

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 21, No. 1, 2001

소수력발전 성능특성 분석기법 연구

박완순, 이철형

한국에너지기술연구원

Performance Analyzing Technique of Small Hydro Power

W. S. Park, C. H. Lee

Korea Institute of Energy Research

Abstract

A methodology to predict the output performance of small hydro power using discharge of sewage treatment plant has been studied. Two sewage treatment plants existing in Chunrabuk-Do were selected and the output performance characteristics for these plants were analyzed, using developed model.

As a result, it was found that the developed model in this study can be used to analyze the output characteristics for small hydro power using discharge of sewage treatment plant. Additionally, primary design specifications such as design flowrate, capacity, operational rate and annual electricity production were estimated and discussed for two plants.

1. 서 론

물은 인간의 생명을 유지하기 위한 필수 불가결한 물질이며, 인류문명의 발달에 고귀한 자원이다. 지구 전체적으로 보면 물은 다량으로 존재하나 이용하기 용이한 형태의 자원으로 보면 지역과 계절에 따라 국부적으로 존재하며, 이용가능한

상태로 만드는 데에는 비용이 뒤따르게 된다. 현재까지 우리나라는 지역, 장소 및 용도에 따라서는 귀중한 자원으로 인식하지 않아도 비교적 용이하게 물을 이용하는 것이 가능하였으나 머지않아 물부족 국가로 진입하게 될 입장에 처해있는 현실이다.

문명의 발달과 인간의 생활이 윤택해짐에 따라

산업체와 개인별 사용하는 물의 양이 증가하고 따라서 하수의 양도 비례하여 증가하고 있다. 최근 환경오염 및 문화생활의 향상으로 인한 하수처리량의 증가로 인해 하수처리장의 중요성이 재인식되고 있다. 2000년 말을 기준으로 우리나라에서 운영되고 있는 하수처리장의 수는 150개소이며, 2005년까지 157개소를 신설할 계획으로 있으므로 지방자치단체를 중심으로 하수처리장의 방류수를 이용한 소수력개발의 확산으로 전기에너지생산을 통한 에너지절약 등으로 귀중한 수자원의 활용도를 증대시켜야 할 것이다. 본 연구에서는 하수의 재이용 방법 중 하수처리장의 방류수를 이용한 에너지생산 가능성을 고찰하였다.

하수처리장을 이용하여 소수력발전소를 건설할 경우, 기존 토목구조물을 이용하므로 일반 하천에 건설되는 소수력발전소와는 달리 댐건설 등에 소요되는 토목공사비가 거의 없어 초기투자비가 저감되며, 안정적인 유량확보로 시스템의 고효율 발전이 가능하고, 유지관리비가 적게 소요되는 장점이 있다.

이를 위하여 본 연구에서는 하수처리장의 소수력발전 성능특성에 대하여 논의하고 전주와 익산 하수처리장을 대상으로 소수력발전 가능성을 분석하였다. 분석결과, 제시된 방법이 하수를 이용한 소수력발전의 성능예측에 유용하게 사용될 수 있으며, 연구를 통하여 도출된 기본성능자료들은 하수처리장의 소수력발전소 건설시 활용될 수 있다는 것이 확인되었다.

2. 하수처리장의 소수력발전 성능특성

하수처리장의 소수력발전 가능성을 검토하기 위해서는 하수처리장의 본래의 목적인 하수처리공정에 지장을 초래하지 않고 계획된 하수처리량을 원활히 방류시키면서 소수력발전이 가능할 수 있도록 기술적인 특성분석이 필요하며, 이를

통하여 각 하수처리장에 적합한 발전규모, 발전소의 연평균가동율 및 연간발전량 등을 예측하여야 한다.

소수력발전소의 개발계획에 있어서 발전규모 및 연간발전량 등은 투자비의 규모, 손익분기점 등 편익분석에 가장 중요한 요소가 된다.

