하면, 연간 발전량 545,135MWh가 산출된다.

표 4. 아산만 조력발전 프로젝트의 에너지 모델

연간발전시간	24h/일*365일/년
용량비	24.5%
연간 발전량	545,135MWh/년

3.3.2 비용분석

다음 단계로 아산만 조력발전 프로젝트의 생애주기 비용 추정을 위한 비용분석을 수행한다. 조력발전 프로젝트의 생애주기비용은 초기 개발 시 발생하는 건설비용과 발전소 운영 시 발생하는 운영 및 관리비용이 있다. 한국동서발전(주)는 아산만 조력 발전 사업계획을 통해 아산만 조력발전소의 초기 건설비용으로 총 7,834억원이 소요될 예정이라고 발표하였다(한국동서발전 2011). 이 비용과 함께 발표된 발전용량 254MW를 감안한다면, MW당 건설단가는 3,084,252천 원/MW으로 추정된다. 연간 운영 및 유지관리 비용에 대해서는 실제 조력발전소를 운영한 경험이 부족하기 때문에 상당히 불확실한 부분이라 할 수 있다. 한국에너지기술연구원에서 2007년 펴낸 보고서에 따르면, 조력발전에 대한 연구결과는 없지만, 조력발전과 유사성이 있는 수력발전의 경우 연간 운영 및 유지관리 비용은 초기건설비용 대비 3% 정도로 추정되며, 풍력발전의 경우 2.5% 정도로 추정된다(한국에너지기술연구원 2007). 또한 그림 7에 표시되어 있는 Denny의 최근 조력발전에 대한 연구결과를 활용하면, 254MW의 발전

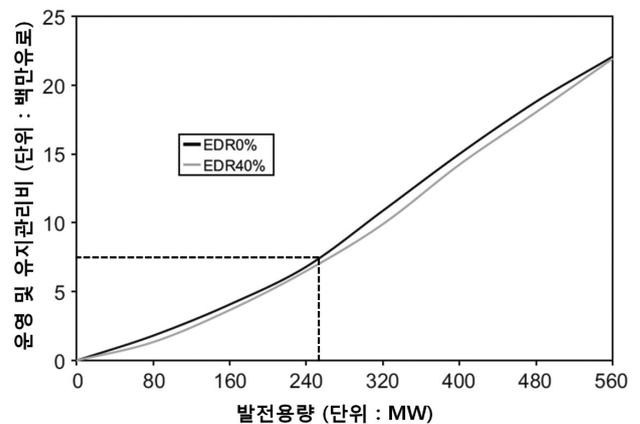


그림 7. 조력발전 연간 운영 및 유지관리 비용

용량을 갖는 조력발전소의 경우 운영 및 유지관리 비용으로 108억원/년(7,500,000유로/년 × 1542.5원/유로)이 발생될 것으로 추정된다(Denny 2009). 이는 초기건설비용 대비 1.5%에 해당하는 수치로 한국에너지기술연구원 보고서의 수력과 풍력발전에 비해 상대적으로 작은 추정치다. 본 연구에서는 위의 두 연구결과를 바탕으로 연간 운영 및 유지관리 비용을 Denny의 결과보다 다소 보수적으로 초기건설비 대비 2% 수준인 44,260천원/MW으로 가정하였다. 건설비용 및 운영비용에 대한 요약자료는 표 5와 같다.

표 5. RETScreen 비용분석 결과

비용	수량	단가	금액
건설비용	254MW	3,084,252천원/MW	7,834억원
운영비용	254MW	44,260천원/MW	157억원/년

3.3.3 온실가스 저감분석

아산만 조력발전소와 화석연료를 사용하는 발전소의 운영환경을 비교하면, 본 사업을 통해 온실가스를 얼마나 줄일 수 있는지를 나타내는 온실가스 저감량을 추정할 수 있다. 본 연구에서는 RETScreen의 온실가스 저감분석 모델을 활용하여 석유를 사용하는 화력발전소 운영 대비 조력발전소 운영 시의 온실가스 저감량을 산출하였다. 아산만 조력발전소를 운영하는 경우, 동일한 발전 능력을 갖는 화력발전소 대비 연간 212,603tCO₂의 온실가스를 저감할 수 있는 것으로 추정되었다. 그림 8은 RETScreen의 온실가스 저감분석의 결과를 보여주고 있으며, 요약된 결과는 표 6과 같다. RETScreen에서는 저감되는 모든 종류의 온실가스를 이산화탄소의 양으로 환산하여 tCO₂ 단위로 온실가스 저감량을 제공한다.

