



[2018-3-RP-003]

최적화된 수차모델이 적용된 소수력발전 후보지에 대한 경제적 타당성 분석

이종훈¹⁾ · 윤현식¹⁾ · 최솔지¹⁾ · 정원석^{1)*}

Economic Feasibility Study for the Small Hydropower Generation Candidates with Optimized Hydraulic Turbine Model

Jonghoon Lee¹⁾ · Hyunsik Yoon¹⁾ · Solji Choi¹⁾ · Wonseok Jeong^{1)*}

Received 22 June 2017 Revised 16 March 2018 Accepted 19 March 2018

ABSTRACT Small hydropower (SHP) has recently been attracting attention as an environmentally friendly renewable energy resource that can cope with the problem of greenhouse gases. In addition, it can supply energy stably due to its lower price of power generation and longer lifetime than other renewable technologies. Despite these advantages, the growth rates of SHP have been rather disappointing. This is due to its poor economic viability, resulting from its high initial investment cost and low power generation capacity. In this study, we conduct not only an economic feasibility study for the SHP candidates with optimized hydraulic turbine model under consideration by the Korea Water Resources Corporation (K-Water) but also give priority to the introduction of SHP. Furthermore, a sensitivity analysis is conducted to reveal the effects of 3 factors, namely the discount rate, power generation price and maintenance cost ratio.

Key words Small hydropower(소수력), Economic analysis(경제성분석), Feasibility study(타당성분석), New renewable energy(신재생에너지), B/C(비용편익), NPV(순현재가치), IRR(내부수익률)

1. 서론

1.1 연구의 목적

전 세계적으로 온실가스 배출 문제가 심각해지면서 이를 줄이기 위해 각 국가들은 신재생에너지 기술 개발에 집중적인 투자를 진행하고 있다.^[1] 이 중에서도 탄소배출을 획기적으로 낮추고 버려지는 자원을 활용하여 전력을 생산할 수 있다는 관점에서 소수력발전이 청정에너지로 각광을 받

고 있다.^[2] 또한 소수력 발전은 발전소 건조기간에도 물 공급이 가능하고, 대수력 발전 대비 지역 생태계의 보전 가능성도 높은 특징을 보이는 등 다양한 이점을 가지고 있다.^[3]

그러나 이러한 장점에도 불구하고 소수력 발전은 초기 투자비용이 높고, 발전량 자체가 낮아 타 에너지원 대비 경제성이 높지 않다는 평가를 받고 있어 아직까지 활발하게 활용되고 있지 못하고 있는 실정이다.^[4]

이러한 문제를 해결하고자 최근 한국조선헤양기자재연구원과 한국해양대학교는 한국수자원공사가 검토 중에 있는 소수력 발전 개발 후보지를 대상으로 이들에 적용 가능한 최적 수차모델을 개발하고 있다. 이에 본 연구에서는 각

1) INSIGHTORS

*Corresponding author: 999@insightors.com

Tel: +82-2-6380-2373

Fax: +82-2-6381-2373

후보지별로 새롭게 적용된 수차모델을 기반으로 경제적 타당성 분석을 실시하고, 분석결과에 따른 우선순위 선정 및 다양한 변수들에 대한 민감도 분석을 실시함으로써 소수력 발전 건립을 추진하는데 참고할 수 있는 기초데이터를 제공하고자 한다.

1.2 연구의 방법

경제성 분석은 해당 사업이 어느 정도의 경제적 가치가 있는지를 파악할 수 있도록 함으로써 사업에 대한 정확한 이해를 돕게 되는 과정이다. 이 분석 결과는 발전소 건립을 위한 정책적 결정에 있어서 가장 기본적이고 필수적인 자료로 활용될 수 있다.

본 연구는 소수력 발전에 대한 경제적 타당성 분석방법으로 가장 일반적으로 사용되는 편익/비용비(Benefit/Cost Ratio, B/C), 내부수익률(Internal Rate of Return, IRR), 순현재가치(Net Present Value, NPV)의 계산방법을 사용한다.

