

SeaGen 1.2MW(600kW×2)급 터빈을 이용한 풍도조류발전 타당성 분석

박태영 · 김한성 · 김윤완 · 박주일 · 김경수
인하대학교 대학원 조선해양공학과

(2013년 1월 7일 접수, 2013년 10월 25일 수정, 2013년 10월 25일 채택)

The Feasibility Analysis for PungDo Tidal Current Power Generation using SeaGen 1.2MW(600kW×2) Turbine

Tae-young Park · Kyung-su Kim · Han-sung Kim · Yun-wan Kim · Joo-il Park
Department of Naval Architecture and Ocean Engineering, Graduate School, Inha University
(Received 7 January 2013, Revised 25 October 2013, Accepted 25 October 2013)

요 약

본 논문은 경기도 안산시에 속한 풍도 인근 해역에 조류발전 단지를 조성하기 위해 유속의 분포 및 조류 발전량을 검토하고, 풍도 조류발전의 타당성을 분석한 것이다. 조류발전에 있어 핵심요소인 유속 분포는 실제 유속 분포자료를 조사하여 연간 조류 발전량을 구하였다. 조류발전 시설의 초기투자비 및 유지 관리 비용은 국내 자료를 이용코자 하였으나, 관련 자료의 확보에 어려움이 있어 미국전력연구소의 자료(EPRI, 2006.10)를 적용하였다. 결과는 향후 풍도 인근 해역의 조류발전단지 조성 시 기본 자료로 활용이 가능할 것이며, 조류발전의 부존량 등 관련 데이터 및 결과를 통해 에너지 정책에 좋은 자료를 제공할 수 있을 것으로 예상된다.

주요어 : 조류 발전, 신재생 에너지, 타당성, 발전단지, 풍도, 순현재가치법, 편익비용비율법, 내부수익률법

Abstract - An feasibility analysis is performed for the tidal current power generation with the examination of the sea water speed distribution at Pungdo. In this analysis, the water speed distribution which is the key issue was obtained from the actual speed distribution data and results in "the annual current tidal power". Due to the lack of cost information, we applied EPRI data from the internet site instead of the actual information. The result could be used as a base data for the construction of current tidal power plant in the near future. And it is expected to provides good data for the Energy policy.

Key words : Tidal current power, Renewable energy, Feasibility, Power farm, Pungdo, NPV, Benefit-Cost Ratio(B/C Ratio), IRR

1. 서 론

석유, 석탄 및 천연가스 등 화석연료는 전 세계 소비에너지의 90%를 점하고 있으며, 이중 석유 자원의

[†]To whom corresponding should be addressed.

Department of Naval Architecture and Ocean Engineering,
Graduate School, Inha Univ., 100 Inharo, Nam-gu, Incheon
402-751, Korea

Tel : 032-860-8756 E-mail : ksukim@inha.ac.kr

매장량은 9,900억 배럴로 현재 소비율을 감안하면 향후 40년 내 고갈될 전망이다.

또한 지구온난화를 유발하는 온실가스 배출규제협약인 기후변화협약의 교토의정서에서 우리나라는 온실가스 감축 의무대상국에서 제외되었으나, 선진국들은 자국간 감축목표 합의를 명분으로 우리나라가 선진국과 같이 2008년부터 자발적 의무를 부담하여 줄

Table 1. Comparison of Tidal Current Power Generation Features at PungDo and Ul-Dol-Mock

구 분	풍도 조류발전	울돌목 조류발전
최대유속	2.4 m/s	6.5 m/s
평균수심	약 48m	약 20m
해저지질	암반층	암반층
로터타입	수평축(HAT)	수직축(VAT)
구조적 안정성	-구조가 간단하고 구조적으로 안정적 -발전기가 로터를 지지하는 안정한 지지구조 필요	-블레이드의 구조저항으로 적용에 한계 -진동과 로터의 구조적인 강도 문제
유지/보수	상하 이동장치를 통한 수면 위 유지/보수	수직축 및 터빈의 설치/제거 어려움
기 타	-풍력터빈 기술 응용가능 -피치컨트롤 장치로 유향에 따른 발전량 최적화	-여러 개의 터빈을 한 축에 설치 가능 -터빈의 운전을 방해하는 유기체, 침전물, 고형물로 부터의 보호 대책 필요

것을 요구하고 있다.