온실가스 배출인자 (온실가스 배출인자)	온실가스 배출인자 (온실가스 배출인자)	온실가스 배출인자 (온실가스 배출인자)
국가 지역 (National Level)	223,792.2 tCO ₂	11,189.6 tCO ₂

연료 유형	연료 혼합 (%)	연료 소배 (MWh)	온실가스 배출 인자 (tCO ₂ /MWh)	온실가스 배출 (tCO ₂)
풍력	100.0%	545,135	0.000	0.0
합계	100.0%	545,135	0.411	223,792.2

연료 유형	연료 혼합 (%)	연료 소배 (MWh)	온실가스 배출 인자 (tCO ₂ /MWh)	온실가스 배출 (tCO ₂)
풍력	100.0%	545,135	0.000	0.0
합계	100.0%	545,135	0.411	223,792.2

연료 소배 (MWh)	온실가스 배출 인자 (tCO ₂ /MWh)	온실가스 배출 (tCO ₂)
545,135	0.411	223,792.2
27,257	0.411	11,189.6
온실가스 저감 (5.0%)		212,603

연간 온실가스 저감 (tCO ₂)	연간 온실가스 저감 (tCO ₂)	연간 온실가스 저감 (tCO ₂)
223,792.2	11,189.6	212,603

그림 8. RETScreen 온실가스 저감분석 화면

표 6. RETScreen 온실가스 저감분석 결과

기준 케이스 온실가스 배출	제안 케이스 온실가스 배출	연간 온실가스 저감량
223,792tCO ₂	11,189tCO ₂	212,603tCO ₂

3.3.4 재정분석

재정분석 단계에서는 에너지 모델, 비용분석, 온실가스 저감분석 결과를 바탕으로 경제성분석을 수행한다. 재정분석에서는 경제성분석을 위해 앞서 서술한 프로젝트 기간, 할인율, 조력발전 판매단가, 건설비용 및 물가상승률 등의 경제성 분석 지표가 사용된다. 본 연구의 재정분석 단계에서는 조력발전소의 반영구적 수명을 고려하고 KDI의 예비타당성 분석 지침을 참고하여 발전소 건설 후, 총 50년 동안의 현금흐름에 대해 분석을 수행하였다. 초기 건설비용 중 자기자본에 해당하는 58%, 즉, 4,544억원은 건설기간 6년 동안 균등하게 지출되는 것으로 가정한다. 또한 42%의 타인자본 3,290억원은 건설기간 동안 매년 균등한 금액이 조달되며, 초기 건설기간 동안은 이자만 지출되고 완공 후 15년 동안 원금과 이자를 매년 동일액으로 상환한다고 가정한다. 표 3에 주어진 대출 이자율 3%를 이용하여 연간상환액을 계산하면 316억/년이 된다.

본 연구 대상인 아산만 조력발전소는 표 1에 나타나 있는 바와 같이 6년의 건설기간이 소요된다. 6년 동안의 발전소 건설기간을 마치고 운영에 들어가면, 매년 생산한 전력량에 대한 판매수익이 발생한다. 전력판매수익에 따른 연간 수입은 연간 전력 생산량 545,135MWh에 판매단가 62,810원/MWh를 곱해 구할 수 있다. 이렇게 추정된 연간 전력 판매수익은 2013년 기준으로 342억원/년이며, 앞서 3.2.4절에서 언급한 바와 같이 판매수익은 전력 판매단가의 상승으로 인해 연간 3.9%씩 증가한다고 가정한다. 또한, 매년 발생하는 온실가스 저감량은 표 6에 나타나 있는 바와 같이 212,603tCO₂/년이다. 여기에 탄소배출권 거래가격 29,046원/tCO₂(18.83유로/tCO₂ × 1542.5원/유로)를 곱하면 매년 62억원의 온실가스 저감수익이 발생한다. 본 연구에서 사용한 탄소배출권 거래가격 29,046원은 지난 2006년부터 2010년까지 유럽 시장에서의 탄소배출권 거래가격에 대한 평균값이다(ICE Report Center 2012). 프로젝트 분석기간 50년 동안 발생하는 비용과 수익, 그리고 이에 따른 프로젝트의 현금흐름은 표 7과 같다. 표 7의 비용항목에서 건설비용은 자기자본과 타인자본으로 투자된 발전소 건설비용을 의미하며, 운영비용은 건설비용 대비 2% 정도로 책정된 연간 운영 및 유지보수 관리비용을 나타낸다. 수익항목은 발전된 전력을 판매하여 발생한 수익과 온실가스 발생을 저감하여 생긴 탄

