

자원지도에 의한 소수력 잠재량 산출

박완순*, 이철형*

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

Estimation Method of Small Hydro Power Potential Using a Resource Map

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

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

Abstract

This paper presents an estimation method of small hydro power(SHP) potential using a SHP resource map. As a basic unit of SHP energy potential at a certain area, capacity and annual energy production of unit head was calculated from the catchment area given by a SHP resource map which was established by numerical hydrologic simulation, so that a logical and relatively accurate potential estimation was possible comparing with the performance analysis model for SHP sites. The performance characteristics for Samok-Ri site were analyzed, using the SHP resource map and the developed model. It was found that the SHP resource map and the developed model is useful tool to estimate SHP potential.

Keywords : 소수력(Small hydro power), 자원지도(Resource map), 유역면적(Catchment area), 성능특성(Performance characteristics)

기 호 설 명

A ; 유역면적 (km^2)
C ; 소수력발전소의 설비용량 (kW)
 E_a ; 연간전기생산량 (MWh)
g ; 중력가속도 (m/sec^2)
 H_e ; 유효 낙차 (m)
k ; 유출계수
 L_t ; 연평균가동율 (%)

Q ; 유량 (m^3/sec)
 Q_r ; 설계유량 (m^3/sec)
 Q_a ; 연평균유량 (m^3/sec)
 R_t ; 년 강수량 (mm)
T ; 시간비 (%)
W ; 분할된 유역면적의 가중치
 α ; Weibull분포의 형상계수
 β ; Weibull분포의 척도계수 (m^3/sec)
 ρ ; 물의 밀도 (kg/m^3)

η_s ; 소수력발전소의 효율

1. 서 론

소수력 개발을 위한 자원조사 및 타당성분석을 위해서는 소수력 개발후보지의 해당유역에 대한 정확한 수문분석이 필요하며, 이를 위해서는 강우-유출 및 장기 유출특성분석 등을 통해 유량지속특성의 파악과 성능분석을 통한 성능예측 등이 필수적이다. 특히 발전소의 수명이 반영구적인 소수력발전소의 초기설계시에 세심한 검토와 분석이 요구된다. 2008년 현재 국내에 운영중인 소수력발전소는 61개소에 설비용량은 약 76MW에 달하고 있으며, 초기설계시 최적설계를 하여 건설 및 운영중인 발전소는 흑자운동을 하고 있으나, 소홀히 한 발전소는 다소 어려움을 겪고 있는 실정이다.

소수력발전소 최적설계의 의미는 장기유출 특성분석을 통해 해당유역의 수자원을 최대한 활용하고, 지형적인 요소(낙차)를 이용하여 전기의 생산이 최대가 되도록 설계를 하는 것을 의미한다. 이를 위해서는 본 연구에서 제시한 수문특성분석기법을 이용한 최적설계가 필요하다.

본 연구에서는 소수력 개발을 위한 자원조사 및 타당성분석을 위해 소수력 자원지도를 구성하였고, 이를 이용하여 소수력자원의 포텐셜 산출 방법에 대하여 논의 하였다. 포텐셜 산출을 위하여 자원지도상의 입력자료들은 가능한한 간소화시키고 가정함으로써 전국수계의 소수력자원에 대한 포텐셜 산정에 기여하고자 하였다.

또한 자원지도를 이용하여 포텐셜 산정한 값과 기 개발된 성능예측기법을 적용한 값을 비교분석 하였다.

2. 소수력자원지도의 구성

2.1 입력자료

소수력자원량 산출을 위한 자원지도 작성시 <표 1>과 해당 수계 소수력 개발후보지의 유역면적이 산정되면 (식 1), (식 2) 및 (식 3)을 이용하여 각각 단위 유효낙차당 연평균유량, 설비용량 및 연

간발전량 등을 산출할 수 있다.