화석에너지 공급의 한계와 화석연료 사용에 따른 심각한 환경문제 유발로 전 세계는 대체에너지 개발에 총력을 기울여야 할 입장이며, 특히 우리나라는 화석에너지의 높은 해외의존도, 막대한 손실액 및 환경오염 등의 문제로 대체에너지 개발이 더욱 시급한 실정이다.

조류발전은 해수의 유동에 의한 운동에너지를 이용하여 수차를 구동하거나 기계장치의 운동으로 변환하여 전기를 생산하는 기술로써, 배기가스 등의 방출이 없는 무공해이며 무한정 사용 가능한 에너지원으로 각광을 받고 있다. 특히 우리나라의 서해안과 남해안과 같이 조수 간만의 차가 큰 지역에서는 매우 효과적으로 적용이 가능하며 날씨 변화와 상관없이 지속적인 발전이 가능하며 오염이 없는 청정에너지원으로 사용될 수 있다.

우리나라는 수입 에너지 의존도가 타 나라에 비해 매우 높고, 대체에너지가 차지하는 비율도 상당히 낮은 편이다. 그러므로 에너지 부족 국으로 대체에너지 자원에 대한 전부의 과감하고 미래지향적인 정책과 지원이 요구된다. 해양에너지 그 중 조류에너지에 매우 적합한 환경을 갖고 있고 조류발전에 요구되는 여러 요소기술과 고급인력이 확보되어 있어서 통합기술로 발전을 시킨다면 이 분야 기술독립도 가능하다. 또한 해양구조물 설계, 제작 및 해양토목 산업체의 세계적인 기술을 보유하고 있기에 빠른 시일 안에 큰 성과가 기대된다.

그러나 아직까지 조류발전에 대한 인식부족과 세계적으로 실용화된 사례가 아직 많지 않아 정부 및 관련 기관에서 이 분야에 대한 적극적인 지원을 하지 않고 있는 안타까운 상황이다. 조류발전은 그 특성상 초기비용은 다소 높지만 그 가동률이 매우 높고 예측 가능하기 때문에 경제성이 높다. 서해안 및 남해안에 많은 조류발전 후보지가 있지만 이 지역의 정확하고 충분한 해양 조사 자료가 요구되고 이를 토대로 발전 단지에 필요한 범위와 발전 형태를 결정할 수 있다. 즉 대상 지역의 항로, 군사지역, 어업지역, 장래 개발 계획, 계통연계 등을 고려하여 현실적인 발전단지를 계획할 수 있다.

서해안의 많은 지역이 조류발전 추천 유속인 1.5m/s 보다 높은 곳이 여러 지역에서 조사되었으며, 본 연구의 대상 지역인 풍도가 그 중 한 곳이다.

높은 조류 발생 지역에 조류발전을 적용하여 무공해 청정에너지를 생산하기 위해 본 연구에서는 경기도 안산시에 위치한 풍도 인근 해역에 대해 조사하고 실용화 발전소 건설에 대한 사전 타당성 분석을 실시한다.

2. 대표적인 국내 조류발전 사례

2003년 국내 최초로 미국 Gorlov의 기술을 제공받아 해양연구소에서 100kW 시험 수직축(VAT) 헬리칼 조류발전장치를 울돌목에 설치하였다. 시험운전 중 헬리칼 발전의 특성에 따라 이물질 부착에 따른

진동이 심하게 발생하였다. 2005년 4월부터 국토해양수산부의 지원을 받아 해양연구소 주관으로 2006년에 1MW급 헬리칼 조류발전을 준공하려는 계획으로 프로젝트를 수행하였다. 그러나 현장의 빠른 조류로 인해 구조물 설치 시 여러번의 사고가 발생하여 설치시기가 2-3차례 연기되었고 2009년 5월에 국내 최초로 1MW 수직축 조류발전장치가 설치되었다. 빠른 유속으로 인해 위치제어에 어려움이 발생하여 진도대교와 구조물이 충돌하여 설치가 연기되었고 또한 구조물이 물속에 빠지는 사고를 겪었다.

울돌목 조류발전은 유속이 높아 조류발전에는 적지이나 시설물 설치나 유지/보수가 그만큼 어렵고 구조물에 작용하는 하중도 높다. 표 1은 풍도 조류발전과 울돌목 조류발전의 특징을 비교한 것이다.

