

수계별 소수력자원의 특성 분석

박완순*, 이철형**

* 한국에너지기술연구원 책임연구원 (pwsn@kier.re.kr)

** 한국에너지기술연구원 책임연구원 (ichg@kier.re.kr)

Characteristic Analysis of Small Hydro Power Resources for River System

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

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

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

Abstract

Small hydropower resources for five major river systems have been studied. The model, which can predict flow duration characteristic of stream, was developed to analyze the variation of inflow caused from rainfall condition. And another model to predict hydrologic performance for small hydropower(SHP) plants is established. Monthly inflow data measured at Andong dam were analyzed. The predicted results from the developed models in this study showed that the data were in good agreement with measured results of long term inflow at Andong dam. It was found that the models developed in this study can be used to predict the available potential and technical potential of SHP sites effectively. Based on the models developed in this study, the hydrologic performance for small hydropower sites located in river systems have been analyzed. The results show that the hydrologic performance characteristics of SHP sites have some difference between the river systems. Especially, the specific design flowrate and specific output of SHP sites located on North Han river and Nakdong river systems have large difference compared with other river systems.

Keywords : 소수력자원(Small hydro power resources), 비가용량(Specific hydropower potential), 비설계유량(Specific design flowrate), 비출력량(Specific output), 가동율(Load factor)

1. 서 론

에너지자원이 절대 부족한 우리나라의 입장에서 에너지 해외의존도를 경감시키고 에너지를 안정시키기 위하여 부존에너지를 최대한 활용하는 것이 매우 중요하다. 소수력자원은 다른 신재생에너지원에 비하여 에너지밀도가 매우 크기 때문에 개발할 가치가 큰 부존자원으로 평가되고 있다.^{1),2)}

소수력자원의 개발을 위해서는 해당지점에서의 자원량의 산정이 매우 중요하다. 소수력자원산정에 기본이 되는 유입량에 대한 수문학적인 측정자료가 부족한 우리나라의 소수력발전입지에 대한 특성을 분석하기 위한 해석방법이 연구되어 왔다.^{3),4)}

본 연구에서는 수계별로 소수력발전입지에 대하여 비가용량의 특성을 분석하였으며, 소수력발전소 설계시 기본자료로 활용할 수 있는 연간가동율과 비설계유량 및 비출력량의 특징을 분석하였다. 소수력자원에 대한 분석 결과, 비가용량, 비출력량 및 비설계유량 등은 남한강, 금강, 섬진강수계의 경우에는 비교적 좁은 범위에서 분포되어 있으나, 북한강수계와 낙동강수계는 소수력발전입지의 위치에 따라 비가용량 및 비출력량이 큰 차이를 보이는 것으로 분석되었다.

2. 하천의 유량지속특성 분석

소수력발전소에서의 유량지속곡선을 나타내는 유량지속함수는 누가확률분포함수와와의 관계를 통하여 다음과 같이 구해진다.⁵⁾

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

3. 소수력발전소의 수문학적 성능특성 분석

Fig. 1은 낙차가 일정한 경우, 유입량변화에 따른 소수력발전입지에서의 출력의 변화를 나타내는 그림이다.

하천의 유입량은 항상 변하기 때문에 단위시간당의 이상적인 수력에너지는 다음과 같이 산정할 수 있다.

$$P_i = \rho g H \int_0^\infty Q P(Q) dQ \quad (2)$$

소수력가용량은 이상적인 수력에너지의 연간 총량으로써 다음과 같이 산정된다.

$$P_{ia} = 8760 P_i \quad (3)$$

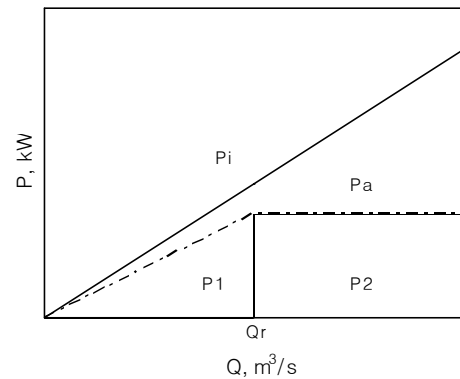


Fig. 1. Output of Small Hydropower Plant

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

$$P_a = \rho g H \eta \int_0^{Q_r} P(Q) Q dQ + \rho g H Q_r \eta \int_{Q_r}^\infty P(Q) dQ = P_1 + P_2 \quad (4)$$

