

수상태양광발전 상용화 방안 연구

이형묵*, 한호연* 이세현*, 임동현*
한국수자원공사*

Research for Commercialization of Floated Photovoltaic Systems

Hyoung-Mook Lee*, Ho-Yeon Han*, Se-Hyeon Lee*, Dong - Hyun lim*
Korea Water Resources Coporation*

abstract - 최근의 R&D동향은 각 분야에서 발전해온 기술들을 집약하여 다른 분야로 그 영역을 확대 적용함으로써 융·복합기술의 신규 영역창출을 도모하고, 고유영역의 한계를 극복하는 신 패러다임의 기술시대로 진입하고 있다. 신재생에너지원을 수자원 설비에 적용하는 수상태양광발전 융합기술은 저수지 공유수면 개발·이용을 통한 국토의 효율적 활용, 수자원을 이용한 친환경 에너지생산 및 녹조류 제거, 어류번식 등을 할 수 있는 고부가가치 하이테크 기술로 기존의 제한된 수자원설비의 이용기술 영역을 탈피하여, 신재생에너지, IT, BT기술이 융합된 GT기술로 미래형 친환경 저수지 실증기술로 개발이 가능한 분야이다. 이 기술이 상용화 될 경우 K-water가 보유한 다목적댐 저수지 유역면적의 1(%)만 개발해도 352(MW)정도의 친환경에너지 생산 할 수 있을 것으로 추정하고 있다. 국토가 협소한 우리나라의 경우 그동안 태양광개발로 인해 임야 및 농지 등의 환경훼손이 심각한 수준에 이르고 있어 신재생에너지개발이 다른 양상의 환경파괴를 일으키고 있다. 수상 태양광발전기술은 자연과 어우러진 친환경 융합기술로 태양광부문의 태양광모듈기술의 비약적 발전과 가격 경쟁력확보, 주변기술 등이 획기적으로 개발 될 경우 친환경수자원 분야의 미래성장 동력으로 자리매김 할 수 있을 것으로 판단 된다.

1. 서 론

수상태양광발전의 국외설치 사례는 일본의 경우 아이치 연못 수면 태양광발전 900kW, 카가와현 호넨 저수지 수면 태양광발전 300kW 등이 실증 중에 있으며, 미국의 경우는 캘리포니아 나파지역 연못에 수면 태양광발전은 477kW 운전 중에 있다. 국내에서는 다목적댐 저수지에 국내최초로 K-water에서 전남 순천시 주암 본 댐에 24kW 실증플랜트를 운영 중에 있다. 현재 실증플랜트에서 계속된 각종자료를 수집 및 분석하여 수상태양광발전이 전원으로서 유용성과 호소환경조건에서의 안정성 등을 검증하고 있다. 실증플랜트 설비는 실험설비로써 상용화단계까지 진입하기위해서 많은 시행착오와 검증이 요구되며, 고려해야 할 요건은 다음과 같다.

첫째 설치공정의 단순화 필요

현재의 실증플랜트 공정은 태양광모듈 및 지지설비, 태양광구조물 및 부력재, 앵커 및 계류장치 등 계류시스템, 전력시스템 구성 등으로 분류할 수 있다. 상기 공정 중에 부력재 및 계류시스템은 기술적으로 어려운 공정으로 상용화를 위한 핵심기술공정 개발이 요구된다.

둘째 육상태양광발전 대비 가격경쟁력 확보

육상태양광발전은 대략 kW당 설치비가 700만 원정도로 수상태양광발전시스템이 상용화되기 위해서는 육상태양광발전시스템과 비교하여 설치비가 동등 내지 그 이하로 가격대가 형성되어야 상용화하는데 문제가 없을 것으로 판단된다.

셋째 수상태양광발전설비의 신뢰성 확보

수상태양광발전설비는 저수지 수면에 위치하는 태양광발전설비로 저수지의 환경조건은 일 년 내내 빈번하게 수위가 변동한다. 특히 여름 우기 시에는 수위가 급변하고 태풍 등 기상 악화조건 발생 시에도 구조물이 안정하게 견딜 수 있는 신뢰성이 요구된다. 또한 수상태양광발전은 수면이라는 특수성 때문에 유지보수의 어려움이 따르고, 점검시 안전사고 등이 발생 될 수 있는 우려가 있다. 이를 위한 대책이 요구된다.

