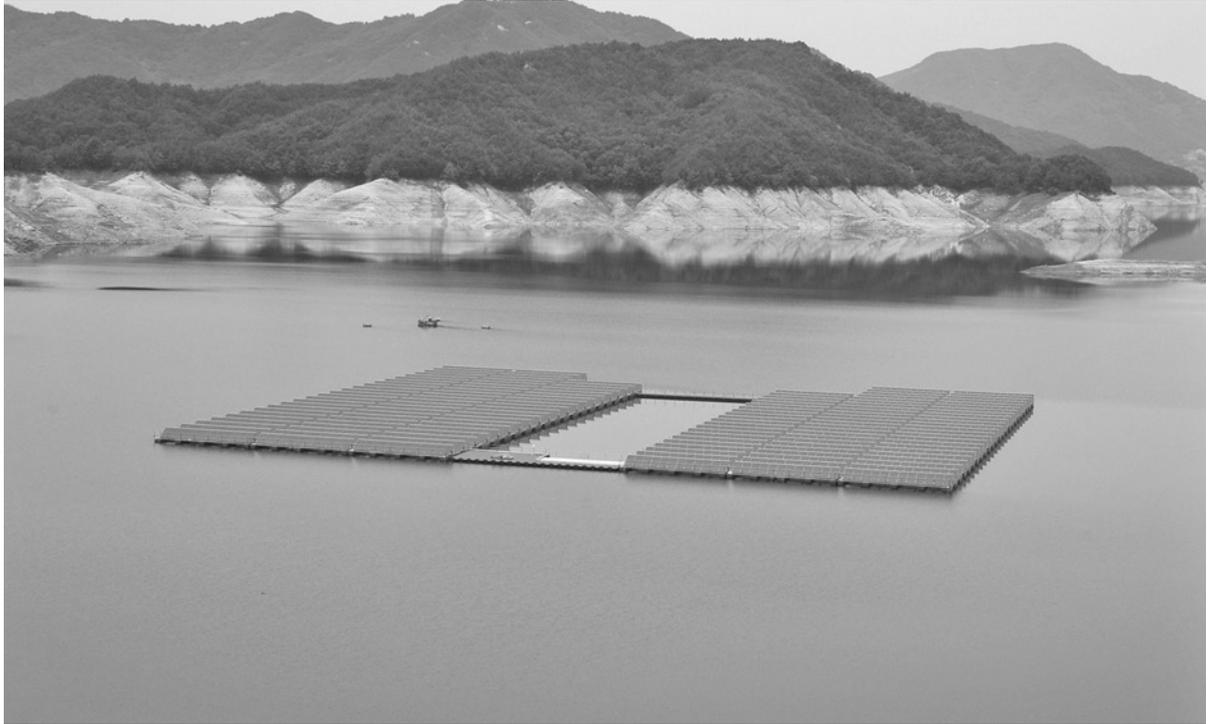


수상태양광 발전기술 개요 및 현황



주인호
한국수자원공사 전력사업처 차장

1. 개황

환경문제 대응과 지속가능한 에너지원 확보라는 목적으로 신재생에너지를 활용한 발전이 빠르게 보급되고 있다. 특히 그 중에서 소규모 3kW급 일반가정용부터 MW급 발전사업 규모 까지 우리 생활에 가장 깊숙이 다가온 분야가 태양광발전 시스템이라 할 수 있다.

건축물에 태양광발전시설을 설치하는 경우 설치면적, 구조 안정성, 장기임대, 음영의 간섭 등의 어려움이 있고, 대지(大地)에 설치하는 경우에도 농지 또는 임야지를 이용함에 따라 각종 민원과 인허가 관련 갈등과 맞닥뜨리게 된다. 하지만 수상태양광발전은 이러한 문제점들을 상당수 해결할 수 있는 대안이 될 수 있다.