B/C 비율이란 운영 후 연도별 발생하는 편익과 투입되는 비용(사업비 및 유지관리비)을 적정 할인율로 할인하여 기준년도 가격으로 환산한 금액의 비율을 말하며, 일반적으로 (B/C 비율)≥1이면 경제성이 있다고 판단한다.

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

여기서, B_t : Present value of benefit

C_t : Present value of cost

r : Interest rate

n : Duration period

내부수익률은 현재가치로 환산한 편익과 비용의 값이 같아지는 할인율을 구하는 방법으로 일반적으로 내부수익률이 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다.

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

여기서, B_t : Present value of benefit

C_t : Present value of cost

r : Interest rate

n : Duration period

순현재가치란 사업에 수반된 모든 비용과 편익을 기준년도의 현재가치로 할인하여 총 편익에서 총 비용을 제한 값을 의미하며, 순현재가치가 ≥ 0 이면 경제성이 있다고 판단한다.

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

여기서, B_t : Present value of benefit

C_t : Present value of cost

r : Interest rate

n : Duration period

1.3 연구의 범위

본 연구에서 평가할 대상은 한국수자원공사가 소수력 발전 개발 후보지로 선정한 44개소 중 소수력 잠재량, 부지여건, 민원발생 가능성, 계통연계 여부 등의 조사를 통해 한국조선해양기자재연구원과 한국해양대학교가 선정한 최적 후보지 10개소이다.

분석범위는 10개 후보지에 대해 3가지 분석법(B/C, NPV, IRR)을 기반으로 경제성 분석을 실시하고 결과에 따른 우선순위 선정을 포함한다. 또한 경제성 분석은 많은 요소들을 현재 상황에서 가정하여 진행하므로 결과의 신뢰도를 높이기 위해 일부 후보지를 대상으로 한 민감도 분석을 포함한다.

2. 경제성 분석 요소

2.1 평가대상 후보지 현황

2.1.1 후보지 선정 개요

경제성 분석 평가대상 후보지는 한국조선기자재연구원이 한국수자원공사가 운영 중에 있는 저수지, 하수처리장

Table 1. Candidate Sites List

Location	Candidate sites	Type
Gyeonggi-do	Goyang	Purification Plant
	Wabu	Purification Plant
	Nachon	Distributing reservoir
	Siheung	Purification Plant
	Banwol	Purification Plant
	Uijeongbu	Booster Station
Sejong-si	Jeondong	Booster Station
Incheon-si	Susan	Purification Plant
Chungcheongnam-do	Hongsung	Booster Station
Gyeongsangnam-do	Miryang	Purification Plant

등 44개소를 대상으로 사용수량, 손실수두, 유효낙차, 예상발전 용량, 부지여건 등을 조사하여 10개소를 선정하였다. 본 선정은 해당 연구를 지원받고 있는 상위 과제에서 진행되었으며, 본 연구에서는 선정결과를 그대로 반영하여 경제성 분석을 추진하였다.

2.1.2 후보지 주요 현황

본 연구의 상위과제를 주관하고 있는 한국조선해양기자재연구원은 10개소 후보지에 대해 지난 2012년부터 2016년까지 유입유량 및 유입압력을 분석하였으며, 이를 바탕으로 후보지별로 발생하는 정격압력 및 정격유량을 도출하였다.

또한 이를 바탕으로 각 후보지에 적합한 수차형식(카프란, 프란시스, 펌프형)을 선정하였으며, 각 후보지의 설비현황을 근거로 연간발전량을 산출하였다. 본 연구에서는 상위 과제에서 수행한 결과를 그대로 반영하여 경제성 분석에서 활용할 주요 인자들을 Table 2와 같이 적용하였다.