넷째 잠재 발전용량 풍부

육상태양광발전의 개발은 주로 임야 및 농지에서 이루어 졌으며, 이로 인해 산림훼손 및 환경파괴 등 환경문제를 발생시키고 있다. 반면 수상태양광발전시스템은 국토가

좁은 우리나라에서 가장 적합한 방식으로 국토의 효율적 활용, 호소의 수질개선, 어족자원 확보 등 다목적으로 활용이 가능한 발전방식으로 K-water에서 보유한 다목적댐 유역면적의 1(%)만 개발해도 발전용량이 352(MW)정도 추정된다.

2. 본 론

2.1 상용부력재 실험

2.1.1개 요

수상태양광발전시스템의 상용화를 위한 전 단계로 부품소재의 가격경쟁력 확보가 필요하다. 수상태양광발전의 핵심부품은 태양광모듈, 인버터, 부력재, 계류시스템 등으로 이 중에서 가장 시급한 개발부품은 부력재이다. 수상태양광발전시스템을 상용화하기 위해서는 전용부력재 개발이 필요하나 이를 개발하기 위해서는 시간과 자금의 투자가 요구된다. 우선적으로, 부력재의 상용화 전 단계로 사중에서 널리 사용되고 있는 고틸리에틸렌 소재의 부력재를 활용하는 실험 장치를 구성하여 유속 및 파고 등 환경인자가 부력재에 미치는 영향 분석, 상용 부력재 사용에 따른 전력 등 발전인자 특성 및 호소조건에서의 부력재 재료의 인장·열화특성 등을 분석하고자 한다. 이 분석결과는 전용부력재 개발 기초자료로 활용이 가능하리라 판단된다.

2.1.2 상용부력실험 방안

기존의 실증플랜트는 저수지 환경조건에서 구조물 안정성에 설계 주안점을 두었으며 수면에서의 태양광발전 출력 인버터 특성 전력품질 등의 발전전력 운전특성 과 그 외에 풍속, 풍향 온도 등의 기상환경조건 조사 및 구조물 안정성에 연구목표를 두고 수행하였다. 수상태양광발전 상용화하기 위해선 핵심공정의 가격경쟁력 확보가 선행되어야 함으로 사중에서 하천 및 바다에서 유용되고 있는 부력재를 이용한 태양광모듈 200W 간이 실험 장치를 실증플랜트 구조물 인근에 설치하여 유속 및 파고 조건에서의 전원의 유용성 전력품질 상태 호소의 환경조건에서 부력재의 인장 특성 및 열화 특성 등을 검증하는 연구가 필요하여 진행하게 되었다. 간이 실험 장치는 기존구조물에 IP ROPE를 통해 견고히 고정하고 200W모듈에서 발생하는 전압, 전류, 전력을 계측하기 위해 기존 RIU설비에 접속하여 원격감사가 가능하도록 구성하였다.



〈그림 1〉 상용부력재 실험장치 설계 개념도

2.1.3 상용부력재 실험결과 분석

상용부력재 실험 장치는 9월에 업체에 발주되어 9월 중하순 경에 실증플랜트 인근에 설치를 완료하였다. 현재 실증 중에 있으며 현재까지의 실증자료를 분석 한 결과 200W 단위 부력재는 자체중량과 크기의 한계로 인해 주변 호소의 유속과 파고에 영향을 직 간접적으로 받지 원하는 전력품질을 얻을 수 없었다. 향후, 수상태양광발전시스템을 상용화하기 위해서는 일정크기의 구조체와 부력재의 부력 등이 호소에서의 수면 환경조건에서 영향을 받지 않는 포인트를 찾는 것이 관건이라 하겠다. 현재 주암댐에 설치된 수상

태양광발전의 경우 구조체의 크기는 7(m)*7(m)=49(m)로 구조체의 중량은 3,338(kg)이며 부이의 부력은 5,000(kg)으로 구조체 중량 대비 부력에 의한 부이의 침수면적은 60%을 상회하고 있다. 이 정도의 구조물 중량 이상이 수상에 부상해야 전원의 전력품질이 양호 할 것으로 추정하고 있다



