

미계측 소수력 후보지의 설비용량 및 연간발전량 추정

1. 서론
 2. 소수력 지점의 흐름특성
 3. 유효낙차의 결정
 4. 설비용량 결정 방법
 5. 발전량 추정방법
 6. 결론
- ◆ 참고문헌

인하대학교 토목공학과 교수

심 명필

인하대학교 대학원 토목공학과 박사과정 권 오익

1. 서론

1970년대 석유자원이 국제 정치적인 목적으로 사용됨에 따라 에너지 위기를 경험한 세계 각국은 인류문화 창출 이후 지속적인 관심을 가지고 연구개발해 왔던 에너지 문제에 관해 인식의 전환점을 마련하였다. 한 때 풍부했던 화석연료의 고갈, 저가의 에너지시대 종국, 핵 에너지의 안정성에 대한 의구심 증대 및 환경과 공해문제등이 산재한 가운데 세계 각국은 자국의 강력하고 안정적인 대체에너지 개발을 위해 심혈을 기울여 왔다. 1992년 브리질 리우에서 '21세기 지구환경을 위한 실천계획(AGENDA 21)'이⁽¹⁾ 채택된 이후 이제는 의무화된 지구환경 문제에 대해 세계각국은 자연환경을 오염시키는 기존의 화력이나 원자력에너지 체계에서 다원적인 무공해 대체에너지의 비중을 점차 확대하는 방향으로 선회하고 있다.

현재 발견된 에너지중 가장 많이 쓰이고 있고 미래에도 가장 많이 쓰일 무공해 에너지는 바로 전력으로 세계 각국은 그 필요성에 따라 경쟁적으로 전력개발에 노력을 기울이고 있다. 전력을 생산하는 방법은 1차 원자재를 투입하여 전력으로 변환시키는 방식과 1차 원자재를 투입하지 않고도 자연의 힘을 이용하여 전력을 생산하는 방식으로 구분할 수 있다. 대체에너지 개발의 목적은 1차 원자재 투입에 따른 자원고갈, 공해 및 환경, 안정성 문제등을 야기시키는 기존의 방식보다는 자연의 힘을 이용하여 안정적인 깨끗한 에너지를 영구히 얻고자 하는데 있다. 이러한 무공해 대체에너지원으로는 태양열, 풍력, 파력(波力), 조력(潮力), 조수부력(潮水浮力), 해수온도차, 바이오 에너지, 지열, 소수력등이 있다. 이들은 모두 자연에너지로 자연의 현상에서 발생하는 공해가 없는 깨끗한 에너지 자원이다. 그러나 이들 천문학적인 자연 에너지원을 인간이 사용할 수 있는 기계적인 에너지로 일부 전환하여 사용하는 방법이 고안 되었다고는 하나, 아직은 그 막대한 에너지의 포장력에 비해 회수율이 기대에 못 미치는 실정이다. 불균등한 에너지 밀도, 기존의 전력체계와의 연결, 안정성, 이용 편의등의 한계에 기인하는 경제성, 신뢰성의 확보가 아직은 지속적인 연구과제로 남겨져 있는 미완의 단계이다.

현재나 미래의 에너지수요에 가장 타당한 대안을 찾기위해 노력하고 있는 세계 각국은 대체에너지의 개발을 위해 이전에 무시되거나 생각하지 않았던 대안들에 대해 새로운 평가를 하기 시작하였고 그중 하나가 가장 오랜 발전의 역사와 연구배경을 가진 수력이다. 이에 기존 시설에서 새로운 용량을 찾거나 증가시키는 방안이나 그동안 화력이나 대수력에 비해 경제성이 떨어진다는 이유로 등한시 되었던 소수력이 새롭게 부각되었고, 평가 결과 그간의 축적된 기술과, 개발의 용이성, 적은 환경피해, 자원의 재활용이란 측면에서 소수력은 긍정적인 평가를 얻고 있다.

