

농업용 보를 이용한 소수력발전소의 타당성 분석

이철형*, 박완순*

*한국에너지기술연구원(lchg@kier.re.kr, pwsn@kier.re.kr)

Feasibility Assessment of Small Hydro Power Plants Using Diversion Weirs for Agricultural Purpose

Lee, Chul-Hyung*, Park, Wan-Soon*

*Korea Institute of Energy Research(lchg@kier.re.kr, pwsn@kier.re.kr)

Abstract

Feasibility assessment for small hydropower plants using diversion weirs located in stream for agricultural purpose has been studied. The model, which can predict flow duration characteristic of stream, was developed to analyze the inflow caused from rainfall. And another model to predict hydrologic performance for small hydropower plants is established. Preliminary survey was performed identifying several candidate sites, and two sites were selected finally for actual site reconnaissance. During the course of site survey, generating capacity, construction and equipment cost, and payback through life time of each sites were calculated for economical feasibility analysis. The results of this study have estimated that the small hydropower plants using diversion weirs for agricultural purpose may offer better opportunities in future with increasing fuel cost and nation's energy policy.

Keywords : 타당성(Feasibility), 소수력(Small hydropower), 농업용 보(Diversion weir for agricultural purpose), 설계변수(Design parameter), 편익비(B/C ratio)

기 호 설 명

| | | | |
|-------|----------------------|----------|---------------------|
| A | : 유역면적(km^2) | P_1 | : 부분출력량(kWh) |
| E_a | : 연간출력량(kWh) | P_2 | : 정격출력량(kWh) |
| g | : 중력가속도(m/s^2) | $P(Q)$ | : Weibull분포의 확률밀도함수 |
| H | : 낙차(m) | Q | : 유량(m^3/s) |
| L_f | : 소수력발전소의 가동율(%) | Q_r | : 설계유량(m^3/s) |
| P_a | : 단위시간당 출력량(kWh) | α | : Weibull분포의 형상모수 |

β : Weibull분포의 척도모수(m^3/s)
 ρ : 물의 밀도(kg/m^3)
 η : 소수력발전소의 효율

$$P_a = \rho g H \eta \int_0^{Q_r} P(Q) Q dQ + \rho g H Q_r \eta \int_{Q_r}^{\infty} P(Q) dQ = P_1 + P_2 \quad (1)$$

1. 서 론

에너지자원이 절대 부족한 우리나라의 입장에서 에너지 해외의존도를 경감시키고 에너지를 안정시키기 위하여 부존에너지를 최대한 활용하는 것이 매우 중요하다. 농업용 보를 이용하여 소수력발전소를 건설, 운영하는 사례가 있으며, 경기도 연천군 한탄강에 위치한 고문소수력발전소가 효시이다. 고문소수력발전소는 개인사업가에 의해 건설되어 2007년도부터 가동하였다. 이어 강원도 인제군은 서리보와 원통보를 이용하여 서리보 소수력발전소와 원통보 소수력발전소를 건설하여 2010년부터 시운전을 통한 상업발전을 시작하였다.

최근 지방자치단체에서는 농업용 취수보를 이용한 소수력발전에 관심을 가지고 지자체내의 유휴자원인 하천유수를 이용하여 소수력발전을 함으로써 환경친화적인 에너지를 생산하여 석유 등 에너지 수입대체 효과와 전력수요 급증시의 부하평준화에 기여하고자 하고 있다.

본 연구에서는 기존의 농업용 보에 대하여 소수력발전시설을 설비할 경우에 대하여 타당성을 분석하였으며, 분석 결과 개발 가치가 충분히 있음을 확인하였다.

2. 농업용 보를 이용한 소수력발전시설의 특성 분석

그림 1은 낙차가 일정한 경우, 유입량변화에 따른 소수력발전소의 출력의 변화를 나타내는 것으로, 월류댐을 갖는 소수력발전소의 특성을 나타내는 그림이다.

소수력발전소에서 얻을 수 있는 단위시간당의 출력량은 다음과 같이 구할 수 있다.