3. 조류발전단지 기본계획

3-1 단지 위치 선정

3-1-1 기본 방향

발전단지 주변 해양환경의 변화를 최소화하고 경제적인 발전단지 건설을 위한 평면배치가 가능하도록 해저지형의 경사가 거의 없는 지역을 선택하였다. 그 외, 지역 주민들의 어업활동이나 낚시 관광 활동에 불편을 최소화 할 수 있는 위치를 고려하였다.

3-1-2 단지위치 선정 기준

풍도 인근 해역에서 조류 유속이 가장 높은 장소를 선택하여 발전단지가 높은 경제성을 가질 수 있도록 고려하였으며, 선박이 통행하는 항로, 어초지역, 생태보존지역, 기타 해양보존지역, 군사지역 등을 제외하거나 최대한 피하여 추후 단지 위치결정에 발생할 문제를 최소화 하였다.

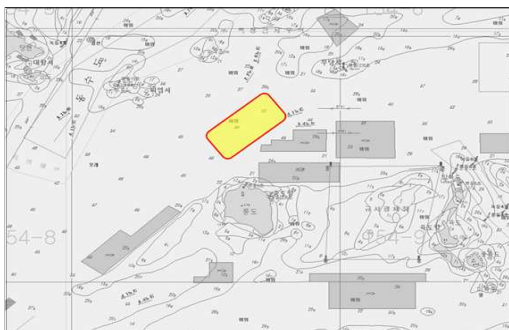


Fig. 1. Location of Tidal Current Farm

3-1-3 최강유속분포

창조 시에는 외해로부터 조석이 유입되며 시간이 지남에 따라 연안으로 북동향 한다. 풍도를 중심으로 북동쪽 해역에서 가장 큰 유속이 관측되며, 최대 유속은 약 2.1-2.4m/s 정도임을 알 수 있다. 그 밖의 다른 상해구역에서의 유속은 대부분 약 2.0m/s 미만으로 풍도 북동쪽 해역의 유속에 못 미친다.

낙조 시에는 창조 시와 반대 방향의 흐름이 나타나는데 이는 전형적인 왕복성 조류의 특성을 나타낸다. 창조 시와 마찬가지로 풍도의 북동쪽 해역에서 최강 유속을 보이지만, 창조 시의 유속에는 못 미친다.

3-2 조류발전단지 배치계획

3-2-1 부존량 산정

그림 1에 노란색으로 표시된 구역의 표층 최대유속과 수심을 바탕으로 Betz의 이론을 이용하여 조류발전 후보지의 부존량을 산정하였다.

$$P = \frac{1}{2} \rho Q V^2$$

여기서, P는 해류가 갖는 운동에너지, ρ는 해수의 밀도, V는 평균 유속, Q는 유량을 나타낸다. 조류발전단지로 선정된 구역은 풍도의 북쪽 해역으로 조류에너지 부존량은 4,115MW에 달한다. 이 지역은 풍도 인근 해역에서 가장 유속이 가장 높고 조류발전단지에 요구되는 면적을 확보할 수 있다.

3-2-2 발전기 배치

발전단지 해역의 수심 48m 내외를 감안하여 로터의 크기는 20m 내외가 가장 적합하다는 판단하였다. 유지보수 선박의 이동과 로터의 간섭영향과 관련된 논문의 결과 등을 바탕으로 전방로터와 후방로터 사이의 간격은 10D(=180m)로 충분히 이격되었기 때문에, 유속 별 단지화에 따른 발전량 감소는 없을 것으로 예상된다.

3-2-3 발전량 검토결과

조류발전 시스템의 발전량은 이론적으로 간단히 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$P = \frac{1}{2} k C_P \rho A V^3$$

여기서, k는 단위환산계수, C_P는 터빈효율계수, ρ는 해수의 밀도, A는 로터의 회전 면적, V는 유속을

나타낸다.(단, 동력전달계수는 1로 가정한다.)

MTC사의 600kW급 SeaGen 조류발전기를 배치하였으 며, 예상 점유면적은 868m × 1065.5m이며, 간섭에 의한 발전 감소량은 없다고 가정한다. 600kW급 조류발전기를 적용할 경우 시설용량 101MW, 연간발전량 135GWh, 이용률 15.22%의 단지 조성이 가능하다.

3-3 발전단지 건설비용

본 논문의 조류발전단지의 조류발전장치는 168기를 제작함으로 발전기 1기를 제작할 때 보다 제작비용이 현저히 낮아지며, 앞으로 개발 될 신소재를 블레이드에 적용할 경우 경제성은 더욱 높아질 것이다.

