

Micro급 수력발전입지의 성능특성 분석

박완순*, 이철형**

* 한국에너지기술연구원 책임연구원 (pwsn@kier.re.kr)

** 한국에너지기술연구원 책임연구원 (lchg@kier.re.kr)

Performance Characteristic Analysis of Micro Hydropower Sites

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

* Dept. of Renewable Energy Research, Ph.D., Korea Institute of Energy Research(pwsn@kier.re.kr)

** Dept. of Renewable Energy Research, Ph.D., Korea Institute of Energy Research(lchg@kier.re.kr)

Abstract

A methodology to evaluate the performance analysis for micro hydropower sites has been studied. It consists of two main parts; flow duration function which can describe micro hydropower sites and performance analysis to estimate the output characteristics of micro hydropower plants. The output performance characteristics for Magok stream was analyzed, using developed model. Also, primary design specifications such as design flowrate, installed capacity, operational rate and annual electricity production were estimated and discussed. Additionally, it was found that the developed model in this study is useful tool to estimate feasibility assessment for micro hydropower sites.

Keywords : Micro급 수력발전입지(Micro hydropower sites), 성능분석(Performance analysis), 시설용량(Installed capacity), 가동율(Operational rate)

기 호 설 명

$D(Q)$: 유량지속함수
 $F(Q)$: 누적밀도함수
 P_a : 전기생산량, kWh
 P_1 : 부분출력, kWh
 P_2 : 정격출력, kWh
 $P(Q)$: 확률밀도함수
 Q_r : 설계유량, m³/sec
 α : Weibull 분포의 형상모수

β : Weibull 분포의 척도모수, m³/sec

1. 서 론

부존자원이 부족하여 해외에너지 의존도가 97% 이상을 상회하고, 유가의 불안정, 지구 온난화에 대한 범세계적인 규제 등 우리나라의 현실을 감안하면 재생에너지의 적극적인 개발을 통해 부존자원의 활용도를 극대화할 수 있는 방안을 적극 강구해야 할 것이다.

수력자원은 순수 부존자원이며, 무공해 청정에너지로서 잠재량의 약 4.0% 정도 밖에 개발되지 않은 개발가능성이 큰 에너지원으로써, 수력자원면에서 유럽의 여러 나라에 뒤지지 않는 우리 나라에서는 일반하천 개발의 경우 댐 건설에 따른 환경피해를 염려한 지역주민의 인식 부족 등으로 활성화되지 않고 있다.

본 연구에서는 수력개발에 관한 민원 등의 사유가 없고, 미활용 되는 100kW 미만의 Micro급 수력자원인 하천 상류에 위치한 마곡천을 이용한 초기설계 및 성능분석에 관하여 논의하였다.

2. Micro급 수력발전소의 출력성능특성

Micro급 수력발전소를 계획하기 위하여는 먼저 입지에 대한 유량지속특성을 분석하여야 한다. Micro급 수력발전입지의 강수관측소에서 관측된 강수자료를 Weibull분포를 이용하여 특성화하면 다음과 같이 확률분포 함수와 누적밀도함수로 표시된다.

$$P(Q) = (\alpha/\beta)(Q/\beta)^{\alpha-1} \exp\{-(Q/\beta)^\alpha\} \quad (1)$$

$$F(Q) = \int_0^Q P(Q)dQ = 1 - \exp\{-(Q/\beta)^\alpha\} \quad (2)$$

또한 유량지속함수는 누적밀도함수와의 관계를 이용하여 다음과 같이 구해진다.

$$D(Q) = 1 - F(Q) = \exp\{-(Q/\beta)^\alpha\} \quad (3)$$

Micro급 수력발전입지에서 얻을 수 있는 순수한 수력에너지는 다음과 같다.

$$P_i = \rho g Q H_e \quad (4)$$

Micro급 수력발전입지에서 얻을 수 있는 평균에너지량은 Weibull분포를 이용하여

다음과 같이 구할 수 있다.

$$P_{im} = \rho g H_e \int_0^\infty Q P(Q) dQ = \rho g H_e \beta \Gamma(1+1/\alpha) \quad (5)$$

여기서 $\Gamma(1+1/\alpha)$ 는 감마함수를 나타낸다.

그림 1은 단위낙차, 단위시간당, 단일기로 구성된 Micro급 수력발전소에 대해 유량 변화에 대한 출력의 변화를 나타내는 그림이다. 순수한 Micro급 수력에너지 P_i 는 유량변화에 따라 선형적으로 변하게 되지만 발전소의 출력 P_a 는 발전소의 설계유량 Q_r 이 존재하기 때문에 특성이 바뀌게 된다.