하수처리장의 방류수를 이용한 소수력발전은 월류댐을 갖는 일반 소수력발전과 마찬가지로 유량과 낙차로부터 에너지를 추출하는 것으로 소수력발전소에서 얻을 수 있는 순수한 소수력에너지는 다음과 같다.

$$P_i = \rho g Q H \quad (1)$$

그림 1.은 월류댐을 갖고 단일 발전기로 구성된 소수력발전소의 경우, 단위낙차, 단위시간당, 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 사용하

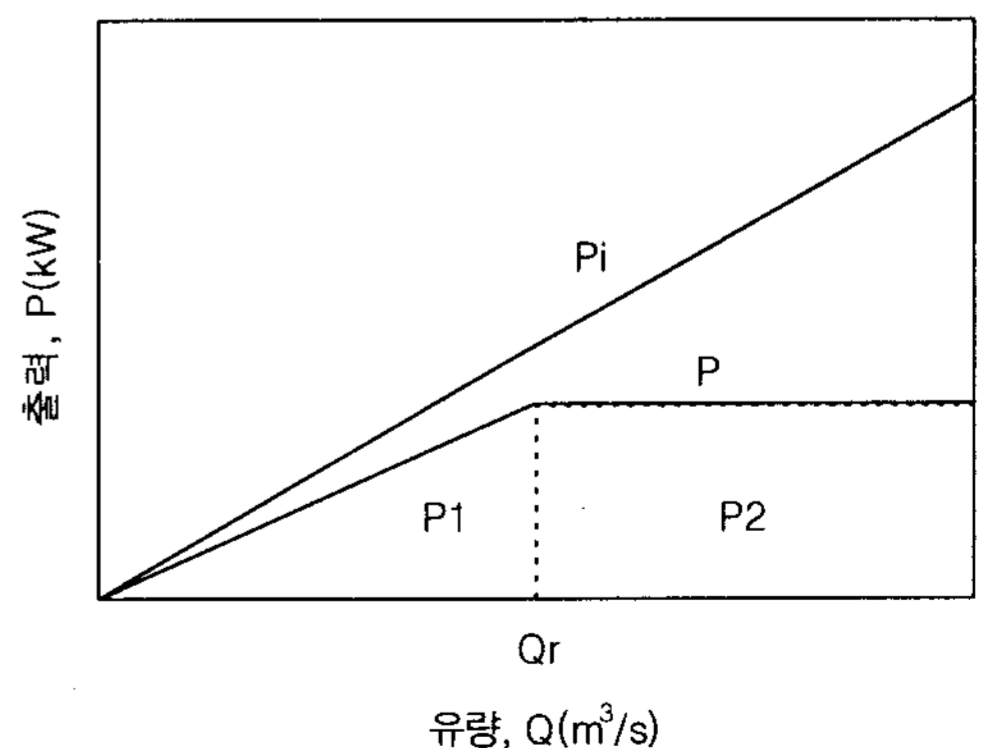


Fig. 1. 소수력발전소의 출력 특성

고 이를 초과하는 유량은 월류시켜 방류하기 때문에 출력은 일정하게 유지된다.

소수력발전소에서의 단위시간당 생산되는 평균 발전량 P_e 를 구하면 다음과 같다.

$$P_e = \rho g H_e \eta_s \left(\int_0^{Q_r} QP(Q)dQ + Q_r \int_{Q_r}^{\infty} P(Q)dQ \right) = \rho g H_e \eta_s (S_1 + S_2) \quad (2)$$

소수력발전소의 설비용량 C , 연평균가동율 L_f 그리고 연간발전량 E_a 는 다음과 같다.

$$C = \rho g H_e Q_r \quad (3)$$

$$L_f = (S_1 + S_2) / Q_r \quad (4)$$

$$E_a = 8,760 C L_f \quad (5)$$

3. 결과 및 검토

본 연구에서 분석대상으로 선정한 하수처리장은 전주하수처리장과 익산하수처리장은 일처리량이 각각 303,000m³/day, 100,000m³/day로 설계되어 있다. 그림 2와 그림 3은 각각 전주와 익산 하수처리장의 일별방류량을 나타낸다.