$$Q_a = 3.171 * 10^{-5} * R_L * k * A \quad (1)$$

$$C = \rho * g * H_e * Q_r \quad (2)$$

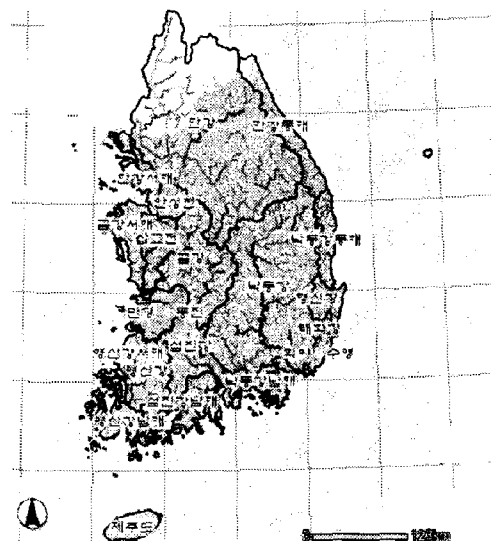
$$E_a = 8,760 * C * L_f \quad (3)$$

또한 연간발전량 산출시 연평균가동율은 40%로 가정하였다.

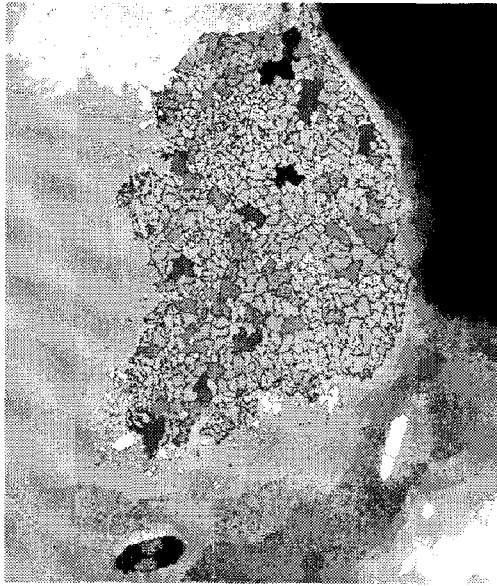
따라서 본 연구에서는 <표 1>의 수계별 연평균 강수량과 유출계수, 그리고 해당유역의 유역면적 산출을 위해 [그림 1]의 전국 유역을 [그림 2]와 같이 792개 권역으로 나누어 유역면적도를 작성하였고, 주제도별 또는 사용자 임의 작도로서 유역면적을 산정할 수 있도록 자원지도를 구성하였다.

<표 1> 수계별 연평균 강수량 및 유출계수

수계별	연평균강수량 (R_L mm)	유출계수 (k)	비고
한강	1,286.0	0.57	
낙동강	1,166.0	0.49	
금강	1,269.0	0.49	
영산강	1,319.0	0.57	
섬진강	1,414.0	0.54	



[그림 1] 전국의 유역면적도



[그림 2] 전국 792개 권역의 유역면적도

2.2 출력자료

소수력 자원지도를 이용한 출력방법으로는 주제도를 이용한 방법과 사용자 임의의 유역면적 작도방법으로 나눌 수 있다. 출력자료로서는 단위유역에 대한 유량, 예상발전용량 및 연간발전량 등 해당 유역에 대한 소수력자원의 포텐셜 산출이 가능하도록 구성하였다.

따라서 전국에 산재된 소수력 후보지의 유역면적이 산출되면 단위유효낙차당 소수력자원의 포텐셜 산정이 가능하다.

3. 소수력 후보지 선정 및 성능분석 비교

소수력 후보지는 설비용량 3,000kW 이상으로 평가된 한강수계에 위치한 강원도 영월군 영월읍 삼옥리 소수력 후보지를 선정하여 소수력 자원지도를 이용한 방법과 우리연구원에서 개발된 성능예측기법으로 각각 성능을 분석 비교하였다.