화석에너지의 빈곤으로 에너지의 해외 의존도가 매우 높은 우리나라는 1970년대 두 차례의 석유파동을 심하게 겪으면서 에너지 위기의식이 고조되어 대륙붕 시추 개발, 대체에너지 개발, 에너지 절약방안등 에너지 수급 개발에 총력을 기울여 왔고 당시 대체에너지 개발의 일환으로 소수력 개발의 필요성이 부각되었다. 1974년 과학기술처와 원자력연구소에서 '소수력 발전 입지조사'를 시작으로 소수력 개발 방안(1982.3), 대체 에너지 개발 촉진법(1987.12), 동법 시행령(1988.5)등

의 관련 법규를 기반으로 동력자원부에서는 국내 에너지 공급의 취약성을 극복하는 자주적인 에너지 공급기반 구축을 위해 1988년 부터 2001년 까지 3단계로 계획하여 현재 제 2단계(1992-1996)의 대체에너지 기술 개발을 시행중에 있다. 한편 정부가 유엔 환경 회의 협의 결과 금년 말까지 마련키로 한 '한국의제 21 실천계획(코리아 아젠다 21)'에서 환경과 개발을 조화시키는 예시사업의 하나로 소수력발전을 선정함으로써 국내 소수력의 전망은 밝다고 하겠다.

국내 소수력의 현황으로는 1994년 4월 현재 한전소속의 4개의 수규모 수력과 민간주도의 14개의 소수력이 운영중이며 경천, 장남, 열림동 3개소가 건설중에 있고 그 밖의 몇 개소가 계획중에 있다. 민간주도의 운영중인 14개와 건설중인 3개소를 합한 17개의 총 시설용량은 32,831 kW이다. 이에 반해 국외 소수력 개발현황을 개략적으로 살펴보면 독일의 경우 5,882개소, 미국 1,715개소, 이탈리아 1,420개소, 중국 58,000여개소, 프랑스 1,479개소등⁽²⁾으로 국내 소수력은 아직 활성화 단계라고까지는 할 수 없다. 그러나 그동안 조사한 남한의 개발 가능한 소수력지점 2,400여개소의 580,000 kW의 추정 잠재력⁽³⁾과 소수력 개발에 유리한 북한의 지형을 감안할때 통일 이후 국내 소수력 개발의 활성화에 귀추가 주목되며 이를 대비한 사전준비가 필요한 시점이라 생각된다.

소수력의 성공적인 개발을 위해서는 기존의 수자원 개발계획과 마찬가지로 자원의 효율적인 이용과 경제성을 기초로 한 사전 및 현장조사를 포함한 예비 타당성 조사, 개발 유무 결정, 세부계획, 설계, 건설, 시험, 정비등의 일련의 체계적인 연구가 단계적으로 수행되어야 한다. 본 고에서는 상기한 일련의 과정중 소수력 개발 유무의 관건이라 할 수 있는 소수력 지점의 설비용량 및 연발전량 추정방안에 관해 고찰해 보고자 한다.

2. 소수력 지점의 흐름특성

소수력 개발의 경우 물의 공급원으로서 하천을 이용함에 따라 소수력 후보지의 장기간 하천 유량의 특성을 조사하여 이용가능한 수량을 파악하여야 한다. 이를 위해 수자원 개발에 유량특성을 파악하는데 많이 이용되고 있는 유량지속곡선을 이용할 수 있다. 유량지속곡선이란 이용할 수 있는 자료의 기간년수에서 같거나 혹은 초과하는 평균유량(일, 주, 월, 년별)의 임의의 값에 대한 시간비를 나타낸것으로 시간 간격의 선택은 연구목적에 의존한다. 일평균 유량자료로부터 얻은 유량지속곡선은 일평균 이외의 자료(주, 월, 년 평균)로부터 얻은 곡선보다 세부적으로 더 정확하게 흐름특성이 제시된다. 일평균이외의 자료들은 일 평균자료에 대한 각각의 시간 간격에 대한 평균값이기 때문에 시간 간격이 증가함에 따라 유량지속곡선은 대체로 완만한 곡선을 이룬다. 따라서 소수력의 경우 일평균 유량자료를 사용하는 것이 보다 정확하나 일평균 자료의 획득이 용이치 못한 관계로 그 이외의 자료를 사용하는 경우에는 이

점을 고려하여야 한다. 유량지속곡선이 월평균유량으로부터 구해진 경우는 일평균유량에 비해서 저수용량 및 일유량의 일변동성에 따라서는 15~50%정도가 크게 계산될 수도 있다⁽⁴⁾.