소매출권을 판매한 수익으로 구성된다.

표 7의 현금흐름을 바탕으로, 본 연구에서 제시한 조력발전 프로젝트의 재정적 실행 가능성을 분석한 결과는 표 8과 같다. 수익/비용비율법으로 분석한 결과, 수익/비용비율이 1.077로 1보다 크게 나왔다. 이는 프로젝트 분석기간 동안에 발생한 수익이 비용을 능가함을 의미하며, 따라서 본 프로젝트는 경제적 타당성을 가짐을 의미한다. 본 프로젝트의 수익률은 5.85%로, 할인율 5.5%(운영기간 30년 이후 4.5%)보다 크며, NPW는 871억원으로 프로젝트 분석기간 내에 순이익이 발생하며, 자본회수기간은 할인누적 현금흐름이 양의 값으로 전환되는 2062년으로 예상되므로, 아산만 조력발전 프로젝트는 경제적 타당성이 있다고 할 수 있다. 이와 같이, 네 가지 보편적 할인현금흐름분석 방법을 이용한 경제성분석 결과, 아산만 조력발전소 건설 프로젝트는 경제적 타당성이 있는 것으로 나타났다.

3.3.5 민감도 분석

전술한 경제성 분석 결과, 본 프로젝트의 경제성이 있는 것으로 평가되었으나, 경제성 분석 결과에 중대한 영향을 미치는 일부 변수들의 값이 변하는 경우 경제성 분석 결과가 상당히 달라질 수 있다. 본 절에서는 경제성 분석 결과에 영향을 줄 수 있는 변수를 선정하여 민감도 분석을 수행함으로써, 입력 변수 값의 변화에 따른 경제적 타당성의 변화를 분석한다. 본 연구에서는 경제적 타당성에 중요한 영향을 미칠 수 있는 입력 변수인 건설비용 대비 운영비용 비율, 전력 판매단가 상승률, 탄소배출권 거래가격 상승률에 대한 민감도 분석을 수행하였다. 민감도 분석은 현재의 추정 값을 중심으로 입력 변수 값을 조정하며 수행하였다.

표 7. 프로젝트 현금흐름

(단위: 억원)

연도	비용		수익		순현금 흐름	할인누적 현금흐름
	건설비용	운영비용	전력 판매수익	온실가스저 감수익		
2013	-774	0	0	0	-774	-774
2014	-833	0	0	0	-833	-1,649
2015	-895	0	0	0	-895	-2,635
2016	-961	0	0	0	-961	-3,740
2017	-1,030	0	0	0	-1,030	-4,976
2018	-1,103	0	0	0	-1,103	-6,353
2019	-316	-186	431	62	-10	-6,712
2020	-316	-191	448	62	2	-7,080
2021	-316	-197	465	62	13	-7,456
2022	-316	-203	483	62	26	-7,840
2023	-316	-209	502	62	39	-8,232
2024	-316	-215	522	62	52	-8,633
2025	-316	-221	542	62	66	-9,041
2026	-316	-227	563	62	81	-9,457
2027	-316	-234	585	62	97	-9,881
2028	-316	-241	608	62	113	-10,312

표 7. 프로젝트 현금흐름 <계속>

(단위: 억원)