2008년 미국전력연구센터(EPRI)는 MCT사와 Lunar사의 제품을 비교 분석한 보고서를 발표하였다. Seagen 제품에 대한 발전단지 건설비용 또한 보고서의 내용에 포함되어 있으며, 본 논문의 발전단지 건설비용을 추정하는데 주요 참고자료로 활용하였다.

3-4 전기설비 기본계획

풍도 조류발전 설비는 조류발전 장치 168기(600kW)를 설치하여 101 MW급의 조류발전 단지로 계획하고 있다. 풍도 북쪽 해안에 조류발전 단지를 계획 시 해안에 위치한 조류발전 단지로부터 계통연계가 가능한 육상에 건설된 영흥화력 발전소 내 변전소까지 거리는 약 10.5 km로서 송전 거리와 발전단지의 용량을 고려할 할 경우 HVAC 송전 방식을 채택하는 것이 경제적이다.

4. 타당성 검토

4-1 분석 기법

4-1-1 순현재가치법(Net Present Value, NPV)

순현재가치는 투자사업 전 기간에 걸쳐 발생하는 순편익의 합계를 현재가치로 환산한 값을 의미하며, 본 지표가 영보다 크면 검토 사업은 경제적 타당성이 있는 것으로 평가된다. 계산공식은 아래와 같다.

$$NPV = \frac{B_0 - C_0}{(2+r)^0} + \frac{B_1 - C_1}{(1+r)^1} + \dots + \frac{B_n - C_n}{(1+r)^n}$$

$$= \sum_{t=0}^n \left(\frac{B_t - C_t}{(1+r)^t} \right)$$

여기서, B_t 는 t년도의 편익, C_t 는 t년도의 비용, r 은 할인율, n 은 사업의 기간(년수)을 나타낸다.

4-1-2 편익비용비율법(Benefit-Cost Ratio, BC ratio)

$$\frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

편익비용비율은 편익과 비용 비율 값이 높은 사업일수록 경제적 타당성이 높은 것으로 평가하며 적절한 할인율을 적용하여 비율을 계산한다.

4-1-3 내부수익률법(Internal Return Rate, IRR)

$$\frac{B}{C} = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+IRR)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+IRR)^t}$$

내부수익률은 편익과 비용의 현재가치 환산 값이 같아지도록 하는 할인율로서 사업시행으로 인한 순편익의 현재가치(NPV)를 0으로 만드는 할인율이다. 내부수익률이 사회적 할인율 혹은 사업주체의 재무적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다.

4-2 할인율 적용

할인율이란 투자에 수반되어 발생하는 미래의 비용과 편익을 투자의사결정이 이루어지는 현재시점에서의 가치로 환산하여 비교할 수 있도록 하는 할인계수이다. 할인율이 너무 높으면 순편익의 현재가치가 과소평가될 가능성이 있고, 반대로 할인율이 너무 낮으면 사업의 타당성이 실제 이상으로 높게 평가될 수 있다. 따라서 할인율은 대상사업의 경제적 타당성을 판단하는데 매우 중요하다.

경제성 평가 관점에 따라 할인율도 다르게 설정되어야 하는데 사회적 관점에서 경제적 타당성 평가를 할 경우에는 사회 전체의 시간선호율과 자본의 기회비용 등을 고려한 사회적 할인율을 적용해야 하지만, 재무적 타당성 평가에서는 대상사업이 속한 사업 분야 고유의 리스크를 고려한 재무적 할인율을 적용하여야 한다.

4-2-1 사회적 할인율

수자원개발사업과 같이 비용은 사업초기에 발생하고 편익은 일정기간 후 지속적으로 발생하는 경우, 경제성은 할인율의 크기에 따라 많은 영향을 받게 된다. 개발도상국인 경우는 사회적 할인율이 8~10% 수준이거나 10%가 훨씬 넘는 국가도 많고, 선진국의 경우는 보통 6.0% 내외의 수준이 제시되고 있다. 우리나라의 경우 이에 대한 법적 근거라 할 수 있는 「댐 건설 및 주변지역 지원 등에 관한법률」에 이자