2.2 경제성 평가 주요 변수

2.2.1 할인율

소수력 발전소와 같이 공공투자사업의 경제적 타당성을 분석하는데 있어 가장 중요하게 생각되는 요소는 바로 할인율이다. 본 연구에서는 분석결과에 대한 신뢰도를 높이기 위해 가장 최근에 한국개발연구원(KDI)이 제시한 「공기업·준정부기관 사업 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 연구」 내용을 바탕으로 사회적 할인율 5.5%를 반영하였다.^[5]

KDI는 2001년도 일반지침 제3판까지는 자본의 잠재가격에 기초하여 결정하는 방법을 사용하였으나, 최근 저금리·저성장 기조가 지속되면서 사회적 할인율을 낮춰왔다. 하지만 2008년에 적용된 제5판 이후 변경하지 않아 최근 저금리를 유지하는 경제상황을 제대로 반영하지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 현실적이고 실제적인 데이터를 제공하기 위해 KDI의 일반지침을 기준 할인율(5.5%)로 반영하고, 할인율이 기준 보다 낮아졌을 경우(3.0%)와 높아졌을 경우(8.0%)를 모두 고려한 분석결과를 제시하였다.

Table 2. Candidate Sites status

Classification	Banwol	Siheung	Goyang	Susan	Wabu	Nachon	Uijeongbu	Jeondong	Hongsung	Miryang
Turbin Type	Kaplan	Kaplan	Kaplan	Francis	Francis	Pump	Pump	Pump	Pump	Pump
Capacity (MW)	0.092	0.205	0.612	0.420	0.138	0.271	0.070	1.231	0.417	0.113
Efficiency (%)	83	83	83	85	85	83	83	83	83	83
Rated flow (m ³ /s)	1.53	1.50	2.70	4.10	0.88	1.22	1.11	6.30	2.20	0.59
Effective head (m)	7.42	16.77	27.86	12.29	18.87	27.29	7.76	24.02	23.29	23.48
Total head (m)	7.83	17.60	28.35	12.40	19.00	28.60	7.80	25.20	23.45	23.50
Annual power generation (MWh), rated output	809.13	1,791.96	5,360.24	3,677.52	1,211.79	2,371.88	613.44	10,783.46	3,650.59	987.26
Annual power generation (MWh), operation	539.67	1,302.71	3,540.40	2,149.42	921.61	1,310.10	294.02	7,556.25	2,171.97	677.62
Utilization rate (%)	66.7%	72.7%	66.0%	58.4%	76.1%	55.2%	47.9%	70.1%	59.5%	68.6%

Table 3. Social Interest rate

Year	Version	General sector	Water resources sector
2001	Ver.3	7.5%	6.0%
2004	Ver.4	6.5%	6.5%
2008	Ver.5	5.5%	

2.2.2 내용연수 및 감가상각율

내용연수 및 감가상각율은 「댐건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률 시행령」 제 27조의 내용을 참고하여 각각 45년, 2%를 적용하였다.^[6]

Table 4. Depreciation rate & duration period by asset type

Asset type	Duration period (yr)	Depreciation rate (%)
Generation	45	2.00
Agriculture water	55	1.82
Flood Control	80	1.25
Drinking and industry water	45	2.00

2.2.3 운전유지비

「수자원부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제4판)」에 따르면, 댐 및 부대구조물에 대한 운전유지비는 공사비의 0.5%로 하고 있으며, 하천사업의 경우 공사비의 3%를 반영하고 있다. 본 연구에서는 보수적인 분석을 위해 3%를 적용한다.^[7]

2.2.4 전력판매단가

전력판매단가는 전력통계정보시스템의 계통한계가격(SMP; System Marginal Price)을 기준으로 적용하였

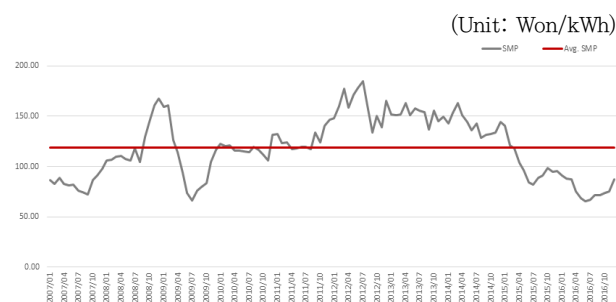


Fig. 1. SMP Progress (2007~2016)

다. 지난 2007년부터 2016년까지 SMP추이를 살펴보면, 최저 65.31(원/kWh)부터 최고 185.14(원/kWh)까지 변동폭이 매우 높게 나타나고 있는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서는 소수력 발전의 내용연수(45년)를 고려하여 최근 10년 동안의 평균 SMP 118.74(원/kWh)를 적용하였다.^[8]