수자원 개발을 위해 항상 선행과제로 언급되고 있는 각종 수문자료의 양과 질의 문제가 소수력 개발의 경우 더욱 심각하다. 소수력 지점의 흐름특성을 파악하기 위해서는 일평균 유량인 경우 적어도 10년 이상, 월평균 유량은 적어도 30년 이상의 자료를 필요로 한다. 우리나라의 경우 유량자료의 측정기간이 짧고 그나마도 신뢰성에 의문이 제기되는 형편으로 가용한 실측자료를 바탕으로 추정값을 이용하는 것이 바람직하다. 더욱이 대부분 하천의 상류에 위치한 우리 나라 소수력 지점의 경우 거의 미계측이므로 유량지속곡선의 작성이 매우 어려운 실정이다. 따라서 미계측 소수력 지점의 유량특성을 파악하여 유량지속곡선을 작성하는 것이 소수력 지점의 발전량 추정에 앞서 언급되어야 하겠다.

2.1 미계측 소수력 지점의 장기유량 추정방법

미계측된 소수력 지점의 유량추정방법을 이용가능한 정보에 따라 구분한다면 인근구역의 계측 정보를 이용하는 방법과 소수력 지점의 기상 및 지형정보를 이용하는 방법으로 구분할 수 있을 것이다. 비교적 정확한 인근구역에 계측된 유량자료가 있다면 동질성·상관성 관계등을 이용하여 소수력 지점의 유량을 추정하거나, 단기간의 가용한 유량자료가 있다면 자료를 확장하는 방법을 이용할 있을 것이다. 그러나 어느 곳에도 가용한 계측자료가 없는 경우에는 필요에 의해 단기간 동안 소수력 지점의 유량을 계측하여 얻은 단기간의 자료를 이용할 수도 있겠으나 이는 시간과 경비에 많은 제한이 따른다. 따라서 소수력을 개발 하고자 하는 경우 수문학적인 근거에 바탕을 둔 비교적 간편한 기상 및 지형정보와 경험적인 가정치만을 요구하는 기존의 월유량 추정방법들을 이용하여 소수력 지점의 유량특성을 파악하는 것이 일반적일 것이다. 이러한 방법들의 종류와 그 특징을 살펴보면 표 1과 같다⁽⁵⁾. 표1에 제시된 모형들은 모두 예측의 신뢰성과 실천적인 요소를 만족시켜야만 한다. 각각의 모형들은 관련문헌등을 통해 나름대로의 검정과 검증을 통해 소개된 것으로 이론적으로 정립되었다 기 보다는, 미계측이란 속성으로 인해 유량과 관련된 경험적인 법칙들을 이용한 개념적인 모형이라 할 수 있다. 이들 방법들을 미계측 소수력지점에 적용하기에 앞서 시험적으로 적용해본 결과 모두 예측의 신뢰성과 실천적인 요소를 가지고 있다고 언급하기에는 다소 조심스럽다. 현실적으로 무리라 생각되는 가정과 이론적으로 설명하기 힘든 적용결과들이 발견된다. 물론 추정이란 오차없이 정확하게 한다는 것은 불가능하고 다만 얼마나 정확한 정보를 제공할 수 있는가의 문제이다.

표1. 미계측 소수력 지점의 월별유량추정 방법

구분	방법		입력자료	특징
계측지역	확정론적 모형		강우량 유출량 관련 기상자료 관련 지형자료	모형 적용범위의 제한
	확률론적 모형			회귀분석 모형
	추계학적 모형			시계열 모형
미계측지역	물리적특성	고려안함	면적비법	인근유역과의 동질성 고려
			유역평균유출고법	강우량, 인근 유출량
		Weibull분포 특성화	강우량	유출을 가정
	고려함	가지야마 공식	강우량	수문학적인 상관성 고려
		KRIHS 모형	강우량, 온도, 상대습도 일조율, 위도, 고도	수문학적인 상관성 고려 실제 증발산량 직접 추정
		NRECA 모형	강우량, 증발량(PET) 인근 유출량	인근유역과의 상관성 고려 단순화된 확정론적 모형