연도	비용		수익		순현금 흐름	할인누적 현금흐름
	건설비용	운영비용	전력 판매수익	온실가스저 감수익		
2029	-316	-248	632	62	129	-10,750
2030	-316	-255	656	62	147	-11,194
2031	-316	-262	682	62	165	-11,645
2032	-316	-270	708	62	184	-12,101
2033	-316	-278	736	62	204	-12,563
2034	0	-286	765	62	541	-12,713
2035	0	-294	794	62	562	-12,850
2036	0	-302	825	62	585	-12,972
2037	0	-311	858	62	608	-13,077
2038	0	-320	891	62	633	-13,164
2039	0	-329	926	62	658	-13,230
2040	0	-339	962	62	685	-13,273
2041	0	-349	999	62	712	-13,290
2042	0	-359	1,038	62	741	-13,289
2043	0	-369	1,079	62	771	-13,239
2044	0	-380	1,121	62	803	-13,165
2045	0	-391	1,165	62	835	-13,053
2046	0	-402	1,210	62	869	-12,902
2047	0	-414	1,257	62	905	-12,706
2048	0	-426	1,306	62	942	-12,463
2049	0	-438	1,357	62	981	-12,043
2050	0	-451	1,410	62	1,021	-11,564
2051	0	-464	1,465	62	1,063	-11,022
2052	0	-478	1,522	62	1,106	-10,412
2053	0	-492	1,582	62	1,152	-9,728
2054	0	-506	1,644	62	1,199	-8,967
2055	0	-521	1,708	62	1,249	-8,121
2056	0	-536	1,774	62	1,300	-7,187
2057	0	-551	1,843	62	1,354	-6,156
2058	0	-567	1,915	62	1,410	-5,023
2059	0	-584	1,990	62	1,468	-3,781
2060	0	-601	2,068	62	1,529	-2,422
2061	0	-618	2,148	62	1,592	-939
2062	0	-636	2,232	62	1,658	676
2063	0	-654	2,319	62	1,726	2,433
2064	0	-673	2,409	62	1,798	4,341
2065	0	-693	2,503	62	1,872	6,408
2066	0	-713	2,601	62	1,950	8,647
2067	0	-734	2,703	62	2,031	11,067
2068	0	-755	2,808	62	2,115	13,680

표 8. 재정분석 결과

경제성 분석 지표	분석 결과값
수익/비용비율	1.077
수익률	5.85%
순현재가치	871억원
자본회수기간	2062년

1) 건설비용 대비 운영비용 비율

본 프로젝트에서는 기존 관련 연구 결과를 활용하여 조력발전 전에 대한 운영 및 관리 비용을 초기 건설비용 대비 비율을 기준으로 산정하였다. 그러나 실제 조력발전소의 운영 및 관리비에 대한 정확한 추정방법은 현재까지 존재하지 않고 있는 실정이다. 반면 건설비용 대비 운영비용 비율은 모든 입력변수

중 경제성 평가 결과에 가장 큰 영향을 주는 변수이다. 이에 NPW에 대한 건설비용 대비 운영비용 비율의 민감도에 대한 분석을 수행하였다. 민감도 분석에서는 다른 조건들은 동일하게 유지한 채, 운영비용 비율을 1%부터 3%까지 0.2%씩 증가시켜 가며 NPW의 변화를 분석하였다. 그림 9는 비율 변화에 따른 NPW의 변화를 보여주고 있다. 그래프에 나타나 있는 바와 같이, 비율이 2.44%를 초과하면 본 프로젝트의 경제성은 담보할 수 없다. 즉, 본 프로젝트의 경제성을 확보하려면 건설비용 대비 운영비용 비율을 2.44%인 191억원/년 미만으로 유지해야 한다. 만약 운영비용 비율을 1% 미만으로 떨어뜨릴 수 있다면 NPW가 지금의 3배 정도인 2,872억원 수준으로 크게 증가할 수 있다.