소수력발전입지에 소수력발전소를 건설할 경우, 시설용량과 연간가동율은 다음과 같다.

$$C = \rho g H Q_r \eta \quad (2)$$

$$L_f = P_a / C \quad (3)$$

연간출력량은 소수력발전입지에 소수력발전소를 건설할 경우, 얻을 수 있는 연간 총에너지량을 의미하며, 다음과 같이 산정된다.

$$E_a = 8,760 C L_f \quad (4)$$

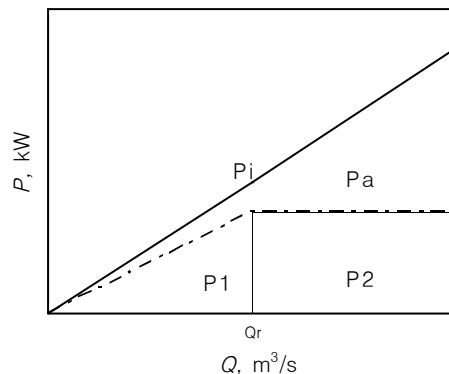


그림 1. 소수력발전소의 출력특성

본 연구에서는 남평보와 여량보를 대상으로 소수력 발전시설의 성능분석 기법을 이용하여 후보지의 수문학적 성능특성을 분석하였다.

소수력 발전시설 후보지의 수문학적 성능을 분석하기 위하여 유효낙차는 1m로 가정하였다.

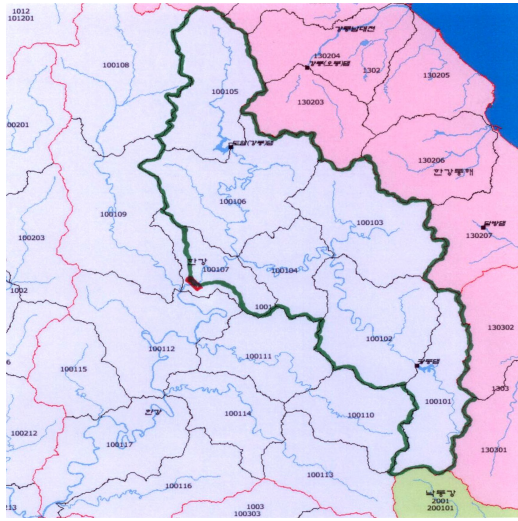


그림 2. 남평보의 유역면적도

그림 2는 남평보의 유역면적도를 나타내고, 그림 3은 남평보에서의 유량지속곡선을 나타낸다.

그림 4는 남평보 소수력 발전시설 후보지의 설계유량의 변화에 따른 정격부하발전량과 발전량의 변화를 나타내는 그림이다. 정격부하발전량 P_2 는 설계유량 $21.0\text{m}^3/\text{s}$ 에서 3.26kWh 로 최대가 되며, 이 때 발전량 P_a 는 67.42kWh 를 나타낸다.

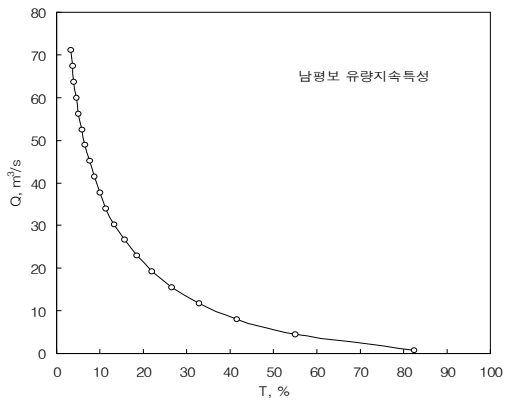


그림 3. 남평보에서의 유량지속곡선

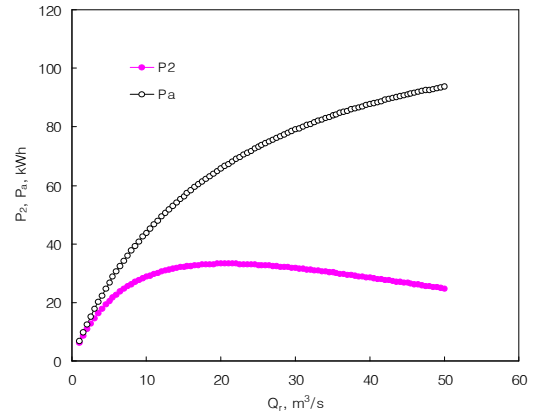


그림 4. 설계유량에 따른 정격부하발전량과 발전량의 변화(남평보)