우리나라의 경우 저수지 수면의 약 5%를 이용할 경우 약

5,400MW 규모의 태양광 개발이 가능한 풍부한 자원이 있다. 또한, 2008년부터 연구개발한 결과 상업화 하는데 필요한 기술이 개발되어 2012년도부터 개발여건이 비슷한 국내와 일본에서 사업이 본격적으로 추진되고 있다. 한국수자원공사(k-water)가 2012년 합천댐에 설치한 500kW 상용화모델의 발전 성능과 국내외적으로 사업화되고 있는 기술동향에 대해서 소개한다.

2. 개요

가. 수상태양광의 구조

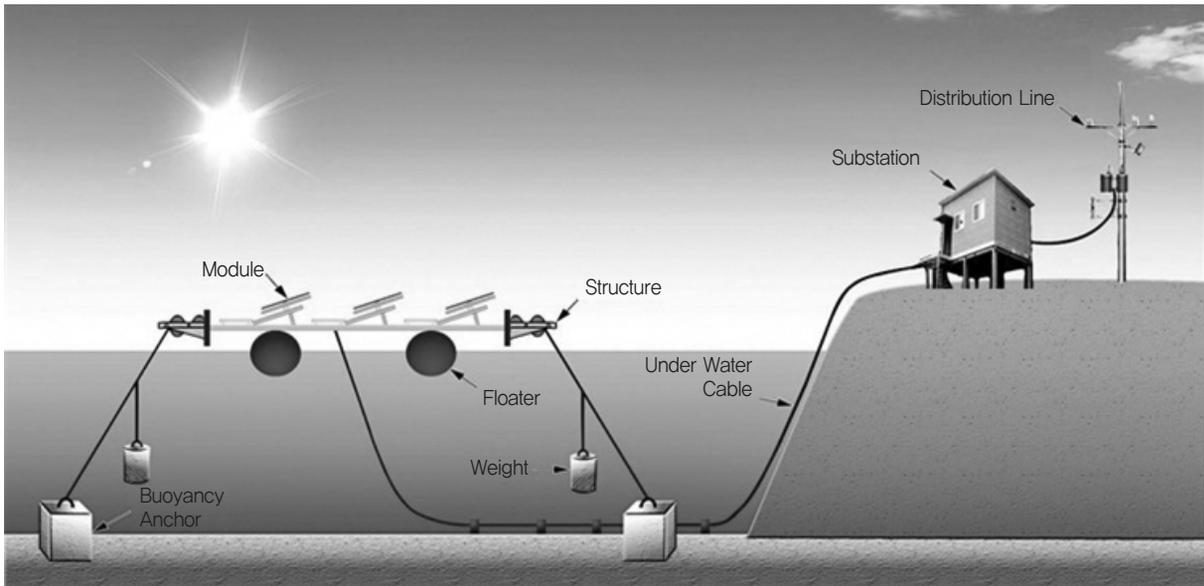
수상태양광은 [그림 1]과 같이 수면 위에 계류장치(mooring system)로 고정된 부유체(structure+ floater)에 태양광 모듈을 고정한 구조가 일반적이다. 이때 부유체는 설계 최대외압조건(보통, 풍속30~35m

/sec)에서 모듈을 지지하게 되는데, 계류장치는 이 부유체를 고정하는 역할과 댐수위의 변화에 따라 발생하는 계류선의 여유장력을 조정하여 부유체의 방향을 일정하게 유지하도록 하는 역할을 담당한다.