2.2.5 온실가스 배출 저감 및 배출거래 단가

소수력 발전은 타 에너지원 대비 온실가스 배출량이 매우 낮기 때문에 온실가스 저감에 따른 탄소배출권 거래를 통한 추가적인 수익 확보가 가능하다. 따라서 본 연구에서는 2016년 기준 LNG, 석탄, 석유의 탄소배출계수를 SMP 결정비율에 따라 적용한 가중평균값(0.41812 tCO₂/MWh)을 활용하였으며^[9], 배출거래단가는 최근 배출권 확대에 따라 새롭게 적용된 KAU16 평균가격인 19,300원을 적용하였다.^[10]

Table 5. Domestic Carbon Emission Value

Factors	KAU15	KAU16
Avg. Price (Won)	13,648	19,300
Max. Price (Won)	21,000 (2016.5.19)	26,500 (2017.2.7)
Annual trading quantity (10 ³ t)	1,586	4,372
Period	2015.7.1 ~ 2016.6.30	2016.7.1 ~ 2017.4.13

지금까지 논의한 내용을 바탕으로 본 연구에서 적용한 주요 변수를 살펴보면 Table 6과 같이 정리할 수 있다.

Table 6. Factor of economic analysis

Factor	Value
Interest rate (%)	3.0/5.5/8.0
Duration period (yr)	45
Depreciation rate (%)	2.0
Rate of maintenance cost (%)	3.0
SMP (Won/kWh)	118.74
Reducing of GHGs (tCO ₂ /MWh)	0.41812
Carbon emission value (Won/tCO ₂)	19,300

3. 경제성 분석 결과

3.1 비용 및 편익 정의

본 연구에서는 소수력 발전에 소요되는 비용을 직접투자비와 운전유지비로 구분하였으며, 직접비는 다시 시설공사비, 발전설비공사비, 송배전선로비, 설계비로 구분하여 경제성 분석에 반영하였다.

편익부문에는 전력판매를 통한 수익과 소수력 발전의 청정에너지 특성을 고려한 온실가스저감비를 포함하였다. 또한 감가상각으로 인한 잔존가치도 함께 고려하였다.

Table 7. cost-benefit classification

Classification	Subdivision	
Cost	Direct investment Cost (투자비)	facilities
		generating unit
		transmission & distribution
		design
	operating and maintenance	
Benefit	sell electric power	
	greenhouse gas reduction	
	residual value	

3.2 경제성 분석결과

우리는 상기 정의한 비용과 편익 내용을 바탕으로 B/C, NPV, IRR을 분석하였으며, 할인율이 3.0%, 5.5%, 8.0% 일 때 각각 나타나는 경제성 평가는 Table 8과 같이 도출되었다.

Table 8. Economic analysis result under discount rate 5.5%
(Unit: Million KRW, %)

Classification	cost	benefit	B/C	NPV	IRR
Banwol	1,640	1,085	0.66	-555	-2.42
Siheung	1,950	2,605	1.34	655	2.16
Goyang	2,485	7,059	2.84	4,574	11.00
Susan	2,452	4,292	1.75	1,840	4.67
Wabu	1,746	1,845	1.06	99	0.38
Nachon	2,071	2,620	1.26	549	1.71
Uijeongbu	1,946	598	0.31	-1,348	-5.63
Jeondong	5,221	15,065	2.89	9,845	11.27
Hongsung	2,876	4,340	1.51	1,464	3.22
Miryang	1,249	1,357	1.09	109	0.57

우선적으로 기준 할인율 5.5%를 적용하였을 때 결과를 살펴보면, 경제성이 가장 높은 후보지는 전동가압장과 고양정수장으로 각각 2.89, 2.84의 높은 B/C 값을 보였다. 반면, 경제적 타당성이 부족하다고 판단되는 B/C 1 이하 지역은 의정부가압장과 반월정수장으로 나타났으며, 가장 낮은 후보지는 의정부가압장으로 0.31의 수준을 보였다.