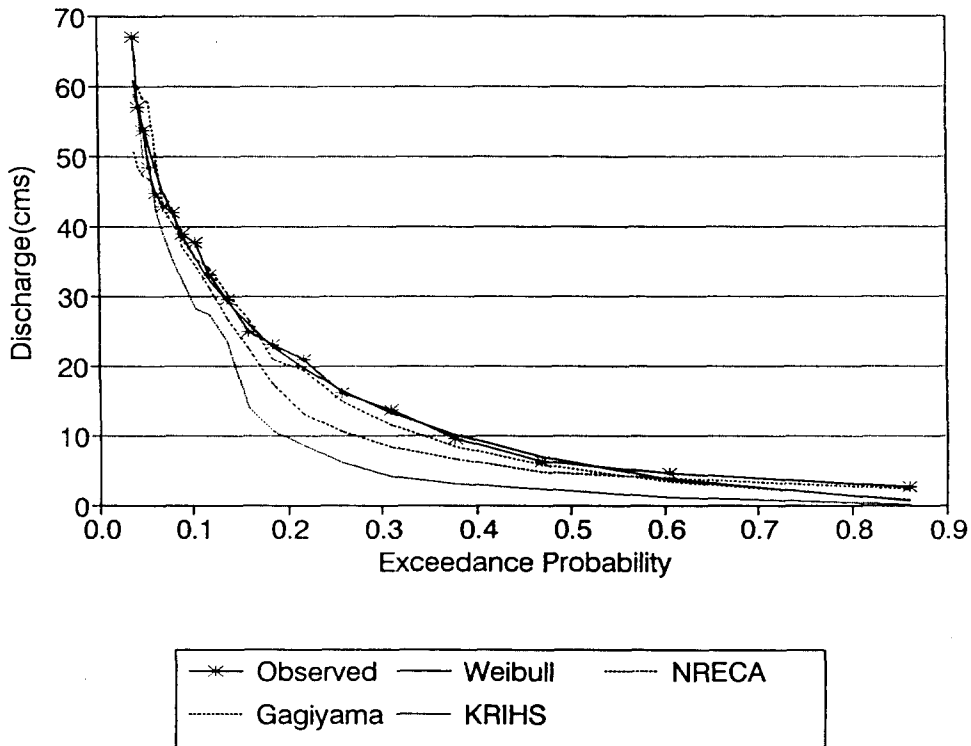


그림 1. 평창강 수력지점의 유량지속곡선

2.2 유량지속곡선 작성

앞절의 미계측 소수력 지점의 월별유량추정 방법에 따라 유량을 추정할 경우 추정된 유량 자료를 이용하여 미계측 소수력 지점의 유량지속곡선을 작성할 수 있다. 충분한 기록기간을 가진 추정된 월유량 자료로부터 일반적으로 크기순으로 나열하거나 계급구간으로 나누어 유량지속곡선을 작성할 수 있으며 이때 작성된 유량지속곡선은 불확실성을 고려하여 신뢰구간을 설정하여 이용할 수 있다. 그림 1은 강원도 평창군 평창읍 뇌운리에 위치한 유역면적이 640.6 km²인 평창강 수력지점에 대해 동일 수계내의 실측 유출량 자료(1963~1979)가 있고 유역특성이 비슷한 후포 수위표 지점의 비유량을 적용하여 계산한 실측치와 앞서 언급한 장기유출추정방법에 의해 구한 유량지속곡선을 비교한 것이다. 유출량 추정을 위해 창촌, 진부, 봉평, 대화, 방림, 평창동 6개로 분할된 건설부와 수자원공사 및 기상청등의 강우량자료(1973~1992)와 기상청 소속의 인근에 있는 원주, 홍천, 대관령 측후소의 일조율, 기온, 상대습도, 증발량등의 기상자료(1973~1992) 및 지형자료등을 이용하였다. 실측치와 추정치의 자료기간이 서로 다르나 각각의 기간에 대한 초과확률을 나타내는 유량지속곡선에서는 상호 비교가 가능하다. Weibull분포 특성화와 NRECA방법이 비교적 실측치와 잘 맞으며, 초과확률 25.8%에 해당되는 유량은 실측치, Weibull분포 특성화, NRECA, 가지야마, KRIHS의 경우 각각 16.2, 16.5, 15.0, 10.7, 6.2 m³/sec이다. 그림 1에 나타난 결과만으로 Weibull분포 특성화 방법과 NRECA 모델의 상호 비교를 통한 적용방법을 언급할 수 있겠으나 한 지점의 결과만으로는 성급한 판단이며 보다 많은 여러지점에 대한 적용결과를 토대로 판단하여야 할 것이다. 또한 유역특성을 대표할 수 있는 보다 신뢰성 있는 기상 및 지형자료를 사용한다면 여타의 방법도 보다 실측치에 접근하리라 생각 된다.