그림 4와 그림 5는 전주와 익산하수처리장의 유량변화에 따른 확률밀도의 분포를 나타낸다.

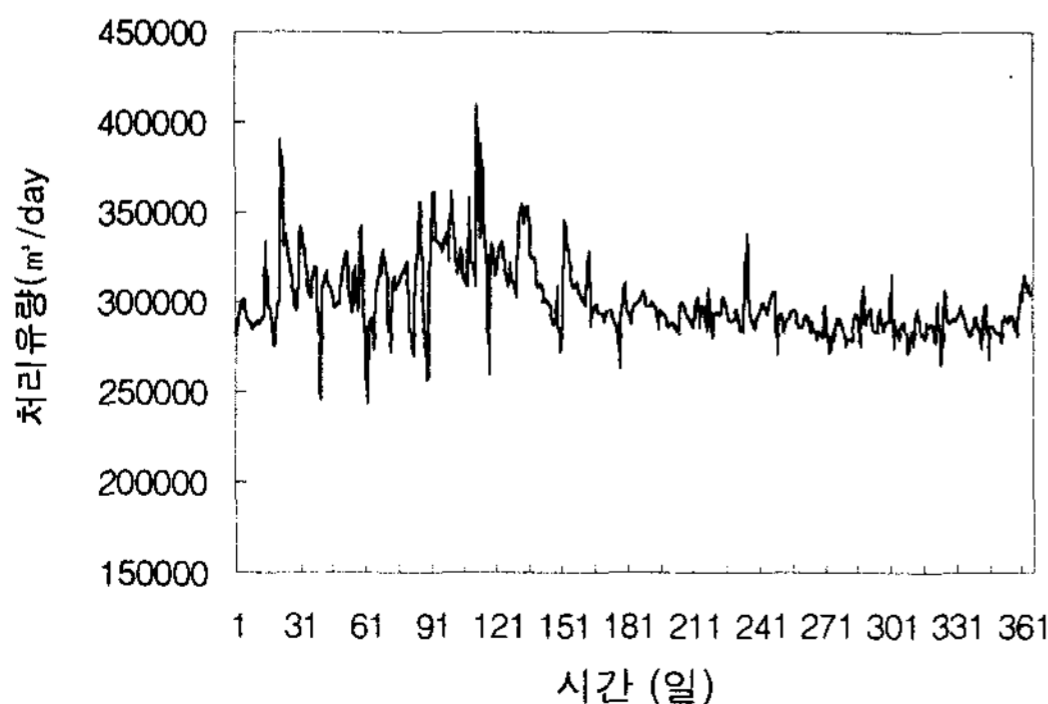


Fig. 2. 일별 하수처리량의 변화(전주)