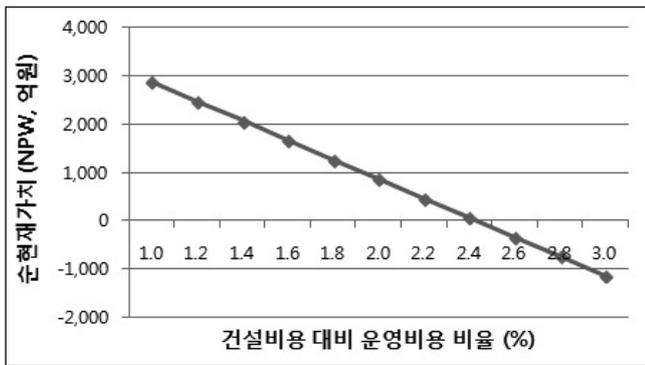


그림 9. 건설비용 대비 운영비용 비율 민감도 분석

2) 전력 판매단가 상승률

본 연구에서는 전기요금 상승률에 비례하여 조력발전 전력 판매단가가 상승한다는 가정 하에 경제성분석을 수행하였다. 그러나 이 비율은 예측치일 뿐 정확한 전력 판매단가를 예측한다는 것은 쉽지 않은 일이다. 이에 본 연구에서는 전력 판매단가가 경제성분석 결과에 미치는 영향을 분석하기 위해, 다른 조건은 고정한 채 전력판매단가 상승률을 3.4%부터 4.4%까지 0.1%씩 상승시켜가며 민감도 분석을 수행하였다. 그림 10은 전력 판매단가 상승률 변화에 따른 NPW의 변화를 보여주고 있다. 그래프에 나타나 있는 바와 같이, 전력 판매단가 상승률이 3.6% 미만인 경우 NPW가 음의 값을 가져 본 프로젝트의 경제성이 없으며, 상승률이 최소한 3.6% 이상이 되어야 본 프로젝트의 경제성이 있을 것으로 판단된다. 만약 전력 판매단가 상승률이 0.5% 증가한 4.4%에 육박한다면 NPW가 지금의 2.5배 정도인 2,535억원 수준으로 증가하게 되어 본 프로젝트의 경제적 타당성은 보다 높게 평가될 수 있다.

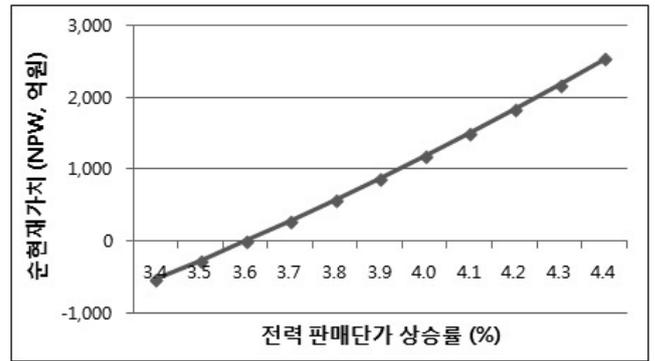


그림 10. 전력 판매단가 상승률 민감도 분석

3) 탄소배출권 거래가격 상승률

전 세계적으로 신재생에너지 탄소배출권 거래제에 대한 관심이 고조되면서, 국내에서도 2015년 시행을 목표로 탄소배출권 거래제 시행령이 2012년에 입법 예고되었다. 본 연구에서는 탄소배출권 거래제에 따른 수익을 반영하여 경제성 평가를 수행하였다. 최근 유럽연합의 재정위기로 인해 탄소배출권 가격이 급격하게 추락하여 2007년 톤당 24유로까지 치솟았던 탄소배출권 가격은 2012년 12월 현재 9유로까지 추락하였다. 따라서 세계적 경제상황에 민감한 영향을 받는 탄소배출권 가격변동은 본 경제성 분석에 대한 중요한 변수로 작용할 수 있다.

그림 11은 탄소배출권 거래가격 변동에 따른 NPW의 변화를 보여주고 있다. 그래프에 나타나 있는 바와 같이 탄소배출권 가격이 0원으로 떨어져도 NPW는 61억원으로 양의 값을 갖게 되어 여전히 경제성을 유지한다. 즉, 다른 조건이 동일하게 유지되는 한, 본 프로젝트는 탄소배출권 거래가격과 관계없이 항상 경제성이 있을 것으로 예상된다.