월평균 추정유량의 사용에 따른 정확성이 다소 떨어지는 점을 감안하고 작성된 유량지속곡선이 관련 소수력 지점의 흐름특성을 반영한다고 볼때 그림 1에서 곡선 아래의 면적은 유량의 용적을 표시하므로 몇 % 유량을 설계유량으로 결정할 것 인가를 판단하는데 유용하다.

2.3 설계유량 결정방법

일반적으로 소수력은 설비용량과 낙차, 발전방식에 따라 구분이 가능하며 그중 발전방식에 따라 수로식(자연유하식)과 댐식(저수식), 수로식과 댐식을 혼합한 수로터널식으로 세분된다. 국내 소수력의 경우 하천의 오메가(Ω) 지형을 이용한 수로터널식이 가장 많다. 설계유량(design flow)의 결정은 발전방식에 따라 다르나 동일 소수력지점인 경우 저류효과를 고려한 댐식의 설계유량이 수로식 보다 큰 것이 일반적이다. 발전소의 이용능률과 발전의 경제적인 측면을 지표로한 설계유량 결정이 일반적이나 예비조사 단계에서는 일반적으로 시간비 25%에 해당하는 유량을 설계유량으로 결정한다.

3. 유효낙차의 결정

유효낙차(effective or net head)는 취수구의 수위와 방수로 수위의 차이인 총낙차로부터 손실수두를 뺀값이다. 손실수두는 취수설비와 수로(waterways)에서 발생하는 모든 손실을 고려한 것으로 속도수두의 배수로 나타낼 수 있다. 저낙차(20m 이하) 소수력의 경우는 총낙차의 5%이하로 취하며, 특히 댐이나 농수로에 설치된 튜부라(tubular) 혹은 밸브(bulb)터빈의 경우에는 무시하는 것이 일반적이다. 예비조사단계에서는 손실수두를 일정한 값으로 가정하거나 다음과 같이 고려하기도 한다⁽⁶⁾. 수압관로(penstock)의 유입손실은 속도수두의 5~20%의 값을 취하고 굴절손실(bend loss)은 관로의 직경, 굴절반경 및 굴절각도에 관계하며 굴절반경이 관로직경의 5배 보다 큰 경우는 비경제적이며 4배인 경우의 손실은 속도수두의 25%보다 적다고 알려져 있다. 마찰손실은 유속, 점성 및 조도에 관계되며 밸브에 의한 손실은 종류, 크기 및 열린상태에 관계하며 완전히 열린 상태에서는 속도수두의 10%를 취하고 그 외 경우에는 20~26%를 취하는 것이 일반적이다. 오물제거시설(trashracks)에 의한 손실은 모양, 스크린 간격, 열린상태 및 유속에 관계하며 유속에 따라서(0.03~0.61 m/sec)는 0.03~0.15m를 취하기도 한다.

4. 설비용량 결정 방법

소수력의 가장 중요한 발전 설비는 수차(turbine)와 발전기(generator)로 소수력 지점의 최적의 경제성은 최적의 수차 결정에 있다. 수차의 형식으로는 일반적으로 수차를 통과하는 물의 유속에너지를 이용하는 고낙차에서 유리한 충동형(Impulse turbine)과 수압에 의한 에너지를 이용하는 저낙차에서 많이 이용되는 반동형(Reaction turbine)으로 구분할 수 있다. 소수력 개발을 위한 수차 연구는 지속적으로 활발히 이루어 지고 있으며 최근 낙차가 1.5m 이상이면 설치가 가능하고, 효율도 90% 이상이며, 표준화에 따른 대량생산으로 설비비용 절감에 따른 경제성의 향상에 노력하고 있다. 소수력 발전에 적합한 수차는 소수력 지점의 설계유량과 낙차에 따라 그 기종이 결정되며, 이러한 각종 수차의 사용 범위는 그림 2와 같다⁽⁶⁾. 소수력발전소의 설비용량(installed capacity), C(kW)는 일반적으로 설계유량(Q_r)과 유효낙차가 결정되면 다음과 같이 표시된다.

$$C = 9.8 Q_r H_a \eta_n \quad (1)$$

여기서 H_a 는 유효낙차(m) 이고 η_n 는 수차, 발전기등을 포함한 발전소 시스템의 효율이다.