할인율이 3.0%로 떨어질 경우, 평가대상 후보지 중 반월정수장과 의정부가압장을 제외하고 모두 1 이상을 보이며 나머지 8곳에서 모두 경제성이 충분하다는 결과를 얻었다. 이 중 경제성이 가장 높은 지역은 전동가압장과 고양정수장으로 각각 3.79, 3.73의 높은 수치를 기록하였으며, 수산정수장도 2 이상으로 경제성이 높은 수준으로 나타났다. 반면 의정부가압장은 할인율의 하락에도 불구하고 0.5 이하의 저조한 수치를 보이고 있다.

Table 9. Economic analysis result under discount rate 3.0%
(Unit: Million KRW, %)

Classification	Cost	Benefit	B/C	NPV	IRR
Banwol	1,899	1,663	0.88	-236	-0.68
Siheung	2,258	3,973	1.76	1,715	3.64
Goyang	2,878	10,739	3.73	7,861	11.77
Susan	2,839	6,539	2.30	3,700	5.97
Wabu	2,022	2,818	1.39	796	1.97
Nachon	2,398	3,998	1.67	1,599	3.23
Uijeongbu	2,254	928	0.41	-1,326	-3.79
Jeondong	6,045	22,918	3.79	16,873	12.01
Hongsung	3,331	6,616	1.99	3,286	4.63
Miryang	1,405	2,073	1.48	668	2.35

Table 10. Economic analysis result under discount rate 8.0%
(Unit: Million KRW, %)

Classification	cost	benefit	B/C	NPV	IRR
Banwol	1,531	771	0.50	-760	-4.45
Siheung	1,821	1,857	1.02	36	0.16
Goyang	2,320	5,039	2.17	2,719	9.17
Susan	2,289	3,062	1.34	772	2.71
Wabu	1,630	1,314	0.81	-316	-1.63
Nachon	1,934	1,867	0.97	-66	-0.28
Uijeongbu	1,817	423	0.23	-1,394	-7.65
Jeondong	4,874	10,755	2.21	5,881	9.44
Hongsung	2,685	3,095	1.15	410	1.24
Miryang	1,189	967	0.81	-222	-1.58

이와 반대로 할인율이 8.0%로 상승한 경우에도 고양정 수장과 전동가압장이 B/C값 2 이상의 가장 높은 수치를 나타냈으며, 경제성이 적합하다고 판단되는 지역은 기준 할인율 적용 대비 3곳이 줄어들은 5곳으로 분석되었다.

3.3 우선순위 선정

지금까지 우리는 10개 후보지에 대한 경제성 분석 결과를 살펴보았다. 이제부터는 앞서 분석된 결과를 바탕으로 발전소 건립을 추진할 수 있는 지역에 대한 우선순위를 살펴보고자 한다.

일반적으로 경제성이 있다고 판단되는 기준은 B/C값이 1 이상으로 보고 있지만 할인율, 전력판매단가 등 변수들의 변동에 따라 경제성 분석 결과에 지대한 영향을 미치고 있다. 따라서 본 연구에서 우선순위는 일정 수준에서 유사한 후보지별로 그룹핑하여 1에서 3순위까지 선정하였다.

1순위는 할인율 8.0%에서 B/C 1.2 이상을 보인 후보지를 선택하였으며, 2순위는 할인율 5.5%에서 1.2 이상, 3순위는 할인율 3.0%에서 1.2 이상인 지역을 선정하였다. 이외 지역은 경제성이 부족하다고 분류하였다.

상기 기준에 따라 후보지별로 우선순위를 선정한 결과, 가장 높은 경제성을 보인 1순위 후보지는 전동가압장, 고양정수장, 수산정수장이며, 2순위는 홍성가압장, 시흥정수장, 나촌배수지, 3순위는 밀양정수장과 와부정수장으로 나타났다. 이외 경제성이 부족하다고 판단되는 지역은 반월정수장과 의정부 가압장인 것으로 분석된다.