Table 2. Yearly Construction Cost of Tidal Current Farm

공사기간	1차 년도	2차 년도	3차 년도	4차 년도	5차 년도	합계	
년도	2013	2014	2015	2016	2017		
발전기 대수	0	42	42	42	42	168	
금액 단위	USD	USD	USD	USD	USD	USD	원
기본설계비	2,558,815	0	0	0	0	2,558,815	2,771,196,342
조사비	923,361	0	0	0	0	923,361	1,000,000,000
기기제작비	0	63,970,368	63,970,368	63,970,368	63,970,368	255,881,472	277,119,634,176
시공비 (전기계통 포함)	0	13,879,320	13,879,320	13,879,320	13,879,320	55,517,280	60,125,214,240
관련시설 설계 및 시공비, 토지매입비	2,299,908	2,299,908	2,299,908	2,299,908	0	9,199,632	9,963,201,456
USD	5,782,084	80,149,596	80,149,596	80,149,596	77,849,688	324,080,560	350,979,246,214
원	6,261,996,706	86,802,012,468	86,802,012,468	86,802,012,468	84,311,212,104	350,979,246,214	

율 및 건설 이자율의 결정에 대해 “건설부장관이 관계중앙행정기관 의장과 협의결정” 라고 정성적으로 언급하고 있고 기존다목적댐의 타당성조사보고서에서는 관례적으로 2~8%의 할인율이 적용되어 왔다 「예비타당성조사수행을 위한일반지침 개정판」에서는 일반적인 공공투자사업의 실질할인율로서 7.5%를 제시하고 있다. 본 지침에서는 이를 수용하여 실질 할인율 7.0%를 적용하도록 한다.

4-2-2 재무적 할인율

재무적 타당성 평가는 사업의 자본 기회비용을 추정하여 할인율로 사용하며, 각 자금 조달원천별 자본 이용을 자금의 구성비에 의해 가중 평균값을 구하여 할인율을 산정한다. 한국개발연구원이 부채의 자본비용과 주식의 자본비용을 추정한 후 부채비율 200%를 기준으로 가중평균 자본비용은 산정한 결과 9.1%로 도출되었으며, 물가상승률 3%를 적용하여 실질 재무적 할인율은 6%를 제시하여 왔다. 따라서 재무적 할인율은 사업에 수반된 위험도와 자본구성비 등에 따라 개별사업에 대해서 적정한 할인율을 산정하여 적용한다.

본 논문의 타당성 검토는 「강화조력발전」에서의 적용 할인율 5%를 적용한다.

4-3 경제적 타당성 검토

4-3-1 편익

조류발전단지 조성으로 인해 발생하는 편익은 발전편익, 대기오염 물질 및 온실가스 배출저감으로 인한 환경편익, 대규모 발전단지 조성에 따른 관광편익

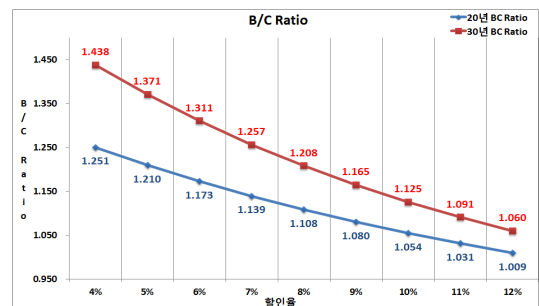


Fig. 2. Economic Feasibility, B/C Ratio

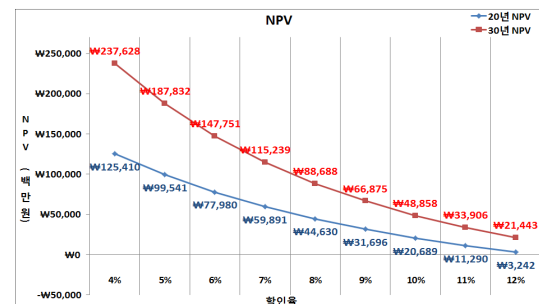


Fig. 3. Economic Feasibility, NPV

등이 있다. 발전편익, 환경편익은 직접적 편익으로 적용하며, 관광편익은 관광유발을 위한 추가적 투자요구되어 간접편익에 적용하였다.