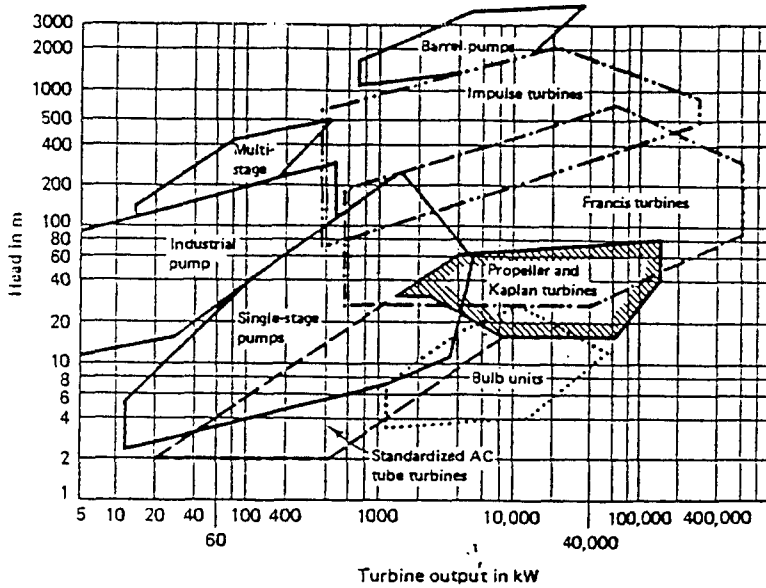


그림 2. 각종 수차의 사용범위

5. 발전량 추정방법

5.1 소수력 발전 시스템의 출력 특성

그림 3은 단위 유효낙차를 갖는 단일기로 구성된 소수력 발전소에 대하여 유량변화에 따른 단위시간당의 출력변화를 나타내는 그림이다. 소수력 발전소는 유량과 낙차로부터 에너지를 추출하는 것으로 소수력 발전소에서 얻을 수 있는 순수한 소수력 에너지 P_1 는 유량변화에 따라 선형적으로 변하게 되지만, 소수력 발전소에서의 실제출력 P_a 는 설계유량 Q_r 이 존재하기 때문에 출력특성이 바뀌게 된다.

소수력 발전 시스템의 출력은 설계유량 이하에서는 유량변화에 따라 거의 선형적으로 변하게 되지만, 시스템의 효율로 인하여 순수한 소수력 에너지보다 항상 적은 값을 갖는다. 또한 설계유량 이상에서는 설계유량 또는 터빈의 작동범위의 상한치에 해당하는 유량만을 사용하고 이를 초과하는 유량은 월류시켜 방류하기 때문에 출력은 일정하게 유지된다⁽⁷⁾.