나. 수상태양광의 발전 특성

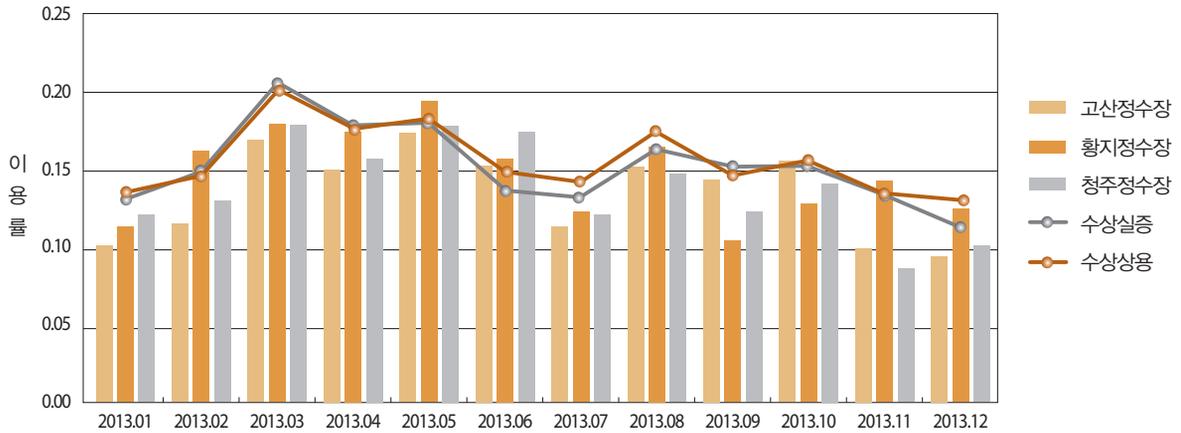
K-water 태양광시설 중 설치년도가 2011년, 2012년으로 모듈특성이 크게 차이나지 않는 육상태양광 3개소와 수상태양광 2개소의 월별 이용률¹⁾을 분석한 결과(그림 2 참조), 수상태양광의 연간 이용률은 16%(소내 소비량 포함할 경우 16.4%)로 청주정수장, 전주고산정수장의 육상태양광에 비해 14.2% 연간 이용률이 높고 태백항지정수장에 비해서는 6.6% 높은 이용률을 보였다.

청주정수장과 수상태양광의 발전량과 주변 및 모듈 온도를 비교해 보면(그림 3 참조), 일평균 주변온도는 청주정수장이 합천수상에 비해 약 3℃, 모듈온도는 약 4.3℃가 높으며, 이용률은 14.3%가 낮음을 알 수 있다.



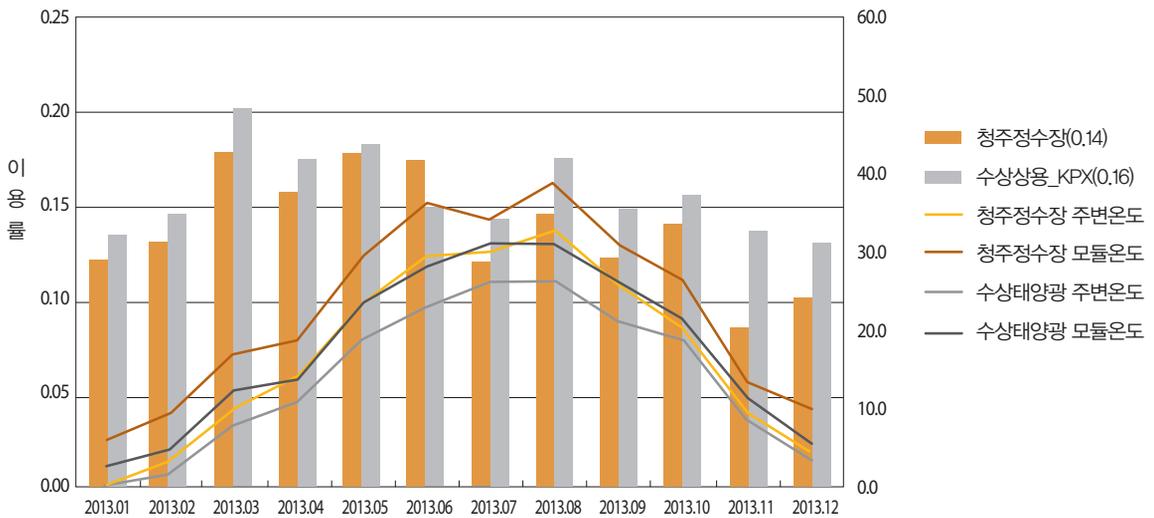
[그림 1] 수상태양광 개념도

1) 이용률 = $\frac{\text{월발전량 (kWh)}}{\text{발전용량 (kW)} \times 24 \times \text{월일수}} \times 100$, 이때 발전량(kWh)은 KPX 거래값을 기준으로 함