Table 11. Economic Priority

Order of Priority	Candidate Sites	B/C (Under Discount rate)		
		3.0%	5.5%	8.0%
1st	Jeondong	3.79	2.89	2.21
	Goyang	3.73	2.84	2.17
	Susan	2.30	1.75	1.34
2nd	Hongsung	1.99	1.51	1.15
	Siheung	1.76	1.34	1.02
	Nachon	1.67	1.26	0.97
3rd	Miryang	1.48	1.09	0.81
	Wabu	1.39	1.06	0.81
Lack of economic	Banwol	0.88	0.66	0.50
	Uiyeongbu	0.41	0.31	0.23

3.4 민감도 분석

앞서 분석한 내용들은 외부 환경변화에 따라 변할 수 있는 주요 요소들을 특정한 값으로 가정하여 분석되었기 때문에 객관적인 판단을 내리기에는 위험요인이 높은 것을 알 수 있다. 특히, 소수력 발전과 같이 초기비용이 크고 내용연수가 많은 경우, 할인율, 전력판매단가 등에 따라 편익 부문의 변동이 크게 나타나기 때문에 이에 대한 치밀한 검토가 필요하다. 따라서 본 파트에서는 1순위와 경제성 미달 지역을 제외한 2,3순위 지역을 대상으로 총 3개 변수(할인율, 전력판매단가, 운전유지비)에 대한 민감도 분석을 실시하고자 한다.

우선 본 연구에서는 민감도 분석에 필요한 변수들의 변동폭을 Table 12와 같이 정의하였으며, 경제성 분석 방법 중 절대적 금액으로 순이익을 파악할 수 있는 NPV 값을 기준으로 그 변화를 분석하였다. 또한 변화시키는 항목을 제외한 나머지 항목들은 할인율 5.5%에서 분석한 기준 값을 적용하였다.

할인율은 장기간 지속되고 있는 저금리 기조와 향후 미래 위험요인들을 감안하여 연 0.0%부터 10.0%까지 변화시켰다. 전력판매단가는 전력통계정보시스템에서 공시한 지난 10년 동안의 SMP 변동을 분석하여 최소 70원에서부터 최대 180원까지 변화를 주었다. 운전유지비율은 한국에너지기술연구원에서 조사한 해외 소규모 수력발전의 건설단가 및 운전비율 사례조사를 근거로 하여 최소 0%에서 5%까지 변화를 주었다.^[11]

Table 12. Variable range of sensitivity analysis

Variable	Reference	min.	max.
Discount rate (%)	5.5	0.0	10.0
SMP (KRW)	118.74	70	180
O&M Cost (%)	3.0	0.0	5.0

3.4.1 할인율에 따른 민감도 분석

우선 소수력 발전에서 가장 민감하게 반응하는 요소는 할인율이다. 할인율을 0%에서 10%까지 변화시켰을 때 가장 경제성이 높은 홍성가압장이 가장 큰 폭으로 변화한 것을 확인할 수 있었다. 특히, 밀양정수장과 와부정수장은 할인율이 약 6%를 기점으로 서로 상이한 결과가 나오는 것을 확

인할 수 있다. 약 6%의 할인율 보다 낮을 때는 외부정수장이 높은 수익을 보인데 반해 그 이상의 할인율에서는 밀양정수장의 경제성이 높은 것으로 분석된다. 이는 외부정수장이 밀양정수장에 비해 할인율 변화에 더 민감하게 반응하고 있다는 것을 알 수 있다. 또한 홍성가압장은 할인율이 약 10% 수준 이상으로 올라가면 경제성이 떨어지는 것으로 파악되며, 시흥정수장은 9%, 나촌배수지는 8%, 밀양정수장은 7%, 외부정수장은 6% 수준이 한계인 것으로 분석된다.