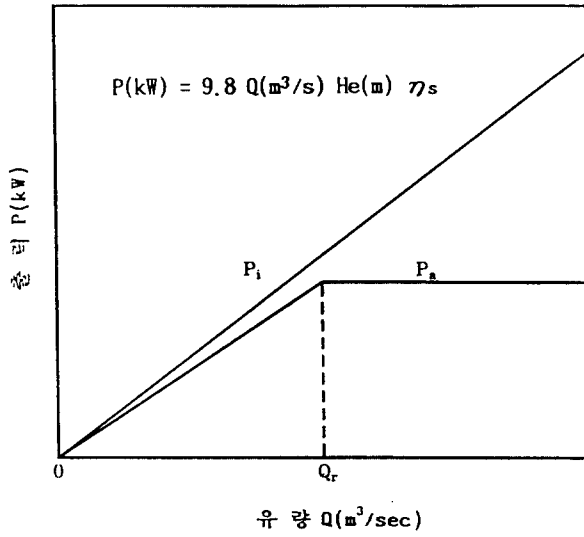


그림 3. 소수력 발전 시스템의 출력 특성

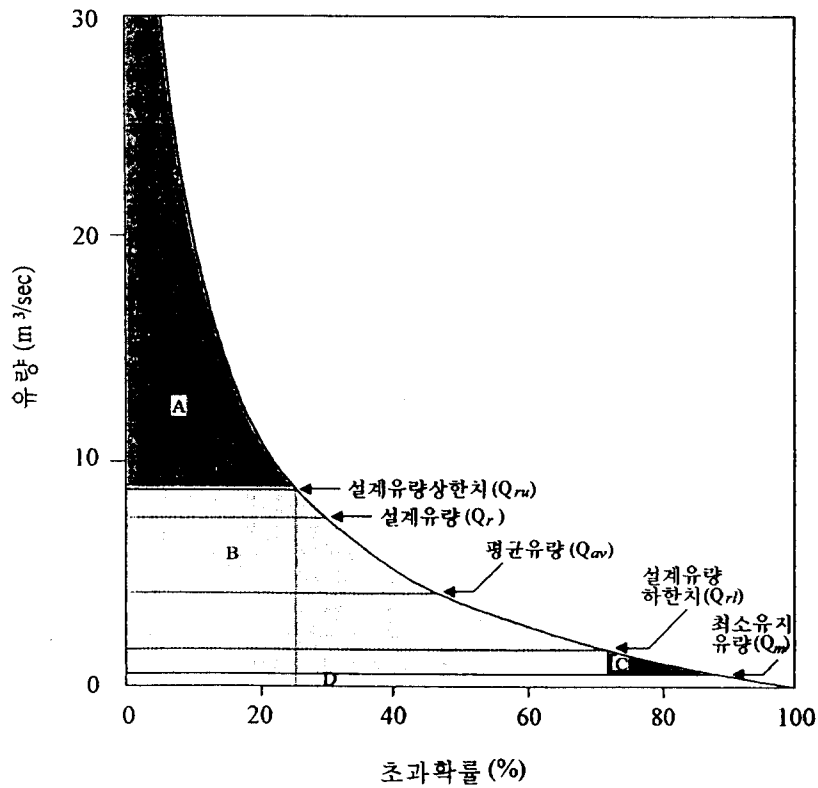


그림 4. 유량지속곡선

5.2 유량지속곡선을 이용한 발전량 추정방법

소수력 지점의 설계유량, 유효낙차, 발전형식, 적절한 수차의 형식 및 조합이 결정되면 설비용량과 2 절 에서 언급한 유량지속곡선을 이용하여 소수력 지점의 발전량을 추정할 수 있다. 그림 4는 일반적인 유량지속곡선의 이용을 나타낸 것으로 설계유량과 유효낙차가 결정되고, 수로식 또는 수로터널식인 경우, 설계유량과 관련된 수차의 최소(Q_{r1}) 및 최대 허용 유량(Q_{ru})이 결정되었을 때 그림 4의 면적 B는 연간 발전량에 기여하는 유량으로 연간 전기 생산량 E(kWh)는 다음식으로 표시된다.

$$E = 8,760 \times 9.8 Q_{av} H_e \eta_s \quad (2)$$

$$\eta_s = \eta_f \eta_w \eta_t \eta_n$$

여기서, 8,760은 1년의 시간수이며, $Q_{av}(m^3/s)$ 는 면적 B로부터 구하며 이는 수차가 1년 내내 100% 가동된다고 가정할 경우의 평균유량을 나타낸다. η_s 는 유량지속곡선을 연유량자료로부터 구하는 경우의 조정 효율(η_f), 방수위의 변동에 따른 조정 효율(η_w), 예상치 못한 수리나 보수등으로 인한 가동정지 시간을 고려한 조정 효율(η_t), 발전소시스템 효율(η_n)등을 모두 고려한 효율이다.

그림 4에서 면적 D는 수로가 변경된 구간의 최소유지유량에 해당하는 값이며, 면적 C는 취수댐(diversion dam)의 규모와 수차의 조합형식, 발전소 운영에 따라 일부 혹은 전부가 면적 B로 추가될 수 있으며, 면적 A 또한 수차의 조합형식에 따라 일부가 면적 B에 추가될 수 있는 양이므로 발전소의 시스템에 따라 최종적으로 계산된 면적 B로부터 수정된 Q_{av} 를 구하여 식 (2)를 이용하여 소수력 지점의 연간 발전량을 추정하여야 한다.