소수력발전입지에 소수력발전소를 건설할 경우, 시설용량과 연간가동율은 다음과 같다.

$$C = \rho g H Q_r \eta \quad (5)$$

$$L_f = P_a / C \quad (6)$$

연간출력량은 소수력발전소에서 얻을 수

있는 연간 총에너지양이며, 다음과 같이 산정된다.

$$E_a = 8,760 C L_f \quad (7)$$

4. 결과 및 검토

소수력자원의 특성분석에 앞서 본 연구에서 개발된 유량지속함수의 유용성을 확인하기 위하여 유역면적이 $1,584\text{km}^2$ 인 낙동강수계의 안동댐에서 32년간('77~'08) 측정된 유입량자료를 분석하였다.

Fig. 2는 안동댐 유역의 32년간의 강수량 자료를 이용하여 유량지속특성을 예측한 것으로 식(1)의 유량지속함수가 실제 유입량 분석을 통하여 작성한 유량지속특성을 효과적으로 표현해 주고 있다는 것을 알 수 있다.

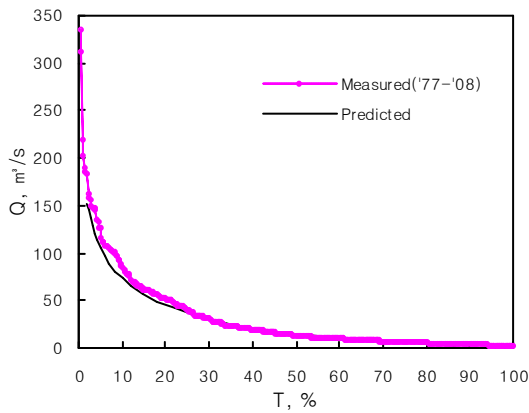


Fig. 2. Prediction of Flow Duration Curve at Andong Dam

수계별로 소수력자원의 성능특성을 분석하기 위하여 북한강수계 6개소, 남한강수계 7개소, 금강수계 9개소, 낙동강수계 12개소 및 섬진강수계 6개소의 소수력발전입지를 선정하였다.

Fig. 3은 단위유역면적당의 가용량, 즉 비가용량의 수계별 특성을 나타내는 그림이

다. 비가용량의 분포영역은 낙동강수계의 경우 가장 크게 나타나고 있으며, 북한강수계도 다른 수계에 비하여 분포범위가 큰 것으로 나타났다.

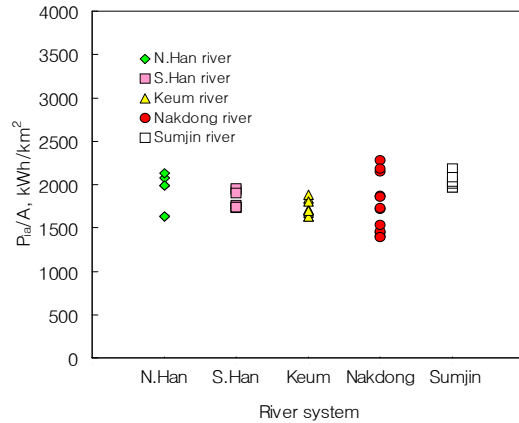


Fig. 3. Specific Potential for River Systems

Fig. 4는 유역면적에 따른 비가용량의 수계별 특성을 나타내는 그림이다. 금강수계, 남한강수계 및 섬진강수계는 유역면적이 증가하여도 비가용량의 변화가 크지않았다. 그러나 낙동강수계와 북한강수계는 유역면적이 동일한 경우에도 비가용량의 변화가 크게 나타났다.

Fig. 5는 수계별 정격출력량이 최대값을 갖는 설계유량이 유량지속곡선상에서 나타내는 시간비의 분포를 나타내는 것으로, 시간비는 북한강수계가 가장 작게 나타나고 섬진강수계가 가장 크게 나타난다.

Fig. 6은 유역면적에 따른 시간비의 변화를 나타내는 것이다. 금강수계, 남한강수계 및 섬진강수계는 유역면적이 증가하여도 시간비의 변화가 크지 않았으나, 낙동강수계와 북한강수계는 유역면적이 동일한 경우에도 시간비의 변화가 크게 나타났다.