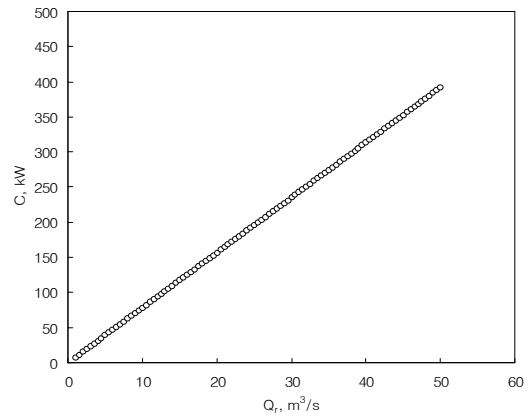


그림 5. 설계유량에 따른 시설용량의 변화(남평보)

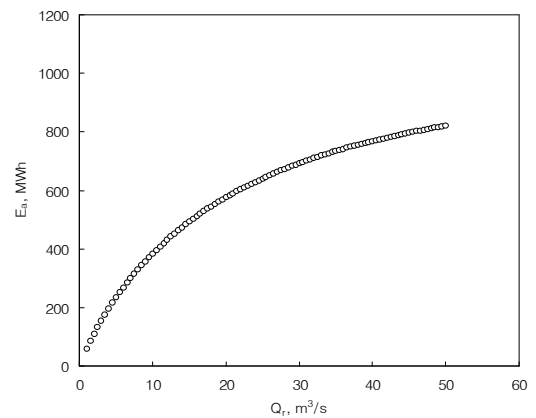


그림 6. 설계유량에 따른 연간발전량의 변화(남평보)

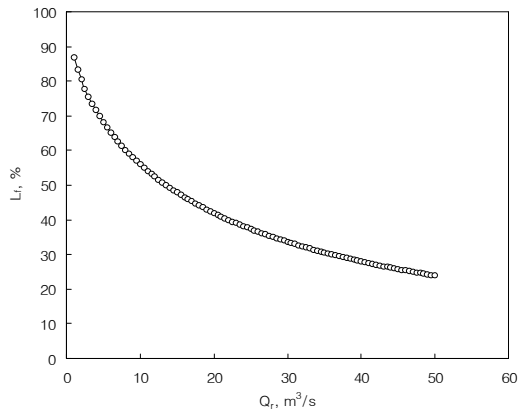


그림 7. 설계유량에 따른 설비가동율의 변화(남평보)

그림 5는 남평보 소수력 발전시설 후보지의 설계유량의 변화에 따른 시설용량의 변화를 나타내는 그림이다. 시설용량 C는 설계유량 21.0m³/s에서 164.64kW로 산정된다.

그림 6은 남평보 소수력 발전시설 후보지의 설계유량변화에 따른 연간발전량의 변화를 나타내는 그림이다. 연간발전량 E_a는 설계유량 21.0m³/s에서 590.64MWh로 산정된다.

그림 7은 남평보 소수력 발전시설 후보지의 설계유량변화에 따른 설비가동율의 변화를 나타내는 그림이다. 설비가동율 L_r는 설계유량 21.0m³/s에서 41.0%로 산정된다.

남평보 소수력 발전시설 후보지에 높이 2m의 고무보를 설치하여 유효낙차 3.0m를 유지할 경우, 설계유량이 21.0m³/s로 시설용량은 495.0kW로 산정되며 연간발전량은 1,772MWh로 예상된다. 소수력 발전시설의 가동율은 유효낙차에 영향을 받지 않으므로 41.0%를 유지한다. 이 때 소수력발전시설의 건설비용은 30.5억원이 소요되는 것으로 추산되며, 발전시설 수명기간 35년에서의 B/C 비는 1.51로 산정되어 경제적 타당성을 유지하는 것으로 분석되었다. 또한 남평보 소수력 발전시설 후보지의 경우, 연간 약 1,548ton의 온실가스를 감축하는 것으로 분석되었다.

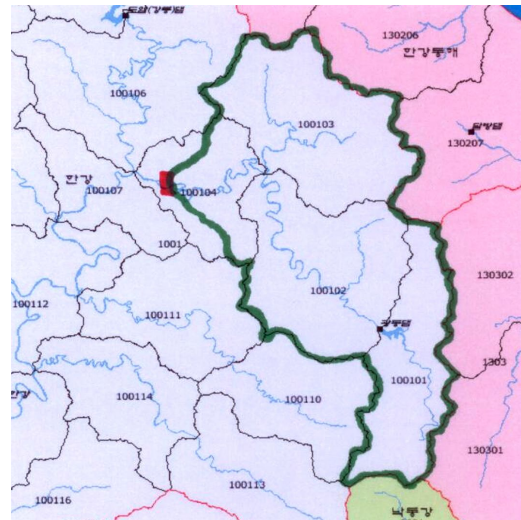


그림 8. 여량보의 유역면적도

그림 8은 여량보의 유역면적도를 보여준다.