4-3-2 비용

사업의 경제성 분석에서 비용은 조류발전단지 건설로 인해 포기해야하는 것들의 편익을 말하며, 여기에는 조류발전 구조물, 발전설비 등에 투입되는 공사비 및 설비투자비, 운영유지비에 따른 편익감소를 의

Table 3. Change of Economic Feasibility according to the Discount Rate (Design life: 20 years)

할인율	B/C비율	NPV	IRR(%)
0.04	1.25	125,409,696,777	-
0.05	1.21	99,541,125,516	-
0.06	1.17	77,980,410,864	-
0.07	1.14	59,891,209,083	-
0.08	1.11	44,630,440,856	-
0.09	1.08	31,695,589,150	-
0.10	1.05	20,688,523,307	-
0.11	1.03	11,290,087,225	-
0.12	1.01	3,241,856,319	-

Table 4. Change of Economic Feasibility according to the Discount Rate (Design life: 30 years)

할인율	B/C비율	NPV	IRR(%)
0.04	1.44	237,627,713,118	-
0.05	1.37	187,832,127,650	-
0.06	1.31	147,750,673,671	-
0.07	1.26	115,238,680,007	-
0.08	1.21	88,687,782,880	-
0.09	1.16	66,874,825,685	-
0.10	1.13	48,858,308,825	-
0.11	1.09	33,905,896,132	-
0.12	1.06	21,442,691,138	-

미한다.

부가가치세, 법인세 등 각종 세금과 이전지출은 사회의 한 항목에서 다른 항목으로 이동할 수 있으므로 사회적 비용 항목에서 제외한다.

1) 총 사업비

총사업비는 해양계측 및 조사, 시스템설계비, 공사비, 보상비, 감리비, 기술행정관리비, 사업개발비를 합쳐 총 3,518억원(부가가치세 제외)이며, 이는 설계기간 1년, 공사기간 4년, 총 5년에 걸쳐 투입된다. 이하 모든 계산 과정에 2012년 12월 3일 환율(1,083 원)을 적용하였으며, 연도별 자금 투입계획은 표 2와 같다.

2) 운영유지비용

조류발전 단지의 운영 유지/보수비용을 인건비, 전용선관리비, 발전장치 항목으로 나누어 매년 지출 비용을 측정하였다. 육상시설을 위한 인원의 인건비, 관련 장비 수리비, 해양 전용선의 유지비용, 발전장치의 부품 스페어파트, 해양시설의 유지/보수 등을 고려하여 운영유지비용을 산출하였다.

4-3-3 결과

경제성 평가는 조사 설계기간 1년, 공사기간 4년을 포함하여 사업운영기간을 20년, 30년에 걸친 사업기간 동안 발생하는 편익, 비용의 흐름을 산출하였으며, 실질할인율 7.0%와 그 외의 할인율의 변화에 따른 NPV, B/C비율, IRR을 산정 비교하였다.

4.4 재무적 타당성 검토

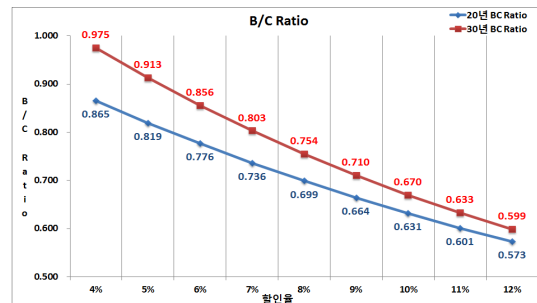


Fig. 4. Financial Feasibility, B/C Ratio

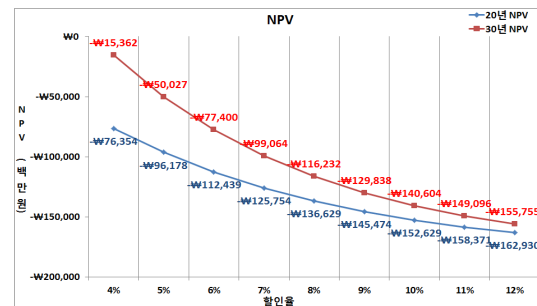


Fig. 5. Financial Feasibility, NPV

4-4-1 수입

조류발전단지 건설에 의한 수입은 전력 판매 수입과 유엔 기후변화협약 청정개발체제 (Clean development Mechanism) 사업 등록을 통한 온실가스 감축분(Certified Emission Reduction, CER), 신재생에너지 의무할당제(Renewable Portfolio Standard, REC)에 의한 신재생에너지 인증서(Renewable Energy Certification, REC) 판매수입으로 구성된다.