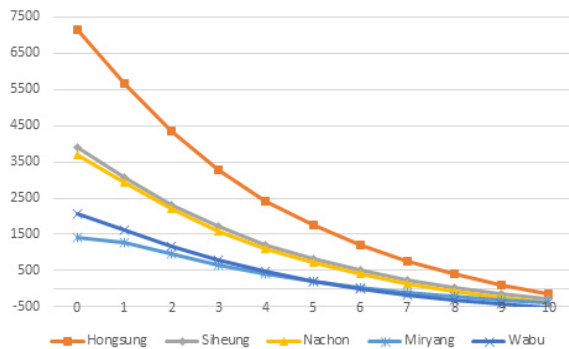


Fig. 2. NPV Trend by Discount rate

3.4.2 전력판매단가에 따른 민감도 분석

전력판매단가 변화에 대해서도 홍성가압장이 가장 큰 민감도를 보였으며, 밀양정수장과 외부정수장은 약 120원에서 130원 사이를 기점으로 서로 상이한 우선순위를 보였다. 전력판매단가가 이를 기점으로 낮은 경우에는 밀양정수장이 높은 경제성을 보인 반면, 높은 경우에는 외부정수장이 근소하게 높은 경제성을 나타냈다. 또한 NPV가 0 이상으로 경제성이 있다고 판단되는 기준은 각 후보지마다 상이하게 분포하였다. 각 지역별로 대략적인 기준은 홍성

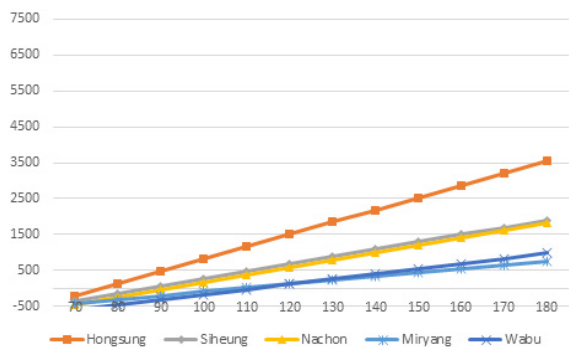


Fig. 3. NPV Trend by SMP

가압장 80원, 시흥정수장 90원, 나촌배수지 100원, 밀양정수장 110원, 외부정수장 120원 수준인 것으로 파악된다.

3.4.3 운전유지비에 따른 민감도 분석

운전유지비는 할인율 및 전력판매단가에 비해 가장 낮은 민감도를 보이는 것을 확인할 수 있다. 다른 경우와 마찬가지로 홍성가압장의 민감도가 가장 높았으나, 다른 후보지와 기울기 차이가 크지 않은 것을 확인할 수 있다. 이 때문에 운전유지비를 5%까지 높게 책정하더라도 대부분의 후보지의 NPV는 0 이상의 값을 보였다. 그러나 외부정수장은 약 4.0%를 넘어서면 경제성이 다소 부족한 것으로 나타났다. 또한 운전유지비도 다른 경우와 마찬가지로 약 3.0% 수준을 기점으로 이보다 낮은 경우에는 외부정수장의 경제성이 밀양정수장에 비해 높게 나타났으며, 3.0% 보다 높은 경우에는 반대의 결과를 보였다.

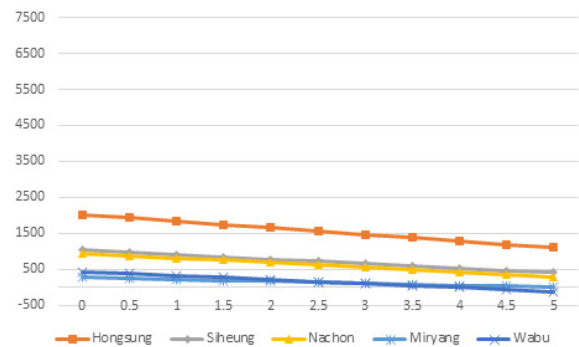


Fig. 4. NPV Trend by O&M Cost

4. 종합 및 결론

본 연구는 최적화된 수차모델을 적용한 소수력 발전 후보지에 대해 경제성 분석을 실시하고, 이에 대한 우선순위를 파악함과 동시에 시시각각 변화하는 외부요인들에 대한 민감도 분석을 실시하였다. 경제성 평가는 B/C, NPV, IRR 기법을 활용하였으며, 민감도 분석은 외부적으로 변동성이 높은 3가지 변수(할인율, 전력판매단가, 운전유지비)에 따른 NPV 변화를 살펴보았다. 이에 대한 분석으로 우리는 아래와 같은 결론을 얻었다.