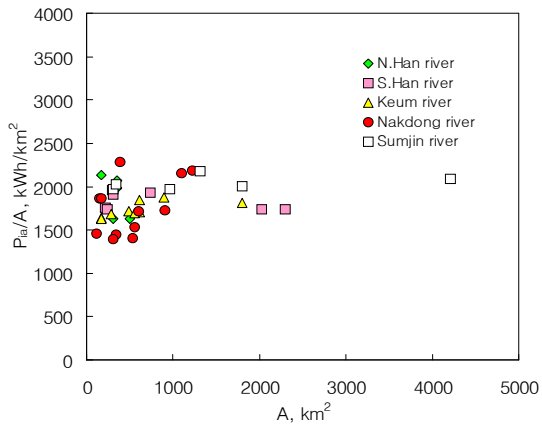


Fig. 4. Specific Potential with Basin Area for River Systems

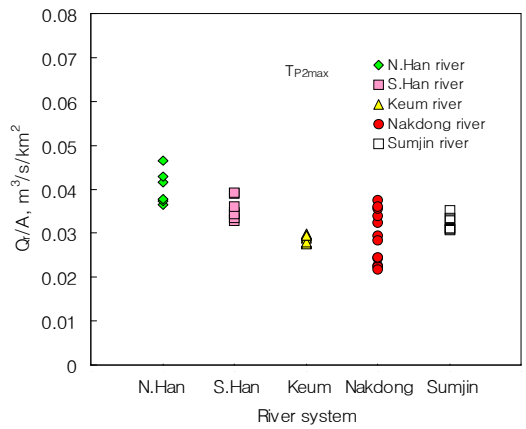


Fig. 7. Specific Design Flowrate for River Systems

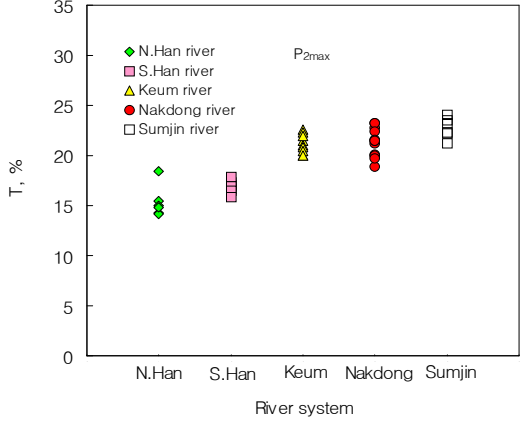


Fig. 5. Time Ratio for River Systems

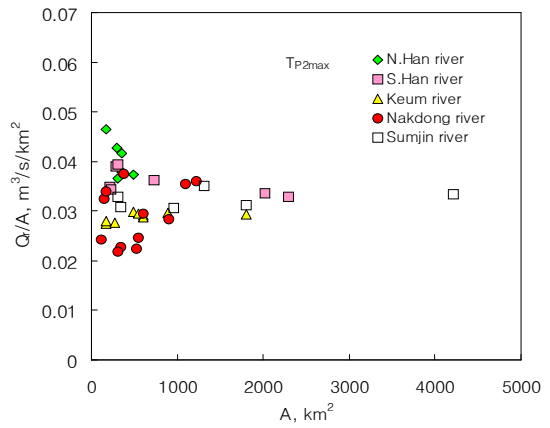


Fig. 8. Specific Design Flowrate with Basin Area for River Systems

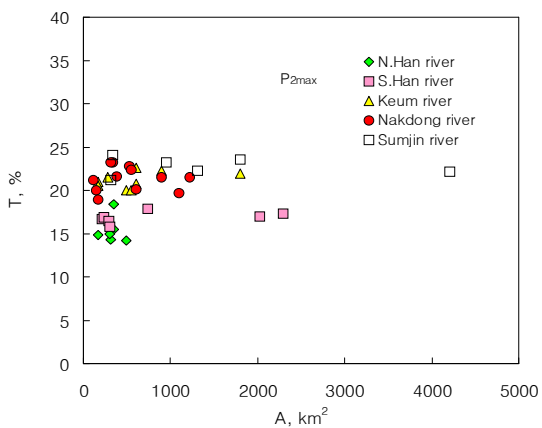


Fig. 6. Time Ratio with Basin Area for River Systems

Fig. 7은 수계별 비설계유량의 특성을 나타낸 것이다. 비설계유량은 북한강수계가 가장 크게 나타나고 섬진강수계가 가장 작게 나타난다.

Fig. 8은 유역면적에 따른 비설계유량의 변화를 나타낸 것으로, 낙동강수계와 북한강수계는 유역면적이 동일한 경우에도 비설계유량의 변화가 크게 나타났다.