Table 5. Change of Economic Feasibility according to the Discount Rate (Design life: 20 years)

할인율	B/C비율	NPV	IRR(%)
0.04	0.86	-76,354,393,848	-
0.05	0.82	-96,177,839,378	-
0.06	0.78	-112,438,552,671	-
0.07	0.74	-125,754,368,985	-
0.08	0.70	-136,628,981,754	-
0.09	0.66	-145,474,423,077	-
0.10	0.63	-152,628,865,651	-
0.11	0.60	-158,370,766,864	-
0.12	0.57	-162,930,143,726	-

4-4-2 비용

비용은 금융비용과 건설이자를 제외한 총사업비, 발전소 운영을 위해 운영기간동안 매년 발생하는 운영유지비와 세세금을 포함한다.

1) 운영유지비

경제성 분석과 동일한 운영유지비용을 적용하여, 인건비, 전용선관리비, 발전장지 항목으로 나누어 매년 지출 비용을 측정하였다.

2) 법인세

법인 사업자의 수입에 대해 적용하는 조세로서, 2012년 법인세법 개정사항에 의거 수입에 따른 3단계 세율을 적용하였다.(2억 이하 10%, 2억 초과 200억 미만 20%, 200억 초과분 22%; 2012년 적용기준)

3) 보상비

「수산업 시행령-별표4」 ‘어업보상에 대한 손실액의 산출방법·산출기준 및 손실액산출기관 등’에 의하여 피해를 입는 어가에 대해 수산물 판매금액과 낚시선 대여업 손실금액을 보상기간 2년으로 적용하였다.

4-4-3 결과

세전현금흐름을 기준한 재무적 타당성을 평가하였고 강화 조력발전 사업의 재무적 타당성 할인율 5.0%를 적용하여 본 사업에서도 재무적 타당성 할인율을 5.0% 적용하였고 그 외의 할인율의 변화에 따른 NPV, B/C비율, IRR을 산정 비교하였다.(REC 가중치 2.0, SMP 190원/kWh)

Table 6. Change of Economic Feasibility according to the Discount Rate (Design life: 30 years)

할인율	B/C비율	NPV	IRR(%)
0.04	0.98	-15,362,378,375	-
0.05	0.91	-50,027,381,050	-
0.06	0.86	-77,399,973,130	-
0.07	0.80	-99,064,141,750	-
0.08	0.75	-116,232,185,211	-
0.09	0.71	-129,837,730,214	-
0.10	0.67	-140,604,251,354	-
0.11	0.63	-149,095,818,934	-
0.12	0.60	-155,754,888,499	-

5. 결론

본 연구를 통해 다음과 같은 내용을 수행하였고, 그 결과를 요약하였다.

5-1 조류발전 단지 생산량 예측

해양 조사를 통한 자료를 토대로 이론 및 자료 등을 이용하여 풍도조류발전단지의 에너지 생산량을 예측하였다. 풍도 북쪽 해안에 조류발전단지를 조성하여 총 168기의 조류발전장치를 설치할 경우 시설용량 101MW, 연간 발전량 135GWh의 단지 조성이 가능하다.

5-2 경제성 및 재무적 타당성 검토

풍도 조류발전의 경제성 평가는 발전 편익, 환경 편익, 관광 편익을 모두 고려하여 평가한 결과, 사회적 할인율 7.0% 적용 시, 사업운영기간 20년, 30년 각각의 B/C 비율은 1.14, 1.26, NPV는 각각 59,891백만원, 115,238백만원이며, IRR은 NPV를 0으로 만드는 할인율로서, NPV가 모두 0 이상이기 때문에 측정되지 않았다.

풍도 조류발전의 재무성 평가 결과는 2017년 계통 한계가격(SMP) 추정 값이 190원/kWh, 재무적 할인율 5.0% 적용 시, 사업운영기간 20년, 30년 각각의 B/C 비율은 0.82, 0.91, NPV는 각각 -96,177백만원, -50,027백만원이며, IRR은 NPV가 모두 0 이하이기 때문에 측정되지 않았다.

5-3 종합적인 평가 및 향후 추진방향

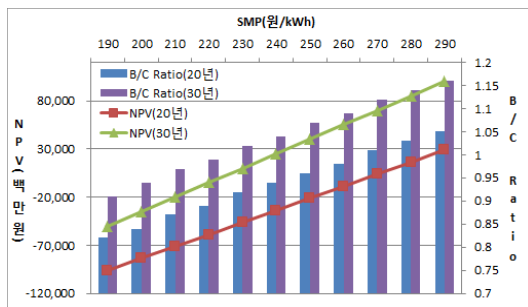


Fig. 6. Change of Financial Feasibility according to the SMP

경제성 및 재무적 타당성 검토 결과 경제성 측면에서는 타당성이 충분하나, 재무적인 측면에서 B/C 비율이 1.0 이하이고, NPV도 0 이하로 나타나 사업 타당성이 없는 것으로 판단된다.