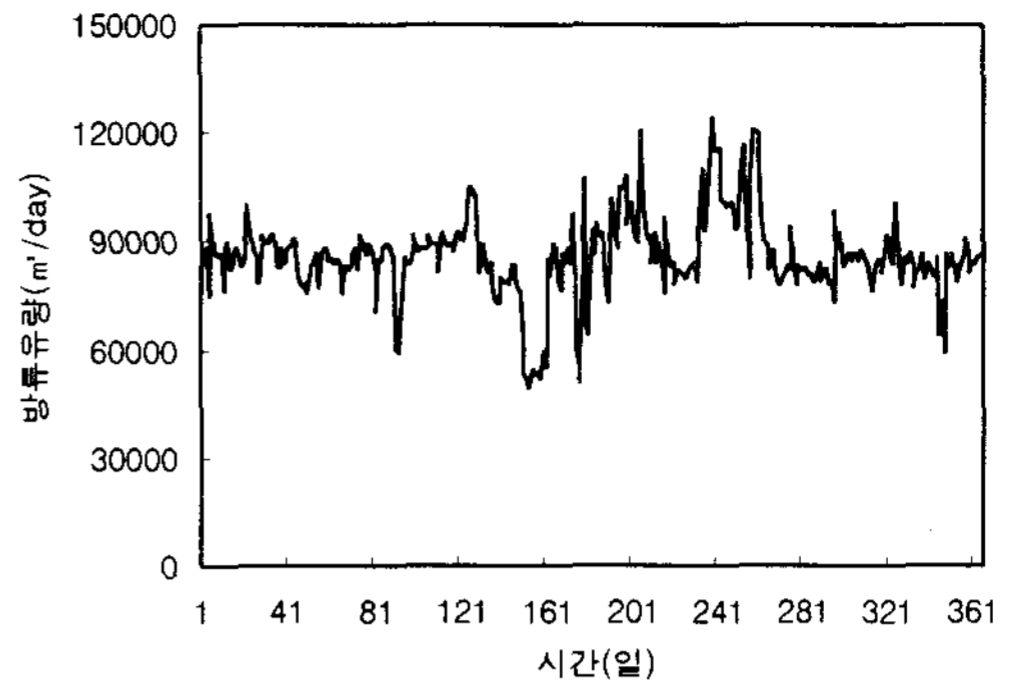


Fig. 3. 일별 하수처리량의 변화(익산)

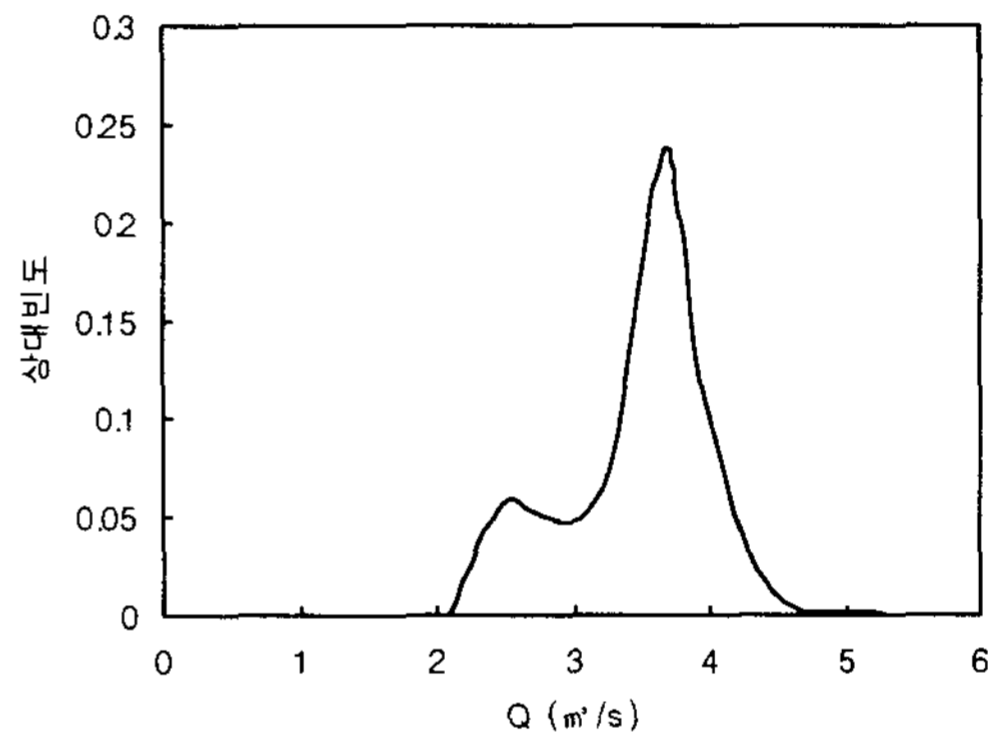


Fig. 4. 유량에 따른 확률밀도의 변화(전주)