- (1) 경제성 평가 대상 후보지 10곳 중 가장 높은 경제성을 보인 지역은 전동가압장이며, 1순위 그룹은 전동가압장을 포함한, 고양정수장, 수산정수장 3곳으로 확인되었다. 2순위는 홍성가압장, 시흥정수장, 나촌배수지이며, 3순위는 밀양정수장과 와부정수장, 경제성이 부족하다고 판단되는 지역은 반월정수장과 의정부가압장으로 분석되었다.
- (2) 2,3순위 그룹에 속한 후보지를 대상으로 민감도 분석을 실시한 결과, 할인율 변화에 대한 NPV의 민감도가 가장 높게 나타났으며, 운전유지비에 따른 NPV 변화는 가장 낮은 것으로 분석되었다.
- (3) 민감도 분석에서 특이한 점은 밀양정수장과 와부정수장이 각 변수의 적정 포인트를 기점으로 경제적 타당성이 상이한 결과를 보였다는 것이다. 할인율 5.5%를 기준으로 한 B/C 분석에서는 밀양정수장이 와부정수장보다 높은 경제성을 보였으나, 할인율, 전력판매단가, 운전유지비의 변화에 따라 서로 다른 결과가 나타나므로 발전소 건립 추진 판단에 있어 유의해야할 점으로 보인다.

끝으로 본 연구에서 활용된 변수들은 지속적으로 변화되고 있어 정확한 예측이 어렵다는 것을 유의해야한다. 최근 논의되고 있는 REC제도와 글로벌 경제 변화 등 외부적 환경요인들의 변화에 따라 편익 부분이 크게 변동될 수 있다. 또한 경제성이 높게 나온 지역이라 하더라도 실제 공사 부분에서 예상치 못한 비용이 발생되거나 주민들의 수용성 측면에서 반대가 있을 수 있어 발전소 건립의 위험요인으로 작용할 수 있다. 따라서 소수력 발전 건립을 검토 중인 유망 후보지에 대해 한 번의 경제성 분석으로 끝내기보다 발전소 건립을 결정하기 직전까지 정책적 흐름과 시장 흐름을 지속적으로 모니터링하여 이를 반영한 주기적인 재검토가 필요할 것으로 보인다.

후 기

본 연구는 2016년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에

너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(No.20169210100060).

References

- [1] Christina Ioannidou, Jesse R. O'Hanley, Eco-friendly location of small hydropower, European Journal of Operational Research, 000(2016), 1-12.
- [2] Korea Energy Agency, 2007, Renewable energy RD&D strategy 2030, Small hydropower, 5-6.
- [3] ESHA, 2012, Small Hydropower Roadmap: Condensed research data for EU-27, EU, 4.
- [4] Jung, Gun-Joo, 2015, Economic Evaluation of Small Hydro Power Plants in Nakdong River with Actual Generation Data, Journal of KIAEBS Vol. 9, No. 5, Oct. 15, pp. 293-300.
- [5] Korea Development Institute, 2013, General guidelines for carrying out preliminary feasibility studies for enterprise and quasi-governmental projects, 132-133.
- [6] National Law Information Center, 2017, Act No.14544, 17., ACT ON CONSTRUCTION OF DAMS AND ASSISTANCE, ETC. TO THEIR ENVIRONS, Article 27.
- [7] Korea Development Institute, 2008, Revised and supplemented standard guidelines for preliminary feasibility studies of water sector projects (Forth edition), 480.
- [8] Electric Power Statistics Information System, SMP (2007-2016), <http://epsis.kpx.or.kr/epsisnew/>
- [9] Korea Energy Economics Institute, 2017, Effect analysis on resource mix plan for new government, 5.
- [10] Korea Energy Agency, 2017, Domestic emissions trading system price trends and future prospects, KEA Energy Issue Briefing, Vol.60.
- [11] Korea Institute of Energy Research, 2007, Economic feasibility Analysis for Renewable Energy Resources, 16-17.
- [12] Zin-Oh Kim, Jung-Wan Kim, Kyung-Jin Boo, Analysis of Economic Feasibility of New & Renewable Energies, New Renew. Energy, 2005.03, 79-86.