그림 9는 여량보 소수력 발전시설 후보지에서의 유량지속특성을 나타내는 그림이다.

그림 10은 여량보 소수력 발전시설 후보지의 설계유량의 변화에 따른 정격부하발전량과 발전량의 변화를 나타내는 그림이다. 정격부하발전량 P₂는 설계유량 11.5m³/s에서 18.66kWh로 최대가 되며, 이 때 발전량 P_a는 37.7kWh를 나타낸다.

그림 11은 여량보 소수력 발전시설 후보지의 설계유량의 변화에 따른 시설용량의 변화를 나타내는 그림이다. 시설용량 C는 설계유량 11.5m³/s에서 90.16kW로 산정된다.

그림 12는 여량보 소수력 발전시설 후보지의 설계유량변화에 따른 연간발전량의 변화를 나타내는 그림이다. 연간발전량 E_a는 설계유량 11.5m³/s에서 330.3MWh로 산정된다.

그림 13은 여량보 소수력 발전시설 후보지의 설계유량변화에 따른 설비가동율의 변화를 나타내는 그림이다. 설비가동율 L_r는 설계유량 11.5m³/s에서 41.8%로 산정된다.

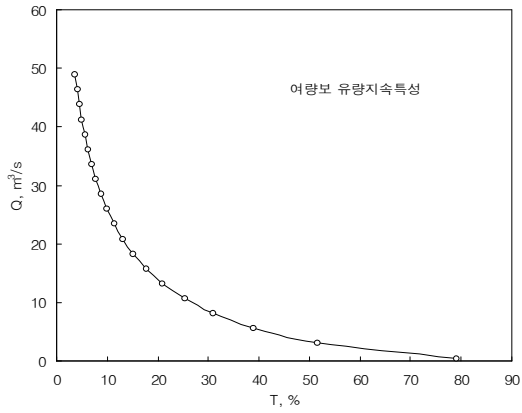


그림 9. 여량보에서의 유량지속곡선

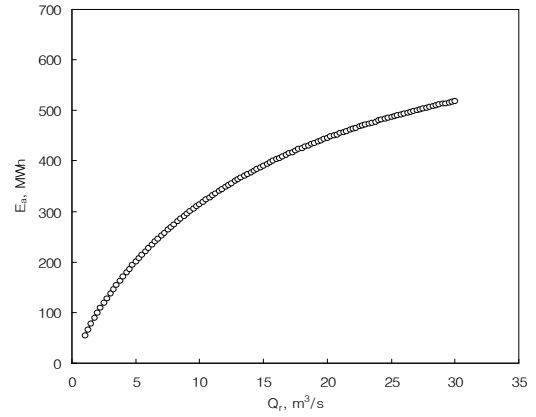


그림 12. 설계유량에 따른 연간발전량의 변화(여량보)

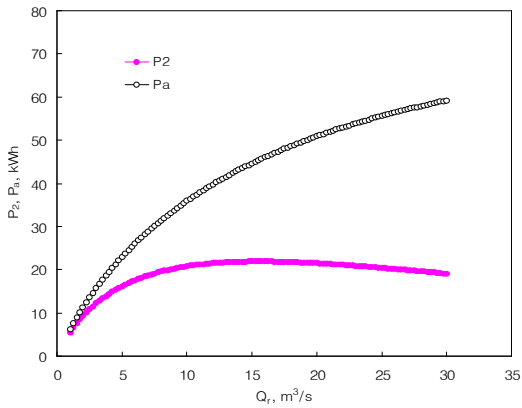


그림 10. 설계유량에 따른 정격부하발전량과 발전량의 변화(여량보)

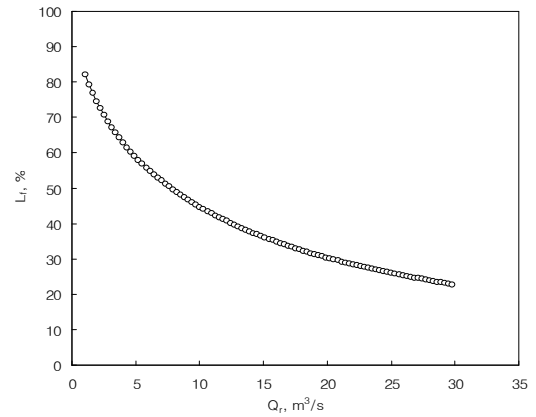


그림 13. 설계유량에 따른 설비가동율의 변화(여량보)