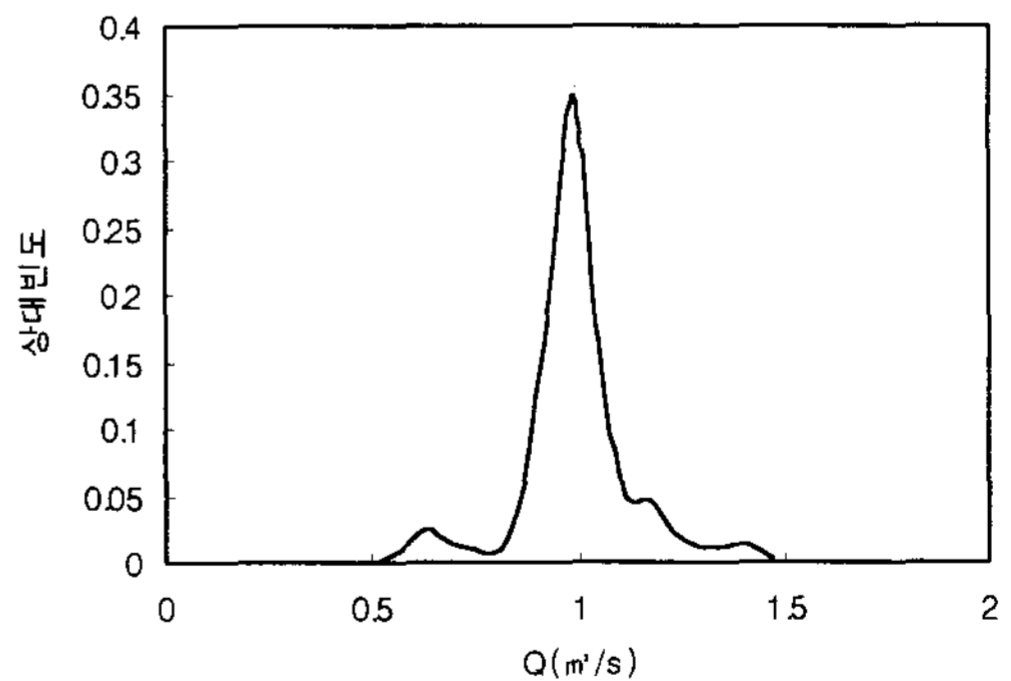


Fig. 5. 유량에 따른 확률밀도의 변화(익산)

하수처리장에서 방류되는 방류량자료를 이용하여 확률밀도함수 $P(Q)$ 를 산정하면, 누적밀도함수 $F(Q)$ 를 얻을 수 있다.