하지만 재무적 타당성은 초기사업비용 및 전력판매수입에 따라 크게 달라지기 때문에 향후 다음과 같은 조건에서는 타당성이 확보될 수 있으며 이에 대한 지속적인 관심이 요구된다.

1) 계통한계가격(SMP) 상승

계통한계가격은 거래시간별로 일반발전기(원자력, 석탄 외의 발전기)의 전력량에 대해 적용하는 전력시장가격(원/kWh)으로서, 전력생산에 참여한 일반발전기 중 변동비가 가장 높은 발전기의 변동비로 결정된다. 본 논문에서 최근 10년의 SMP를 바탕으로 선형회귀분석하여 추정된 발전단지 완공시점인 2017년의 SMP는 190원/kWh이었으나, SMP가 상승하여 사업기간 20년의 경우 270원/kWh이 되면 B/C 비율 1.01, NPV 3,793백만원, 사업기간 30년의 경우 SMP가 230원/kWh이 되면 B/C 비율 1.02, NPV 10,025백만원으로 재무적 타당성이 확보된다.

2) 사업비용 절감

해양계측 및 조사, 시스템설계비, 공사비, 보상비, 감리비, 기술행정관리비, 사업개발비 등이 포함되는 총사업비용이 일정비율 절감되면 재무적 타당성이 확보된다. 사업기간 20년의 경우, 절감율 31% 시 B/C 비율은 1.0, NPV는 1,072백만원이 되며 사업기간 30년의 경우, 절감율 16%시 B/C비율은 1.0, NPV는 166백만원이 된다.

최근 화석에너지 고갈과 기후변화로 인해 신재생에너지 분야인 조류발전에 대한 관심이 매우 높아지

고 있으며, 국내에서도 녹색성장기술 신재생에너지로 활발한 연구가 추진되고 있다.

최근 해외에너지 자원 확보를 위한 노력이 국가 차원에서 이루어지고 있기는 하나 그 성과는 아직 미미한 정도이고, 수입 원유의 상당부분을 중동지역에 의존하고 있는 형편에서 에너지자원의 확보문제는 우리나라가 당면한 가장 시급한 과제가 아닐 수 없다. 조류발전을 포함하여 본격적인 신재생에너지 개발 시대가 우리 앞에 열리기를 기대해 본다.

참고문헌

1. 조철희, 박관규, “국내외 해양 조류 발전 기술”, 한국신·재생에너지학회 추계학술대회논문집, 134-137, 2006.
2. 인하대학교(조철희 외), “조류발전 타당성 조사 및 활용 기술개발(최종보고서)”, 산업자원부, 2008.11.
3. 한국해양연구원, “해양에너지 실용화 기술개발(I) : 조력·조류에너지”, 해양수산부, 2001.
4. 최연성 외, “새만금 조력발전소 건설 타당성 검토”, 한국전자통신학회 춘계종합학술대회지 제3권 제1호, 2009.
5. 조철희, 박노식 외, “해양 조류발전단지 간섭 연구”, 한국해양공학회지 제23권 제1호, 109-113, 2009.2.
6. Mirko Previsic, “System Level Design, Performance, Cost and Economic Assessment-Minas Passage Nova Scotia Tidal In-Stream Power Plant”, EPRI, 2006.10.
7. Marine Current Tubines Ltd, “Tidal Power and the ‘SeaGen’ Tidal Stream Turbine An Overview”, 2008.10.
8. “제25회 2011 안산시 통계연보”, 안산시, 2012.2.
9. “2005어업총조사보고서:지역편(3-1):해수면어업”, 통계청, 2007.
10. “2008년도 발전설비현황”, 전력거래소, 2009.
11. 전력거래소(<http://www.kpx.or.kr>)
12. 디지털안산문화대전 (<http://ansan.grandculture.net/>)
13. 안산시청(<http://www.iansan.net/>)
14. 전력통계정보시스템(<http://epsis.kpx.or.kr/>)