연평균 가동율(capacity or plant factor)은 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$CF = \frac{Q_{av}}{Q_r} \eta_s \quad (3)$$

5.3 저수지 운영을 통한 연간발전량 추정방법

수로식 또는 수로터널식은 하천의 흐름을 그대로 이용하는 반면에 저수식은 강류량에 근거를 두고 계속적으로 발전이 가능한 댐의 저수량을 이용하는 것으로 그림 4에서 면적 A의 상당한 부분이 크기에 따라 면적 B로 추가될 수 있는 양이라 말할 수 있다. 그러나 댐식의 경우와 수로식이라도 유량과 낙차가 일정하지 않는 경우에는, 저류특성을 고려할 수 없는 유량지속곡선의

속성과 낙차 및 시스템효율의 변동성때문에 유량지속곡선을 이용하기 보다는 사용목적에 따라 유입량의 특성과 저수용량의 할당을 통해 물수지를 근거로 저수지 운영방안(sequential operation analysis)과 같은 방법으로 조사되어야 한다. 저수식 연간발전량은 저수지운영에 의한 발전소 방류량과 낙차 및 효율의 함수로서 물수지 방정식은 다음과 같다.

$$I - O - L = \frac{ds}{dt} \quad (4)$$

여기서, I와 O는 유입량과 유출량이고, L은 증발 및 발전소를 통하지 않는 방류량등의 손실량이며, ds는 저수용량의 변화량이다. 윗식을 차분식으로 고친뒤, 시간간격 Δt 는 요구되는 타당성조사의 정도에 관계하며 월단위가 일반적이다.

6. 결론

유량지속곡선을 이용한 설비용량 및 발전량 추정방법은 수로식과 수로터널식의 경우의 예비조사 단계에서 유용한 방법이나 흐름특성과 낙차의 변동성의 정도에 의존하며, 세부조사 단계에서는 예비조사 단계에서 생략된 사항들을 고려하여 최적의 발전량을 추정하여야 한다. 소수력 지점의 홍수시에는 유량이 많은 관계로 설계유량으로 발전할 경우 증가된 하류수위로 유효낙차가 감소하여 시설 운영이 중단되는 경우도 발생할 수 있음을 고려하도록 한다. 소수력 지점의 발전만을 고려하는 경우는 동일 지점에도 여러가지 대안이 있을 수 있으므로 수자원의 효율적인 이용을 위해 각 대안들을 충분히 고려하여 최적의 설계에 따른 최적의 발전량을 추정하도록 한다. 또한 소수력 지점의 개발에 따른 사회, 경제, 제도, 환경적 문제들을 상세히 분석함으로써 주어진 제약조건내에서 최적의 발전량을 추정할 수 있도록 한다. 저류시설이 설비되는 댐식의 경우 상수원, 관개용수, 홍수경감, 주운, 자연환경, 위락시설등에 관련하여 곧 다가올 지방자치제를 대비한 공공목적의 개발에 따른 잇점이 고려된 소수력 지점의 이용범위 확대도 고려할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 동아일보, 1994.9.2.
2. Water Power & Dam construction, No. 5, 1991.
3. 박완순, 이철형, 심명필, "국내외 소수력 개발의 현황 및 전망(1)", 대한토목학회지, 39(1), pp.13~19, 1991.
4. U.S. Army Corps of Engineers, Feasibility Studies for Small Scale Hydropower Additions- A Guide Manuals, Vol.3, p.2~4, 1979.
5. 심명필, 권오익, "미계측 소수력의 발전량 추정기법의 비교", 제 36회 수공학 연구발표회 논문집, 한국수문학회, pp.45~50, 1994.
6. ASCE, Civil Engineering Guidelines for Planning and Designing Hydroelectric Developments, Vol.4, ch.5, 1989.
7. 이철형, 박완순, 심명필, "소수력 발전소의 성능특성분석", 대한토목학회논문집, 14(9), pp.1159~1166, 1994.