〈그림 2〉 상용부력재 실험장치 설치사진

2.1.4 수상 태양광발전 상용화 전략

현재까지 태양광발전은 발전변환효율이 낮고, 부품소재가 고가로 발전원으로써는 자생력이 부족한 전원으로 정부의 발전차액지원에 의해 유지되는 발전원으로 인식되고 있다. 그러나 태양광발전은 그 지원의 무한성과 효율성 때문에 인류의 개발 노력에 따라 미래의 인류가 소비하는 에너지를 태양광발전만으로 공급이 가능한 무한정 에너지원이다. 태양광발전은 신재생에너지원 중에 미래비전이 가장 확실한 전원으로 독일, 일본 등 선진국에서는 20년 전부터 태양광발전설비 개발에 총력을 기울이고 있다. 수상태양광발전은 지난해에 국내 최초로 주암댐에 2.4(kW)실증플랜트를 설치하였고, 금년에는 수상태양광 인접지역에 육상태양광 실증플랜트를 동일크기로 설치하여 육상과 수면의 발전원전 특성과 기상환경특성을 분석 및 평가하고 있다. 차후의 과제는 수상태양광발전을 상용화하기 위한 기술전략의 수립과 공정기술의 개발 등이 요구되며, 우선적으로 저수지의 지역적, 지형적 특수성을 고려하여 큰 틀의 상용화방안에 대해 2가지 안을 제시한다.

가. Wire를 이용한 수상태양광발전안

기존의 실증플랜트는 저수지에서의 극한 환경조건(홍수 시에 유속, 태풍(설계 조건30(m/s))에서 견딜 수 있는 태양광구조물의 안정성에 주안점을 두고 설계하였으며, 그로인해 설치비가 많이 소요되었다. 이 핵심공정 부분을 개선하기 위한 방안으로 ① 지상에 고정 앵커를 그림 2와 같이 4개 설치하고 구조물 대신에 Wire를 연결하여 접속한다.

- 수위 차에 따른 구조물 Wire의 처짐 현상을 방지하기위한 별도의 장치 개발이 요구된다.

② 구조물 Wire사이에는 별도의 태양광모듈을 설치하기 위한 간선 Wire를 두고 태양광모듈 전용부력재를 순차적으로 접속한다.

③ 태양광모듈용 전용부력재 개발이 요구된다.

- 전용부력재는 환경조건 변화 즉 기온 및 수온차 등에 견딜 수 있는 재질의 선택과 저수지에서의 유속, 풍속 등에서 안정성을 확보할 수 있는 형상개발이 요구된다.

④ 태양광모듈과 모듈사이에는 충돌에 의한 파손사고가 발생하지 않도록 매개체를 삽입하여야한다.

⑤ 태양광발전설비를 유지보수하기 위한 방안수립이 필요하다.

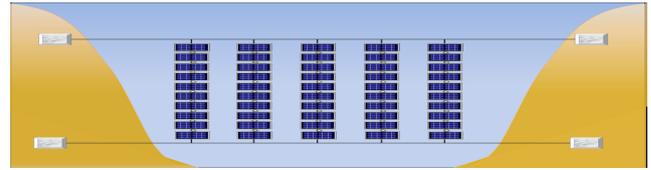
- 유지보수하기 위한 방안으로 구조물wire에 연결고리 형태의 접속단자를 두고 유지보수 시 연결고리를 제거한 후 유지보수용 선박의 유출입이 원활하게 진행 될 수 있도록 하는 장치개발이 요구된다.

⑥ 상기방안은 댐 호소지역의 분류에서 벗어난 지역 즉, 홍수 시에 유속 및 부유물의 영향이 거의 없는 협소한 지역에 설치가 용이한 방식으로 K-water가 보유한 댐 지역에는 이런 지형적 특성을 갖춘 지역이 상당히 분포되어 있다.

나. 구조체를 이용한 수상태양광발전 방안

다목적댐 저수지의 저수위와 홍수위의 수위차이는 보통 20~30(m)정도이며, 수상태양광발전설비를 저수지에 설치하기 위해서는 수위에 따른 태양광구조물의 응동과 홍수기시 유속과 태풍 등 외부환경조건에서 견딜 수 있는 구조물 안정성 확보가 요구된다. 본 수상태양광발전 상용화방안은 댐 저수지의 분류

지역에서 설치가 가능한 형태의 구조물로 극한 환경조건에서 설치가 적합한 방식이라 하겠다. 이방식의 공정특성을 설명하면



〈그림 3〉 Wire를 이용한 수상태양광발전 구성(안)

① 구조물에 부력재를 설치하여 수면에 띄우고, 구조물은 계류시스템의 계류사를 이용하여 바닥의 앵커에 설치하여 고정한다.