하수처리장의 방류량특성을 나타내는 유량지속 곡선 $D(Q)=1-F(Q)$ 의 관계를 가지므로 하수처리

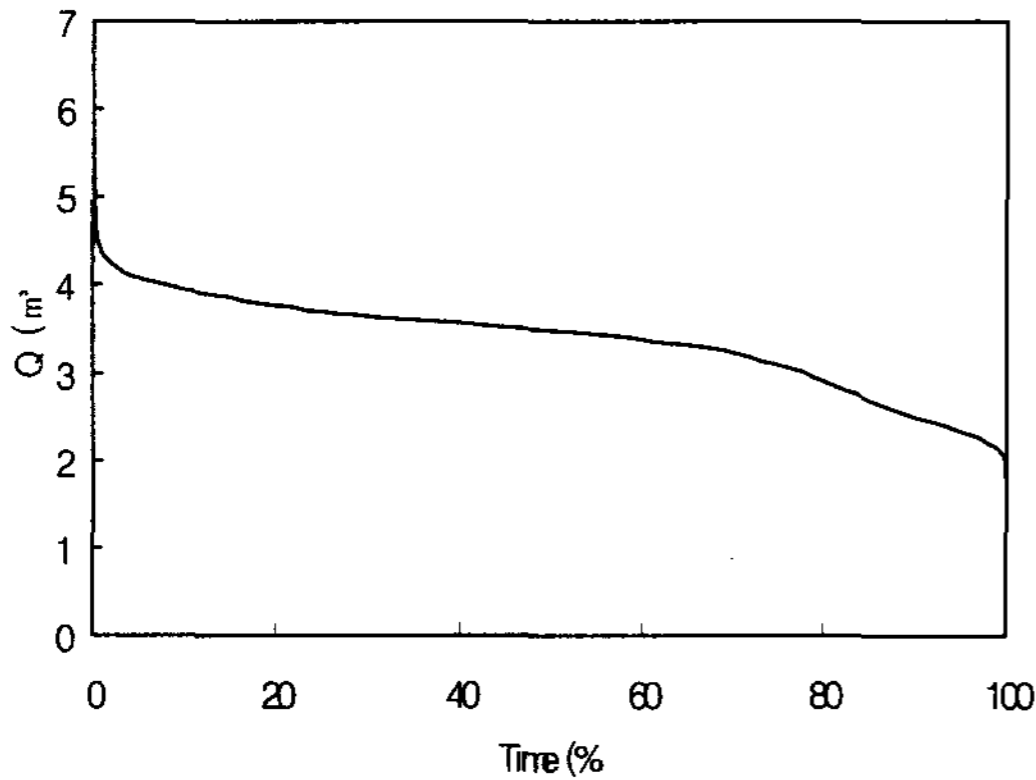


Fig. 6. 유량지속곡선(전주)

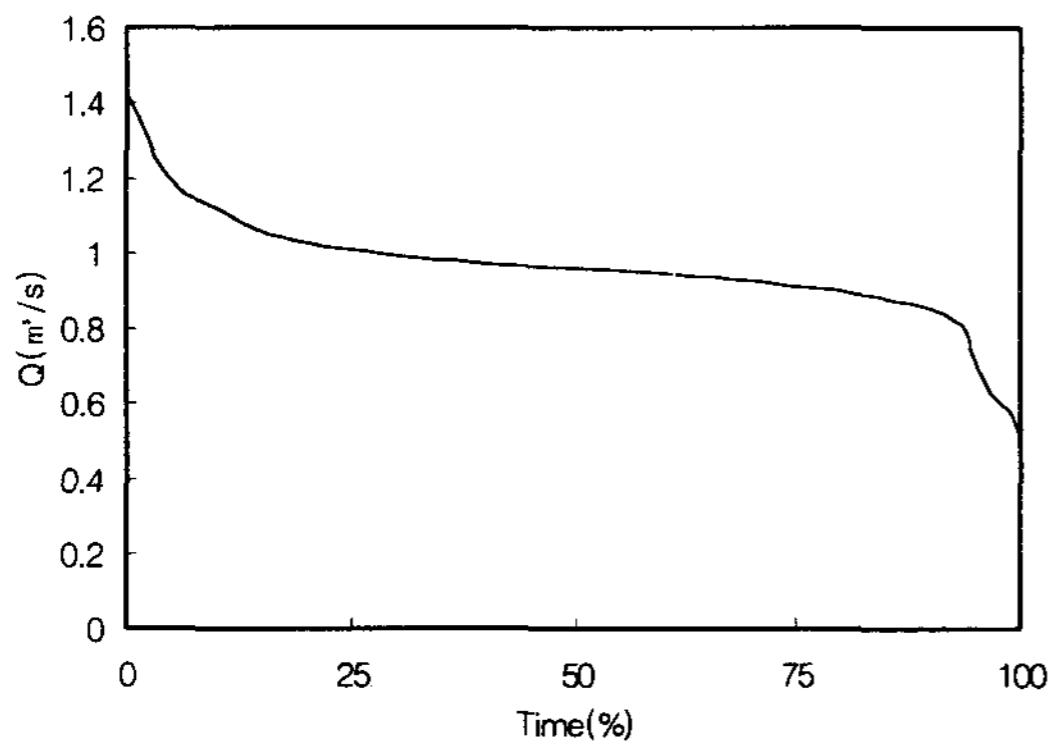


Fig. 7. 유량지속곡선(익산)