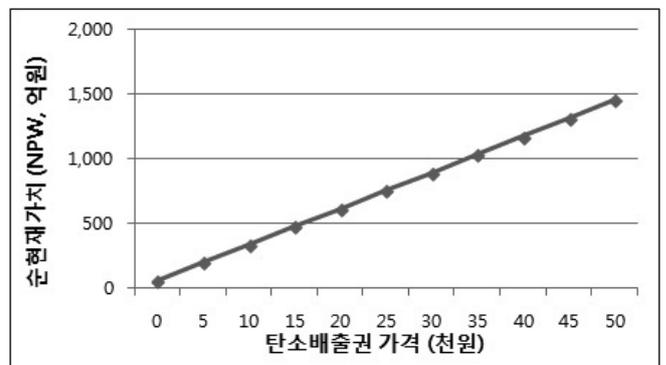


그림 11. 탄소배출권 가격 민감도 분석

4. 결론

최근 들어 우리나라는 환경오염과 화석연료 고갈 등의 문제로 원자력·화력 발전소의 신규 건설이 어려워지고 있다. 이에 따라 다양한 무공해 대체에너지 개발을 통한 전력산업의 다변화 필요성이 증대하고 있는 상황이다. 이에 본 연구에서는 신재생에너지 분야의 대표적 경제성 평가도구인 RETScreen 프로그램을 활용하여, 조력발전소 개발사업에 대한 경제성을 분석하였다

경제성 분석 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 신재생에너지 개발사업의 기획단계에서 RETScreen을 활용함으로써, 경제성 분석을 효율적/효과적으로 수행할 수 있었다.
- (2) 현존하는 자료를 기준으로 분석한 경우, 아산만 조력발전소 개발사업의 경제적 타당성이 있는 것으로 평가되었다.
- (3) 건설비용 대비 운영비용 비율에 따른 민감도 분석 결과, 운영비용이 건설비용 대비 2.44%, 즉, 191억원/년 이상이 되면 본 프로젝트의 경제성이 없을 것으로 판단된다.
- (4) 전력 판매단가 상승률에 따른 민감도 분석 결과, 전력 판매단가 상승률이 3.6%/년 미만이 되면 본 프로젝트의 경제성이 없을 것으로 판단된다.
- (5) 탄소배출권 거래가격에 따른 민감도 분석 결과, 탄소배출권 거래가격을 무시하더라도 본 사업의 경제성을 담보할 수 있는 것으로 판단된다.

본 연구에서는 대외적으로 발표된 아산만 조력 발전소에 대한 건설비용과 발전량 자료, 정부에서 발표한 물가상승률 등의 각종 경제지표 자료, 조력발전 관련 기존 연구결과를 바탕으로 추정된 운영비용 자료 등을 RETScreen의 분석 모듈에 적용함으로써, 조력발전소 개발 사업의 경제성에 대한 대략적인 경향을 살펴보았다. 향후 조력발전소 개발사업에 대한 보다 정확한 경제성 분석 결과를 얻기 위해서는, 비용과 수익을 추정함에 있어 항목을 보다 세분화하고 각 항목에 대해 정확하게 추정된 자료를 바탕으로 현금흐름을 분석하는 것이 필요하다.

최근 논란의 중심에 서있는 아산만 조력발전소 개발사업의 궁극적인 추진 여부에 대한 결정을 위해서는 본 프로젝트에 대한 단순 현금흐름만을 분석하는 것이 아닌 서비스 수혜자인 국민의 입장에서 정치적, 사회적, 환경적 요인을 포함시켜 사업에 대한 타당성 분석을 수행하는 것이 필요할 것이다. 본 연구에서 수행한 경제성 분석과정 및 그 결과물을 토대로, 향후 태양광, 태양열, 풍력, 파력, 지열 등 다양한 신재생에너지 공급

원 개발사업에 대한 RETScreen 프로그램 기반의 경제성 평가 연구가 진행될 수 있을 것이다. 이 때 본 연구가 후행 연구의 참조모델로 사용될 수 있을 것이라 기대한다.

