

물관련 시설물을 이용한 소수력발전 성능특성 분석

Performance Analysis of Small Hydropower for Water Treatment Facilities

박완순*, 이철형*
Wan Soon Park, Chul Hyung Lee

요 지

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.

소수력자원은 순수 부존자원이며, 무공해 청정에너지로서 잠재량의 약 3.0% 정도 밖에 개발되지 않은 개발가능성이 큰 에너지원으로써, 소수력자원면에서 유럽의 여러 나라에 뒤지지 않는 우리나라에서는 일반하천 개발의 경우 댐 건설에 따른 환경피해를 염려한 환경단체와 지역주민의 인식 부족 등으로 활성화되지 않고 있다.

본 연구에서는 소수력개발에 관한 민원 등의 사유가 없고, 미활용되는 소수력자원을 가지고 있는 농업용 저수지, 농업용 보, 하수처리장 및 정수장 등의 물 관련 설비를 이용한 소수력발전의 초기설계 및 성능특성 분석에 관하여 논의하였다.

농업용 저수지는 경상북도 경주시 덕동리에 위치한 덕동저수지를 대상으로 하였으며, 그림 1과 그림 2는 덕동저수지의 유량지속곡선과 성능특성 분석결과를 보여준다.

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.

소수력자원은 순수 부존자원이며, 무공해 청정에너지로서 잠재량의 약 3.0% 정도 밖에 개발되지 않은 개발가능성이 큰 에너지원으로써, 소수력자원면에서 유럽의 여러 나라에 뒤지지 않는 우리나라에서는 일반하천 개발의 경우 댐 건설에 따른 환경피해를 염려한 환경단체와 지역주민의 인식 부족 등으로 활성화되지 않고 있다.

본 연구에서는 소수력개발에 관한 민원 등의 사유가 없고, 미활용되는 소수력자원을 가지고 있는 농업용 저수지, 농업용 보, 하수처리장 및 정수장 등의 물 관련 설비를 이용한 소수력발전의 초기설계 및 성능특성분석에 관하여 논의하였다.

2. 소수력발전소의 출력성능특성

소수력발전소를 계획하기 위하여는 먼저 후보지에 대한 유량지속특성을 분석하여야 한다. 소수력발전후보지의 유량자료를 Weibull분포를 이용하여 특성화하면 다음과 같이 확률분포함수와 누적밀도함수로 표시된다.

*정회원 · 한국에너지기술연구원 책임연구원 · 공학박사 · E-mail: pwsn@kier.re.kr
*정회원 · 한국에너지기술연구원 책임연구원 · 공학박사 · E-mail: lchg@kier.re.kr

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

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

Weibull분포의 형상계수 α 와 척도계수 β 는 식(2)와 In least square method를 이용하여 구할 수 있으며, 또한 소수력발전후보지에서의 유량지속특성을 나타내는 유량지속함수는 누적밀도함수와의 관계를 이용하여 다음과 같이 구해진다.

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

소수력발전후보지에서 얻을 수 있는 순수한 소수력에너지는 다음과 같다.

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

소수력발전후보지에서 얻을 수 있는 평균에너지양은 Weibull분포를 이용하여 다음과 같이 구할 수 있다.

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

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

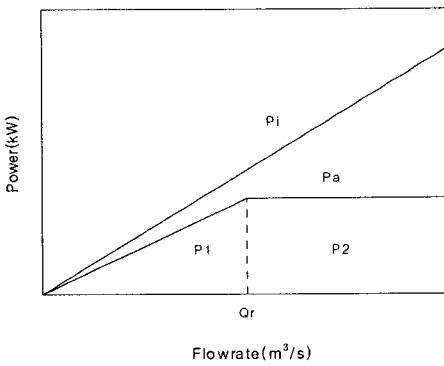


그림 1. 소수력발전소의 출력 특성

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

소수력발전소의 출력은 설계유량 이하에서는 유량변화에 따라 거의 선형적으로 변하게 되지만, 발전설비의 효율로 인하여 순수한 소수력에너지보다 항상 적은 값을 갖는다. 또한 설계유량 이상에서는 설계유량에 해당하는 유량만을 사용하고 이를 초과하는 유량은 월류시켜 방류하기 때문에 출력은 일정하게 유지된다.