Fig. 9는 수계별 연간가동율의 특성을 나타낸 것으로, 연간가동율은 북한강수계가 가장 작게 나타나고 섬진강수계가 가장 크게 나타났다.

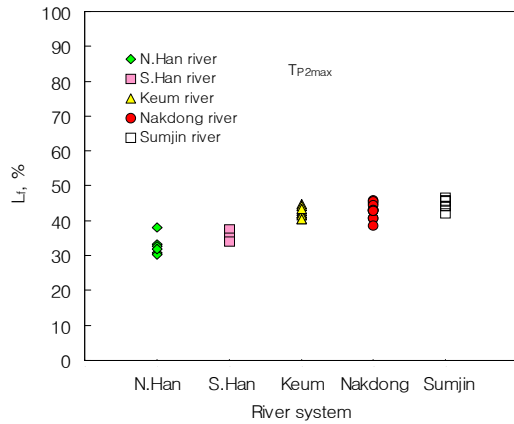


Fig. 9. Annual Load Factor for River Systems

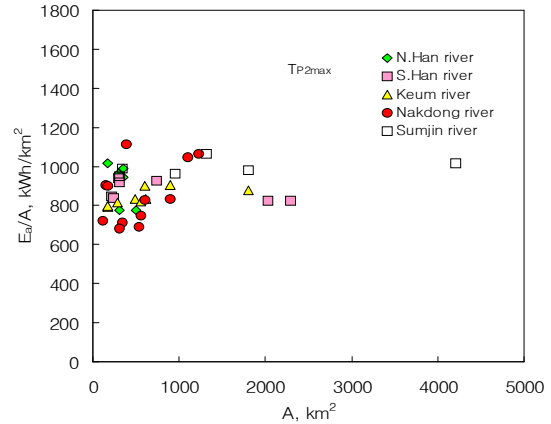


Fig. 12. Specific Output with Basin Area for River Systems

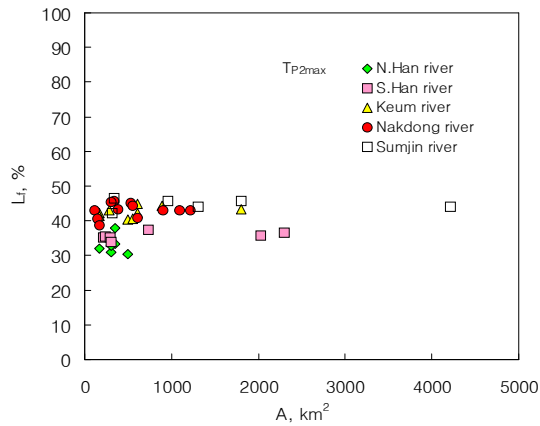


Fig. 10. Annual Load Factor with Basin Area for River Systems

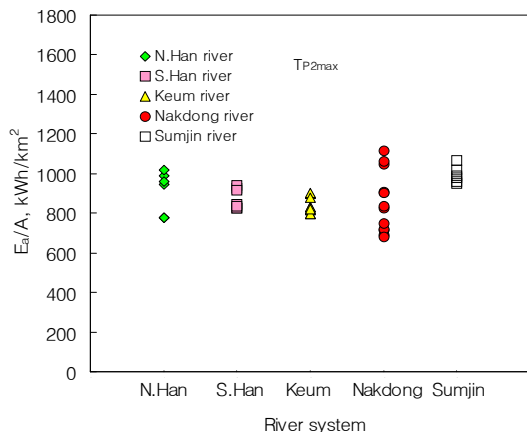


Fig. 11. Specific Output for River Systems

Fig. 10은 유역면적에 따른 연간가동율의 변화를 나타낸 것으로, 모든 수계에 대하여 유역면적이 증가하여도 가동율의 변화는 크지 않았다.

Fig. 11은 수계별 비출력량의 특성을 나타낸 것으로 비출력량은 낙동강수계와 북한강수계의 경우, 다른 수계에 비하여 넓은 범위의 분포를 나타냈다.

Fig. 12는 유역면적에 따른 비출력량의 변화를 나타낸 것으로, 금강수계, 남한강수계 및 섬진강수계는 유역면적이 증가하여도 비출력량의 변화가 크지않았다. 이러한 현상은 수계별 비설계유량의 분포와 관계되어 나타나는 현상이다.