Micro급 수력발전소에서 단위시간당 생산되는 평균전기에너지양 P_a 를 구하면 다음과 같다.

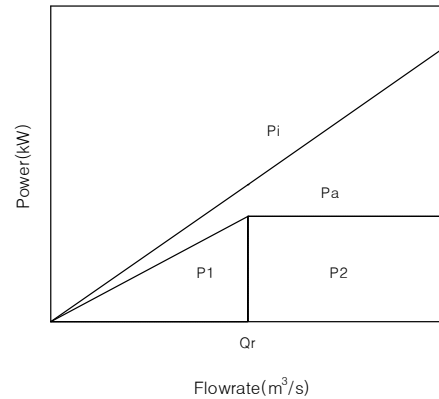


그림 1. Micro 수력발전소의 출력특성

$$\begin{aligned} P_a &= \rho g H_e \eta \left[\int_0^{Q_r} P(Q) Q dQ + Q_r \int_{Q_r}^\infty P(Q) dQ \right] \\ &= \rho g H_e \eta (S_1 + S_2) \\ &= P_1 + P_2 \end{aligned} \quad (6)$$

Micro급 수력발전입지의 설비용량 C , 연평균가동율 L_f 그리고 연간전기생산량 E_a 는 다음과 같다.

$$C = \rho g H_e Q_r \quad (7)$$

$$L_f = (S_1 + S_2) / Q_r \quad (8)$$

$$E_a = 8,760 C L_f \quad (9)$$

3. 결과분석 및 검토

본 연구의 결과를 도출하기 위하여 마곡사 인근 마곡천을 대상으로 성능을 분석하였다.

마곡천은 충남 공주에 위치하고 있으며, 유역면적은 26.4 km^2 이다.

표 1은 마곡천 유역면적의 특성을 나타낸다.

표 1. 유역면적의 특성

관측 소명	유역면적 (km^2)	가중치 (W,%)	척도모수 ($\beta, \text{m}^3/\text{s}$)	형상모수 (α)
경안	26.4	100	0.012236	0.650118

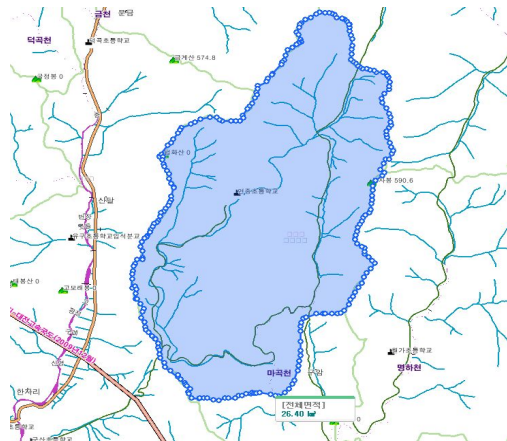


그림 2. 유역면적도

그림 2와 그림 3은 각각 Micro 수력발전 입지인 마곡천의 유역면적과 유량지속곡선을 나타낸다.

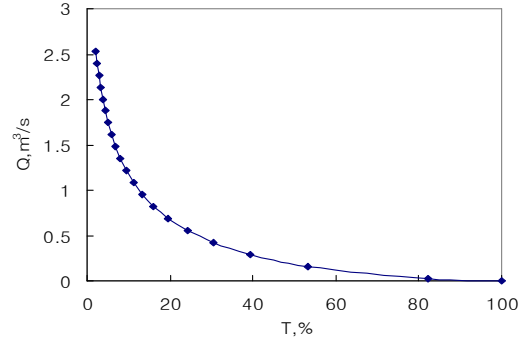


그림 3. 유량지속곡선

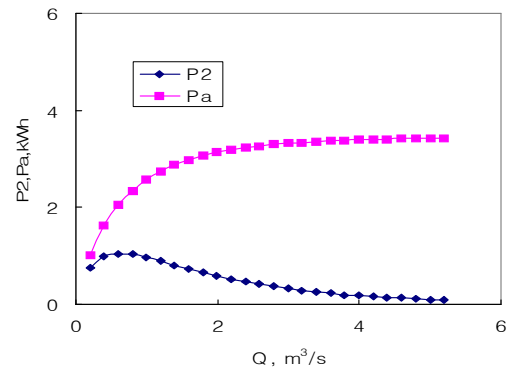


그림 4. 정격출력과 단위시간당 생산되는 평균 전기에너지량

그림 4는 Micro 수력발전입지의 정격출력과 단위시간당 생산되는 평균 전기에너지량을 나타낸다. 여기서 시스템 설계시 정격출력이 최대가 되는 유량을 설계유량으로 한다.