3.1 소수력 자원지도의 적용

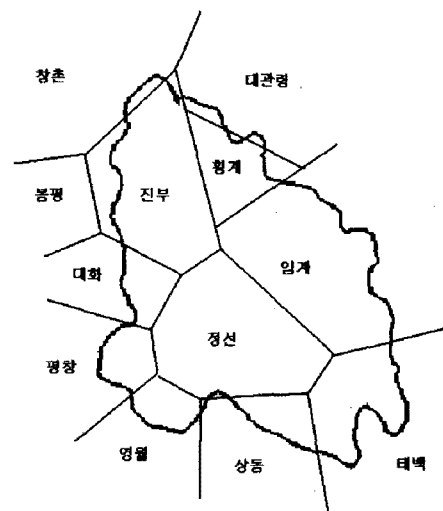
<표 2>는 본 연구에서 구축한 소수력 자원지도를 이용하여 분석한 삼옥리 후보지에 대한 결과를 나타낸다.

<표 2> 자원지도 이용분석 결과(삼옥리)

후보지	수계	유역면적 (km ²)	유효낙차 (m)	유량 (m ³ /sec)	설비용량 (kW)	연간발전량 (MWh)	비고
삼옥리	한강	2,294	10.7	53.22	4,465	15,645	

3.2 성능예측기법의 적용

[그림 3]은 삼옥리 후보지의 유역면적도로서 Thiessen망도에 의해 10개의 관측소로부터 영향을 받는 작은 유역면적으로 분할되는 것을 알 수 있다. 삼옥리 후보지의 총 유역면적은 2,294.0km²이며, 분할된 유역면적의 특성은 <표 3>과 같다.

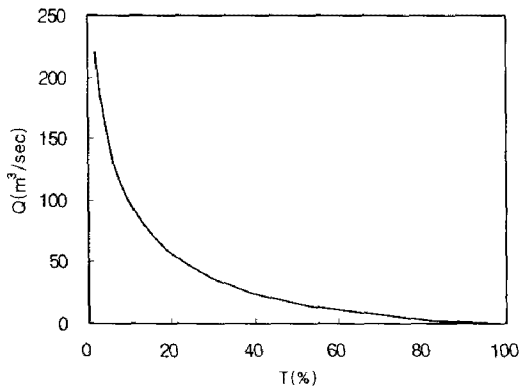


[그림 3] 삼옥리의 분할된 유역면적도

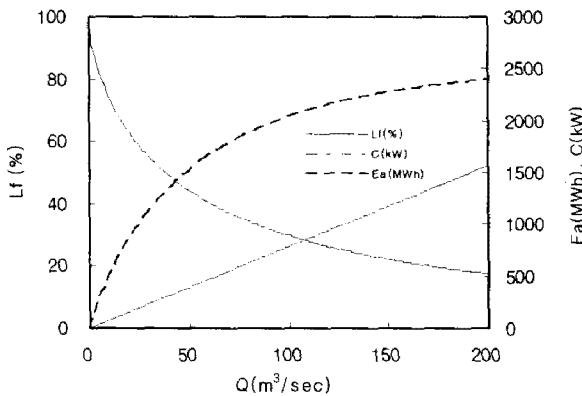
<표 3> 분할된 유역면적의 특성(삼옥리)

관측 소명	유역면적 (Δ_i , km ²)	가중치 (W_i , %)	척도계수 (β_i , m ³ /sec)	형상계수 (α_i)
창촌	12	0.5	0.015659	0.661700
진누	365	15.9	0.011073	0.645201
대화	84	3.7	0.011737	0.661538
평창	66	2.9	0.012420	0.665540
영월	60	2.6	0.010118	0.660256
정선	554	24.1	0.010900	0.640878
상동	324	14.2	0.010984	0.544107
임계	559	24.4	0.012615	0.733567
횡계	205	8.9	0.014362	0.709697
대관령	65	2.8	0.021777	0.773119
계	2,294.0	100.0		

[그림 4]는 <표 3>에 보여진 분할된 유역면적의 특성이 조합되어 구해진 삼옥리 후보지에서의 유량지속곡선을 나타낸다.



[그림 4] 삼옥리의 유량지속곡선



[그림 5] 삼옥리의 성능특성 곡선

[그림 5]는 삼옥리 후보지의 경우, 설계유량의 변화에 따른 소수력발전소의 가동율, 설비용량 및 연간발전량의 변화를 나타내는 그림이다. 이 때 소수력 후보지의 특성을 분석하기 위하여 소수력발전소의 효율은 0.80로 가정하였고, 유효낙차는 10.7m로 산정되어 이 값을 적용하였다.