따라서 소수력발전소에서 단위시간당 생산되는 평균전기에너지양 P_e 를 구하면 다음과 같다.

$$P_e = \rho g H_e n_s \int_0^{Q_r} Q P(Q) dQ + \rho g H_e n_s Q_r \int_{Q_r}^{\infty} P(Q) dQ \quad (6)$$

식(5)를 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} P_e &= \rho g H_e n_s \left[\int_0^{Q_r} P(Q) dQ + Q_r \int_{Q_r}^{\infty} P(Q) dQ \right] \\ &= \rho g H_e n_s (S_1 + S_2) \\ &= P_1 + P_2 \end{aligned} \quad (7)$$

여기서 S_2 는 다음과 같이 해석적으로 값을 구할 수 있다.

$$S_2 = Q_r \exp \left[- \left(\frac{Q_r}{\beta} \right)^a \right]$$

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

$$C = \rho g H_e Q_r \quad (8)$$

$$L_f = (S_1 + S_2)/Q_r \quad (9)$$

$$E_a = 8,760 C L_f \quad (10)$$

3. 결과분석 및 검토

본연구의 결과를 도출하기 위하여 농업용 저수지, 농업용 보, 하수처리장 및 정수장 등을 대상으로 성능특성을 분석하였다.

농업용 저수지는 경상북도 경주시 덕동리에 위치한 덕동저수지를 대상으로 하였다. 덕동저수지는 유역면적이 51.7km^2 인 농업용 저수지로써 그림 2는 덕동저수지의 전경을 보여준다. 농업용 보는 저수지는 충청북도 청주시 흥덕군 원평동에 위치한 작천보를 대상으로 하였다. 작천보는 유역면적이 890km^2 인 농업용 보로써 그림 3은 작천보의 전경을 보여준다. 하수처리장은 전라남도 순천시 대평동에 위치한 순천하수처리장을 대상으로 하였으며, 정수장은 인천광역시 남동구 장수동에 위치한 남동정수장을 대상으로 하였다.

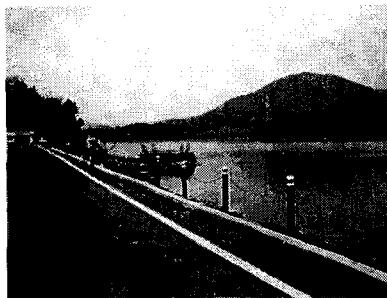


그림 2. 덕동저수지 전경



그림 3. 작천보의 전경

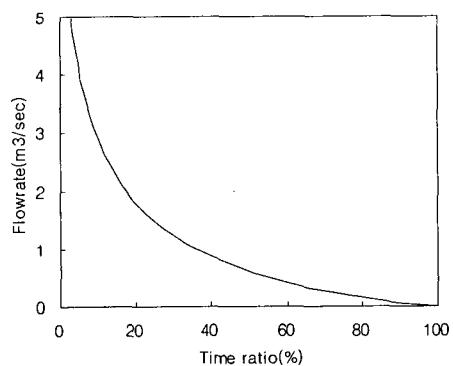


그림 4. 덕동저수지의 유량지속곡선

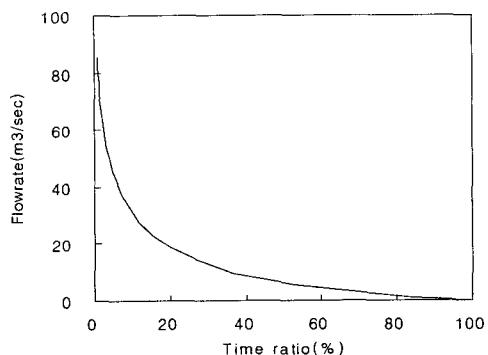


그림 5. 작천보의 유량지속곡선

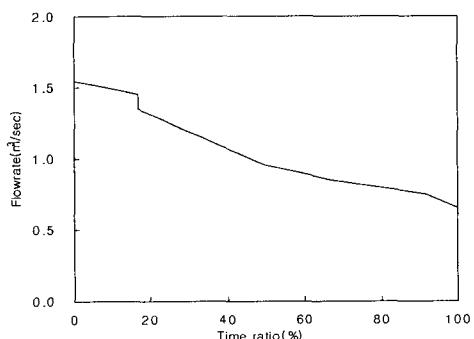


그림 6. 순천하수처리장의 유량지속곡선

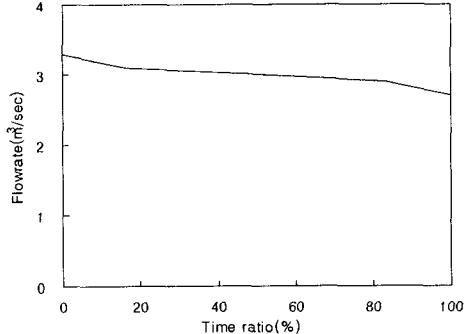


그림 7. 남동정수장의 유량지속곡선

그림 4.~그림 7.은 각 후보지별 유량지속곡선을 보여주는 것으로 농업용 저수지와 농업용 보의 경우, 하수처리장과 정수장의 경우, 유량지속곡선의 형상이 유사하게 나타나는 것을 보여준다.