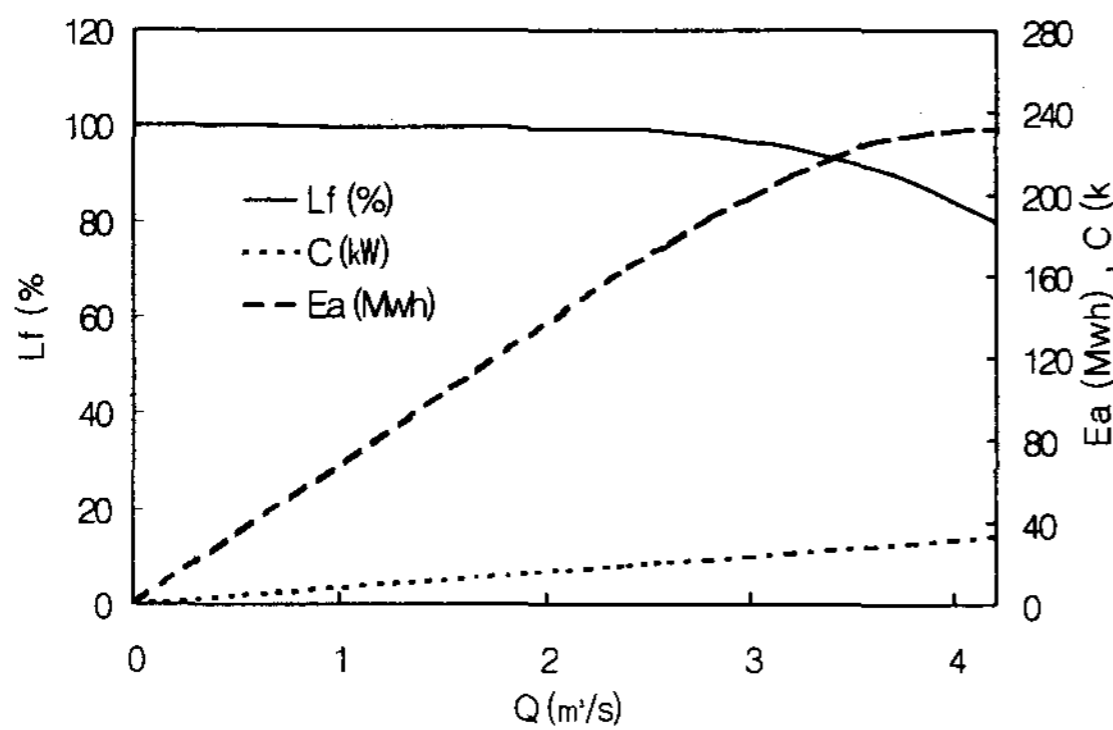


Fig. 8. 설계유량변화에 따른 가동율, 설비용량 및 연간발전량의 변화(전주)