삼옥리 후보지의 설계유량은 정격출력(P_2)이 최대가 되는 유량인 52.0m³/s가 되며, 이때 유량지속곡선상의 시간비는 22.03%이고, 연평균가동율은 43.37%가 된다. <표 4>는 삼옥리 후보지에 대한 성능예측기법을 이용한 분석결과를 나타낸다.

<표 4> 성능예측기법 이용분석 결과(삼옥리)

후보지	수계	유역면적 (km ²)	유효낙차 (m)	유량 (m ³ /sec)	설비용량 (kW)	연간발전량 (MWh)	비고
삼옥리	한강	2,294	10.7	52.00	4,362	16,575	

3.3 종합분석결과

<표 5>는 삼옥리 후보지의 종합분석결과를 나타내고 있다. <표 5>에 나타난 바와같이 자원지도를 이용한 설비용량과 연간발전량은 성능예측값과 다소 차이가 남을 알 수 있다. 이는 소수력 후보지의 제반 성능은 유역면적을 함수화 하여 산정된 간소화된 방법을 이용하였기 때문에 발생된 차이로서 향후 최적설계기법의 적용을 통하여 보다 정확한 국내 소수력 자원지도가 구축될 수 있을 것이다.

<표 5> 삼옥리 후보지 종합분석결과

후보지	삼옥리	
수계	한 강	
유역면적 (km ²)	2,294	
유효낙차(m)	10.7	
유량 (m ³ /sec)	자원지도이용	53.22
	성능예측기법	52.00
설비용량 (kW)	자원지도이용	4,465
	성능예측기법	4,362
연평균가동율 (%)	자원지도이용	40.00
	성능예측기법	43.37
연간발전량 (MWh)	자원지도이용	15,645
	성능예측기법	16,575

4. 결 론

본 연구에서는 전국 수계별 연평균강수량과 유출 계수, 그리고 해당유역의 유역면적 산출을 위해 전국 수계를 792개 권역의 주제도를 작성하였고, 주제도별 또는 사용자 임의 작도로써 유역면적을 산정할 수 있도록 자원지도를 구성하였다. 출력자료로는 주제도를 이용한 단위유역에 대한 유량, 예상발전용량 및 연간 발전량 등 산출과, 사용자 임의의 유역작도를 통한 소수력자원의 포텐셜 산출이 가능하도록 구성하였다. 또한 자원지도를 이용하여 포텐셜 산정한 값과 기 개발된 성능예측기법을 적용한 값을 비교분석 하였다.

분석결과 자원지도를 이용하여 분석된 설비용량 과 연간발전량은 성능예측값과 다소 차이가 있다. 이는 소수력 자원지도 구성시 수문분석방법을 간소화 시키고, 일부 파라미터를 가정하였기 때문이다. 향후 최적설계기법의 적용을 통하여 보다 정확한 국내 소수력 자원지도가 구축될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 박인용외, "소수력 발전 조사", 과학기술처 연구조사 보고서, R-74-53, 1974.
2. 박완순외, "소수력 발전소의 수문학적 성능특성 분석", 대한토목학회논문집, 제14권, 제 5호, 1994.

3. 박완순외, "환경친화적 소수력자원조사 및 활용 기술 개발", 한국에너지기술연구원. 연구보고서, 2004-N-SH02-P-01, 2006.

4. 이철형외, "국내 소수력 자원의 정밀조사 및 최적 개발분석 연구(IV)", 한국에너지기술연구소, 연구보고서, KE92029G, 1992.

5. 이철형외, "소수력발전소 건설 타당성조사 기본 계획 연구", 한국에너지기술연구소, 연구보고서, 1997.

6. Robert Noyes : "Small and Micro Hydroelectric Power Plants; Technology and Feasibility", Energy Technology Review No.60, Noyes Data Corporation, U.S.A, 1980.

7. U.S. Department of Energy : " Water Energy Resources of the United States with Emphasis on Low Head/Low Power Resources", DOE/ID-11111, 2004.