감사의 글

이 논문은 2012년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

- 고성석 외 (2006). 건설관리학, 사이텍미디어.
- 김윤덕·차희성·김경래 (2011). “LCC-LCA 통합 분석에 의한 친환경 건설기술 평가방법”, 한국건설관리학회 논문집, 제12권 제3호, 한국건설관리학회, pp. 91~100
- 박찬석 외 (2004). 경제성공학. 영지문화사
- 윤천석 (2009). 신재생에너지, 인피니티북스
- 이의준 (2011). “신재생에너지기술 경제성 평가 도구 RETScreen web 소개.” 전력전자학회논문집, 제16권 제3호, pp. 49~52
- 이중찬·박용호·이강 (2009). “군 복지시설의 지열시스템과 태양열시스템 경제성 평가 사례 연구.” 한국건설관리학회 논문집, 제10권 제4호, 한국건설관리학회, pp. 111~118
- 이준행·노용환·유경원 (2009). “서·남해안 지역 조력·조류 에너지 개발사업의 경제성에 관한 소고.” 에너지경제연구, 제8권 제1호, pp. 1~32.
- 조영범·위정호·김정인 (2010). “조력에너지 기술 현황 및 경제성 분석.” 에너지공학논문집, 제19권 제2호, pp. 103~115
- 한국개발연구원 (2008). 예비타당성조사를 수행을 위한 일반 지침 수정·보완 연구(제5판)
- 한국동서발전 (2011). 아산만 조력발전 사업계획
- 한국서부발전 (2005). 조력발전 기준가격 산정을 위한 가로림 조력 용역 보고서
- 한국에너지기술연구원 (2007). 신재생에너지 경제성 분석 보고서홍기용과 현범수(2011). 해양에너지 기술현황과 전망, 설비저널, 제39권 제1호, pp. 13~19
- Denny, E. (2009). The Economics of tidal energy, Energy Policy, No 37, pp. 1914~1924
- 공공기관 경영정보 공개시스템, <<http://alio.go.kr>>
- 김효섭 (2012). 무공해 신재생에너지개발 시대, 건설경제신문, <http://www.cnews.co.kr/uhtml/read>.

jsp?idxno=201202270842006000182
 네이버 금융 정보, <<http://info.finance.naver.com>>
 연합뉴스, 인수위, 공공요금 물가상승률 이하로 억제키로,
 <[http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD
 &mid=sec&sid1=100&oid=001&aid=0006036238](http://news.naver.com/main/read.nhn?mode=LSD&mid=sec&sid1=100&oid=001&aid=0006036238)>
 에너지 관리공단 신재생에너지 센터, <[http://www.knrec.
 or.kr/knrec/index.asp](http://www.knrec.or.kr/knrec/index.asp)>
 e-나라지표, <<http://www.index.go.kr>>
 Google, <<http://google.com>>
 ICE Report Center(2012), IntercontinentalExchange (ICE)
 Inc., [https://www.theice.com/marketdata/reports/
 ReportCenter.shtml?reportId=83](https://www.theice.com/marketdata/reports/ReportCenter.shtml?reportId=83)
 RETScreen International (2005), "Clean Energy Project
 Analysis RETScreen Engineering & Cases Textbook",
 Third Edition.

논문제출일: 2013.03.14

논문심사일: 2013.03.15

심사완료일: 2013.06.10

요 약

본 연구에서는 타 신재생에너지에 비해 영구적으로 사용이 가능하며, 예측가능한 대용량의 균질 에너지 생산이 가능하며, 발전효율이 높은 조력에너지를 활용하기 위한 조력발전 개발사업에 대한 경제적 타당성을 분석한다. 이를 위해, 세계적으로 청정에너지 프로젝트의 경제성 및 민감도 분석을 위해 널리 활용되고 있는 캐나다 천연자원부 산하의 CANMET 에너지기술센터에서 개발한 RETScreen을 활용하였다. 분석 대상 조력발전 개발사업과 관련된 자료가 총괄적으로 존재한다는 한계점에도 불구하고, RETScreen의 기능을 이용함으로써 기획단계에서 사업의 경제적 타당성을 검토하기에 충분한 예측력을 가진 분석 결과를 도출할 수 있었다. 경제성 및 민감도 분석 결과, 사업과 직접적으로 관련된 현금의 흐름만을 고려할 경우, 국내에서도 조력발전 개발사업은 충분한 경제성을 갖고 있으며 탄소배출권 시세와 전력 판매단가의 상승폭에 따라 조력발전 사업의 경제성은 더욱 높아질 수 있을 것으로 예측되었다. 본 연구의 결과를 바탕으로, 자연환경을 파괴하지 않는다는 전제 아래 조력발전소의 건설이 활성화된다면, 가까운 미래에 닥쳐올 에너지 문제를 슬기롭게 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

키워드 : 신재생에너지, 조력, 발전, RETScreen, 경제성, 의무할당제