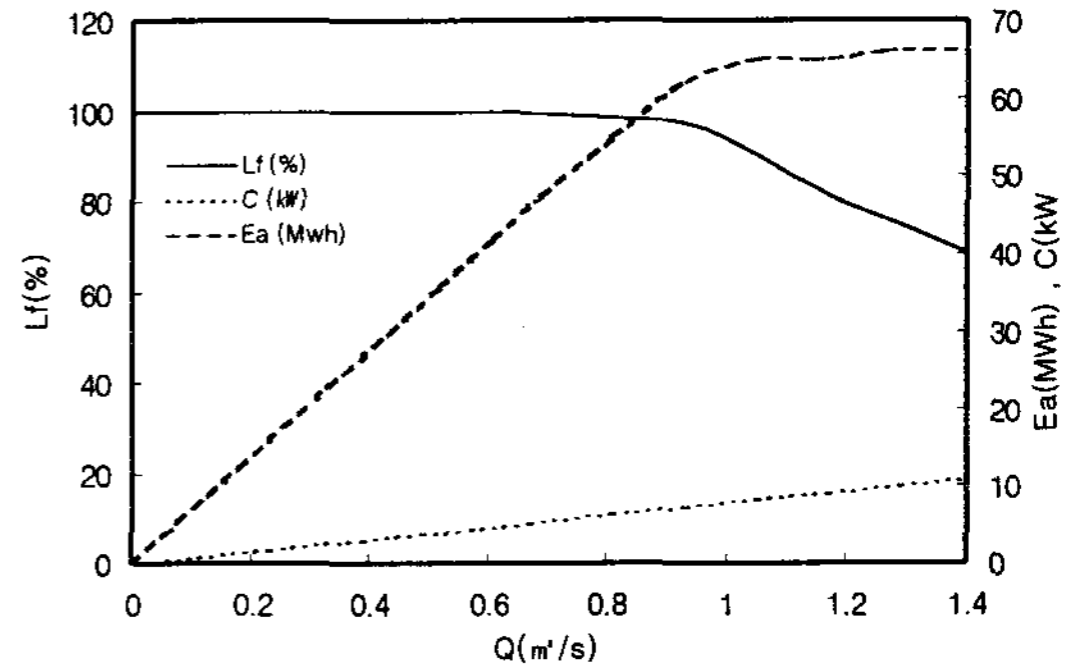


Fig. 9. 설계유량변화에 따른 가동율, 설비용량 및 연간발전량의 변화(익산)

장의 유량지속특성을 산정할 수 있다.

그림 6과 그림 7은 전주와 익산하수처리장의 유량지속곡선을 나타낸다.

그림 8과 그림 9는 전주와 익산하수처리장에 대한 설계유량의 변화에 따른 연평균가동율, 설비용량 및 연간 발전량의 변화를 나타내는 그림이다. 이 때 발전소의 총효율은 0.8로 가정하였고, 유효낙차는 단위 유효낙차를 적용하였다.

하수를 이용한 소수력발전소의 설비용량은 설계유량 변화에 따라 선형적으로 변하게 된다. 연평균가동율은 설계유량이 증가할 수록 감소하며, 설계유량이 작은 영역에서는 서서히, 큰 영역에서는 급히 감소하게 된다. 이러한 현상은 일반하천에 건설되는 소수력발전소의 성능특성과는 전혀 다른 현상으로, 유량지속특성이 크게 다르기 때문에 나타나는 현상이다. 연간발전량은 설계유량이 증가함에 따라 증가하게 되며, 설계유량이 점차 커지면 증가율이 서서히 둔화된다. 이러한 현상은 설계유량이 커짐에 따라 연평균가동율이 점차 감

Table 1. 소수력발전 설비규모

구분	유효낙차 (m)	설계유량 (m³/sec)	설비용량 (kW)	가동율 (%)	발전량 (MWh/년)
전주	3.2	3.50	90	92	725.3
익산	2.2	1.15	20	85	148.9

소하기 때문이다.

표 1은 하수처리장의 일처리용량을 소수력발전의 설계유량으로 채택하고, 기존설비에서의 유효낙차를 측정하여 소수력발전의 성능특성을 예상한 결과를 보여준다.

4. 결 론

본 연구를 통하여 하수처리장의 처리수를 이용한 소수력발전의 성능특성을 예측하는 방법이 제시되었다. 개발된 모델은 하수처리장의 방류수를 이용한 소수력발전소의 성능특성을 잘 표현하여 준다는 것이 밝혀졌으며, 초기설계시 본 모델을 이용함으로써 하수처리장 방류수를 이용한 소수력발전소의 설계에 관한 신뢰성을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지역에너지사업의 일환으로 전라북도의 지원으로 수행한 “하수처리장 미활용에너지이용 타당성조사 연구”의 일부임을 밝히며 관계자에 감사를 드립니다.

참 고 문 헌

1. Robert Noyes, “Small and Micro Hydroelectric Power Plants; Technology and Feasibility”, Energy Technology Review No.60, Noyes Data Corporation, U.S.A, 1980.
2. 이철형 외, “소수력발전소 건설타당성조사 기본계획 연구” 한국에너지기술연구소, 연구보고서, 1997. 충청북도 단양군.
3. 박완순외, “소수력발전소의 출력특성 분석, 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회 논문집, 1999.
4. 이철형외, “하수종말처리장의 소수력발전 타당성조사 연구” 한국에너지기술연구소, 연구보고서, 1999. 충청남도.
5. 이철형외, “하수종말처리장의 소수력발전 타당성조사 연구” 한국에너지기술연구소, 연구보고서, 2000. 충청북도.