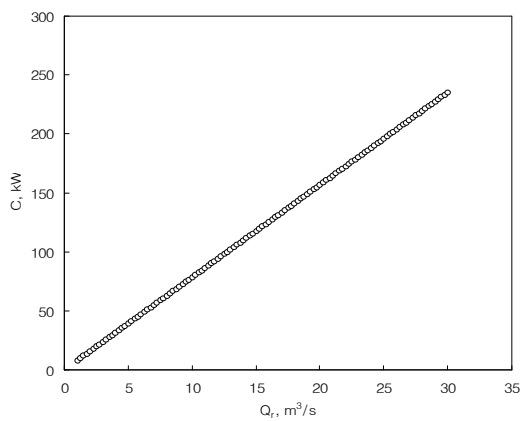


그림 11. 설계유량에 따른 시설용량의 변화(여량보)

여량보 소수력 발전시설 후보지에 높이 2.5m의 고무보를 설치하여 유효낙차 4.1m를 유지할 경우, 설계유량이 $11.5\text{m}^3/\text{s}$ 로 시설용량은 369.0kW로 산정되며 연간발전량은 1,351MWh로 예상된다. 소수력 발전시설의 가동율은 유효낙차에 영향을 받지 않으므로 41.8%를 유지한다. 이 때 소수력발전시설의 건설비용은 26.0억원이 소요되는 것으로 추산되며, 발전시설 수명기간 35년에서의 B/C 비는 1.35로 산정되어 경제적 타당성을 유지하는 것으로 분석되었다. 또한 여량보 소수력 발전시설 후보지의 경우도 마찬가지로, 연간 약 1,164ton의 온실가스를 감축하는 것으로 분석되

었다.

4. 결 론

기존의 농업용 보의 높이가 낮은 경우, 보 상단에 고무보를 설치하여 유효낙차를 증가시켜 소수력발전소를 건설할 경우 경제적 타당성이 충분한 것으로 분석되었다. 또한 어도가 설치되어 있지 않은 기존의 취수보에 대하여 어도를 신규로 설치하여 소수력발전소를 건설함으로써 취수보 상.하류의 어종 교류 등의 환경적인 문제도 해결할 수 있다. 농업용 보를 이용하여 소수력발전설비를 구축할 경우, 유향자원인 하천유수를 이용하여 소수력발전이 가능하며, 환경친화적인 에너지를 생산하여 석유 등 에너지 수입대체 효과를 기대할 수 있다. 또한 농업용 보를 이용한 소수력 발전을 통해 전 세계적으로 관심이 높아지고 있는 '온실가스 배출 감축' 노력에 동참함으로써 선진형 기후변화 대응체계에 적용할 수 있으며, 유엔의 청정개발체제(CDM: Clean Development Mechanism)사업과 부응하는 신재생에너지 개발 사업이므로 국가차원에서의 적극적인 개발이 요구된다.

참고문헌

1. 김길호, 이충성, 이진희, 심명필, "경제성분석에 의한 소수력개발의 최적규모 결정방안", 한국수자원학회논문집, 제40권, 제12호, 2007.
2. 박완순, 이철형, "강우상태에 의한 소수력발전소 설계인자의 영향", 한국태양에너지학회논문집, Vol.28. No. 1, 2008.
3. 박완순, 이철형, "유입량 변화에 의한 소수력발전소의 수문학적 성능특성 변화", 한국수자원학회논문집, 제43권, 제4호, 2010.
4. 박완순, 이철형, "수계별 소수력자원의 수문학적 성능특성", 한국태양에너지학회, Vol. 30, NO. 2, 2010.
5. 국토해양부, "국가수자원관리종합정보시스템", www.wamis.go.kr
6. 국토해양부 한강홍수통제소, "한국하천일람", 발간등록번호 11-1611492-000050-01, 2008.
7. 건설교통부, "수자원장기종합계획(2006- 2020)", 2006.
8. 김경남, 김범수, "강원도 소수력발전의 현황과 과제", 강원발전연구원 정책브리핑 제 69호, 2010.