Fig. 13은 수계별 비설계유량에 따른 연간 가동율의 변화를 나타내는 것으로, 수계에 관계없이 비설계유량이 증가함에 따라 연간 가동율은 감소한다는 것을 알 수 있다.

Fig. 14는 수계별 비설계유량에 따른 비출력량의 변화를 나타내는 것으로, 수계에 관계없이 비설계유량이 증가함에 따라 비출력량이 증가한다는 것을 알 수 있다.

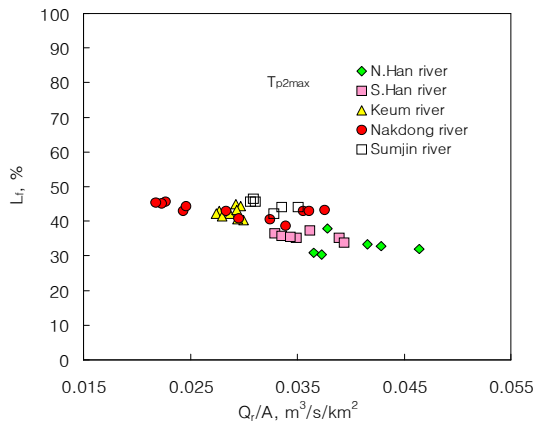


Fig. 13. Annual Load Factor with Specific Design Flowrate for River Systems

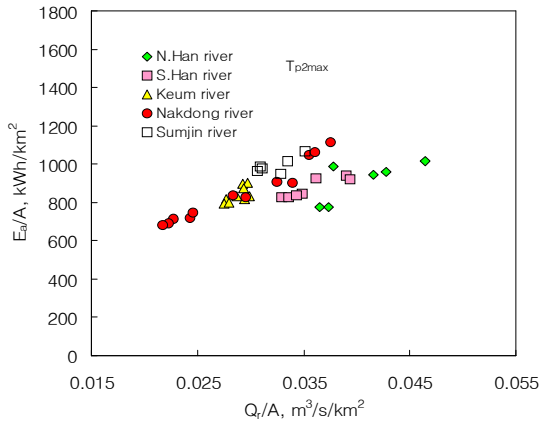


Fig. 14. Specific Output with Specific Design Flowrate for River Systems

5. 결론

수계별 소수력발전입지의 비가용량과 비출력량의 특징을 분석하였다. 분석결과, 금강수계, 남한강수계 및 섬진강수계는 유역면적이 증가하여도 비가용량의 변화가 크지않지만, 낙동강수계와 북한강수계는 유역면적의 크기에 관계없이 비가용량의 변화가 크게 나타났다. 또한 비출력량의 경우에도 비가용량과 유사하게 금강수계, 남한강수계 및 섬진강수계는 유역면적이 증가하여도 비출력량의 변

화가 크지않지만, 낙동강수계와 북한강수계는 유역면적의 크기에 관계없이 비출력량의 변화가 크게 나타났다. 이러한 현상은 우리나라의 연강수량이 남부지방이 중부지방에 비하여 많기 때문으로 판단된다. 낙동강수계는 하도가 남북으로 길기 때문에 소수력발전지점의 위치에 따라 비가용량의 크기의 변화가 크고, 북한강수계도 이와 비슷한 경향을 갖는다. 반면에 금강수계, 남한강수계 및 섬진강수계는 하도가 동서방향으로 길기 때문이다. 또한 연간가동율의 경우에는 모든 수계에 대하여 변화가 크지 않았고, 유역면적의 변화에 대해서도 큰 변화가 없었다.

참고문헌

1. 박완순, 이철형, 심명필, "국내 소수력발전 입지의 개발타당성 분석", 대한토목학회논문집, 제17권, 제II-3호, 1997.
2. 김길호, 이충성, 이진희, 심명필, "경제성분석에 의한 소수력개발의 최적규모 결정방안", 한국수자원학회논문집, 제40권, 제12호, 2007.
3. Park, W. S., Lee, C. H., and Jeong, S. M., "An Analysis of Performance Characteristics for Small Hydro Power Plants", KWRA, Vol.2, No1, 2001.
4. 박완순, 이철형, "강우상태에 의한 소수력발전소 설계인자의 영향", 한국태양에너지학회논문집, Vol.28. No. 1, 2008.
5. 박완순, 이철형, "장기유입량 변화에 의한 소수력발전소 성능특성분석", 한국신재생에너지학회논문집, Vol. 5, No. 4, 2009.