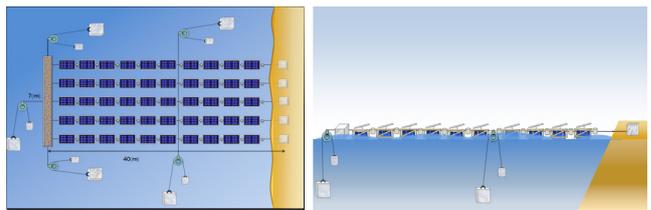
② 앵커에 연결된 계류사 반대편에는 무게 추를 달아 수위의 변화에 따라 응동이 가능하도록 한다.

③ 지상에는 고정앵커를 설치하여 수면의 구조물에 wire를 이용하여 연결하고, 태양광모듈을 전용부력재 위에 설치하고 구조물wire에 순차적으로 연결하여 접속한다.

④ 태양광모듈과 모듈사이에는 충돌에 의한 파손을 방지하기 위해 충돌방지용 플로트를 사용한다.

⑤ 수면구조물과 지상앵커사이의 wire 중간에 고정용 앵커를 설치하여 태풍 등 외부 극한 환경에서 구조물의 안정성을 확보한다.

⑥ 유지보수 공정의 편리성을 도모하기위해 지상의 고정앵커 및 수면 구조물의 wire 접속개소에 연결개소를 설치하여 유지보수를 위한 장치설치 및 공간을 확보하고 유지보수용 보트가 유출입 될 수 있도록 구성한다.



〈그림 4〉 구조체를 이용한 수상태양광발전 방안

이 방식은 “가”방식에 비해 견고한 방식으로 댐 저수지에 유속이 빠르고 홍수 시 분류가 흐르는 지역 및 풍속이 있는 지역에 설치가 가능한 방식이라 판단된다.

3. 결 론

정부는 신재생 에너지 개발이용·보급 촉진법 개정안을 지난 2010년3월18일에 국회를 통과시켰고, 후속조치로 하위법령 개정이 진행 중에 있으며 올 9월에 최종적으로 확정될 예정이다. 개정내용을 보면 현재의 RPA제도는 2011년까지 시효를 만료시키고, 2012년부터는 RPS제도를 도입하고자 하고 있다. RPS(신재생에너지 의무할당제도)제도는 설비규모 500MW이상(신재생제외)의 발전사업자가 신재생에너지를 의무적으로 공급하도록 규정하는 것으로 발전사업자로는 6개 발전회사, 포스코파워, K-파워, GS EPS, GS파워, 메이아울츠, 현대대산 등의 발전회사를 지정하였으며, 단, K-water와 지역난방공사는 공공기관으로서 참여업체 자격으로 참가 될 것이 예상되고 있다. K-water는 신재생에너지 개발이용·보급 촉진법 개정안이 최종 확정되면 그 법령에 따라 태양광발전의 사업여부를 최종 결정 할 것이다. 국내태양광발전 보급량은 2008년 말 기준 37(MW)로 태양광시장은 5년간 년 평균 52.4(%)의 급격한 성장을 보이고 있다. 그러나 현재의 태양광발전은 난 개발로 인해 임야 등의 산림훼손과 설치면적 부족 등의 문제에 직면하고 있어, 수상태양광발전은 미래의 태양광발전의 대안으로 부상할 것이다. 수상태양광발전방식이 육상태양광발전 설치비 대비 유사하거나, 그 이하가 되도록 상용화 될 경우 보급은 빠른 속도로 진행 될 것으로 전망된다. 상기에 제시한 2개의 상용화 방안은 태양광발전의 가격 경쟁력 확보와 신뢰성에 역점을 두었다. 현재는 설치를 위한 기획단계로 상용화를 위해선 전용 부력재 개발, 유지보수를 위한 공정개발, 세부 공정별 기준수립 등이 필요하며 많은 시행착오와 검증이 요구된다.