그림 8.~그림 11.은 각 후보지별 성능특성을 나타내는 것으로 유량지속곡선과 마찬가지로 농업용 저수지와 농업용 보의 경우, 하수처리장과 정수장의 경우, 성능특성곡선의 형상이 유사하게 나타나는 것을 보여준다.

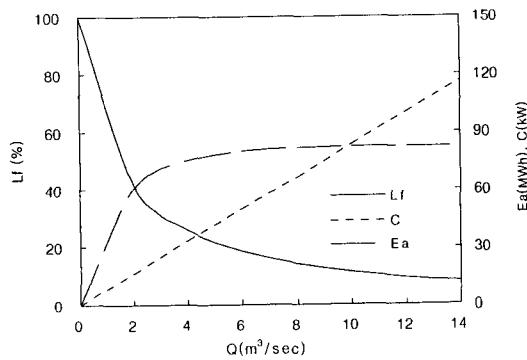


그림 8. 덕동저수지의 설비용량, 가동율 및 연간발전량의 변화

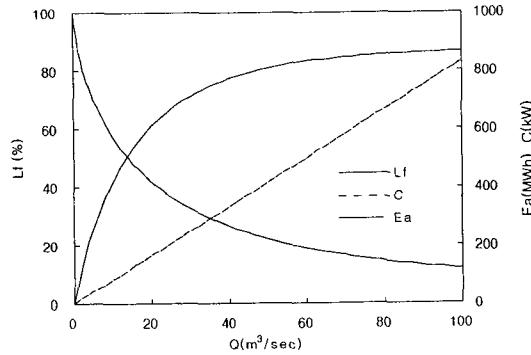


그림 9. 작천보의 설비용량, 가동율 및 연간발전량의 변화

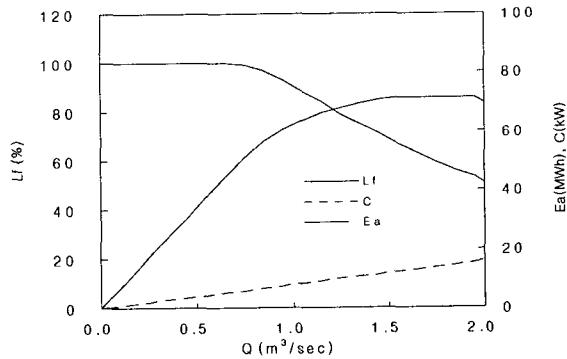


그림 10. 순천하수처리장의 설비용량, 가동율 및 연간발전량의 변화

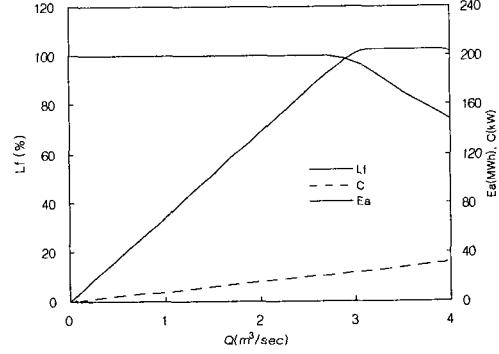


그림 11. 남동정수장의 설비용량, 가동율 및 연간발전량의 변화

5. 결 론

본 연구에서 개발된 성능특성 분석기법은 미활용되는 소수력자원을 가지고 있는 농업용저수지, 농업용 보, 하수처리장 및 정수장 등의 물 관련 설비를 이용한 소수력발전의 초기설계 및 성능특성을 예측하는데 효과적으로 사용될 수 있다.

참 고 문 헌

1. 박완순외(2006), "환경친화적 소수력자원조사 및 활용기술개발", 한국에너지기술연구원.
2. 이철형외(1997), "소수력발전소 건설 타당성조사 기본계획 연구", 한국에너지기술연구소..