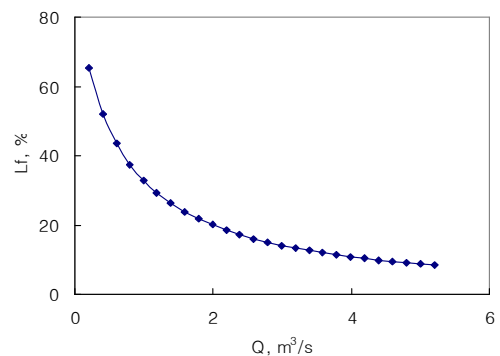


그림 5. 연평균 가동율

그림 5와 그림 6은 각각 Micro 수력발전입지의 연평균 가동율과 단위 유효낙차당 시설용량을 나타낸다.

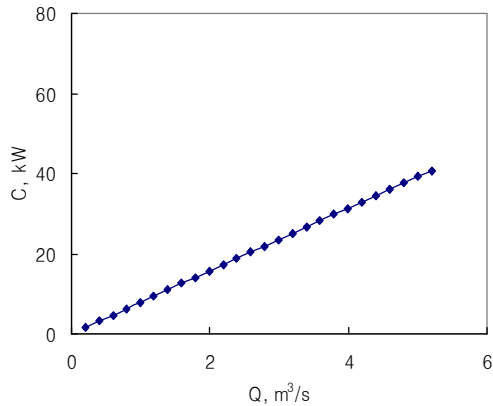


그림 6. 단위유효낙차당 시설용량

그림 7은 유량변화에 따른 Micro 수력발전입지의 연간전기생산량을 나타내며, 일반적으로 설계유량이 증가함에 따라 증가하나 설계유량이 점차 커지면 증가율은 서서히 둔화된다. 이는 설계유량이 커짐에 따라 연평균가동율은 점차 감소하기 때문에 나타나는 현상이다.

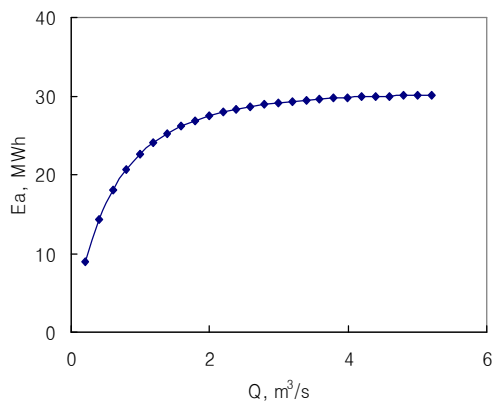


그림 7. 연평균 연간전기생산량

마곡사 인근의 Micro급 수력발전입지에 대한 성능을 분석한 결과, 단위 유효낙차당

설비규모는 표 2와 같이 요약된다.

표 2. 단위유효낙차당 Micro급 수력발전입지의 설비규모

구분	설계 유량 (m³/s)	설비 용량 (kW)	연평균 가동율 (%)	전기 생산량 (MWh/년)
마곡천	0.65	5.09	41.9	18.74

4. 결 론

본 연구에서 개발된 성능특성 분석기법은 하천의 최상류에 위치하는 Micro급 수력발전입지의 초기설계 및 성능을 분석·예측하는데 효과적으로 사용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 이철형 외, 소수력자원의 정밀조사 및 최적개발분석 연구, 한국에너지기술연구소, 연구보고서, 1992.
2. 이철형 외, 소수력발전소 건설 타당성조사 기본계획 연구, 한국에너지기술연구소, 연구보고서, 1997.
3. Noyes, R., Small and Micro Hydro Electric Power Plants; Technology and Feasibility, Energy Technology Review No.60, Noyes Data Corporation, U.S.A., 1980.
4. 박완순, 이철형, "소수력발전소의 성능예측기법에 관한 연구", 한국수자원학회, 춘계학술대회, 2003.
5. 박완순외, "환경친화적 소수력자원조사 및 활용기술개발", 한국에너지기술연구원, 연구보고서, 2006.