구분	2013.01	2013.02	2013.03	2013.04	2013.05	2013.06	2013.07	2013.08	2013.09	2013.10	2013.11	2013.12
고산정수장(0.14)	0.10	0.12	0.17	0.15	0.17	0.15	0.11	0.15	0.14	0.16	0.10	0.09
황지정수장(0.15)	0.11	0.16	0.18	0.17	0.19	0.16	0.12	0.16	0.10	0.13	0.14	0.12
청주정수장(0.14)	0.12	0.13	0.18	0.16	0.18	0.17	0.12	0.15	0.12	0.14	0.09	0.10
수상실증(0.16)	0.13	0.15	0.21	0.18	0.18	0.14	0.13	0.16	0.15	0.15	0.14	0.12
수상상용(0.16)	0.13	0.15	0.20	0.18	0.18	0.15	0.14	0.17	0.15	0.16	0.14	0.13

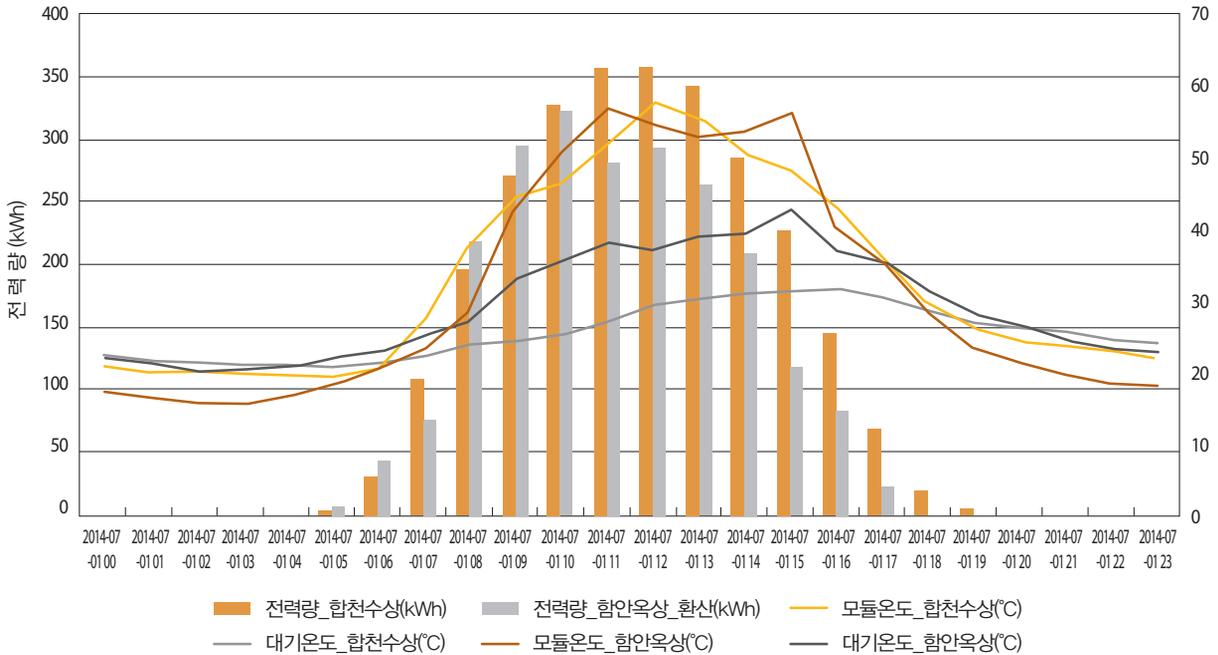
[그림 2] 육상태양광과 수상태양광의 이용률 비교



[그림 3] 이용률, 주변온도, 모듈온도 비교

여름철(2014년 7월 1일) 합천 수상태양광과 약 40km 떨어진 함안 육상태양광을 비교한 결과를 보면 좀 더 구체적으로 온도와 발전량 상관관계를 알 수 있는데, 육상태양광은 오전 10시부터 주변온도가

35℃일 때 모듈온도가 50℃를 초과하게 되면 급속히 발전량이 감소되는 것에 반해, 수상태양광은 주변온도가 일 최고 28℃를 넘지 않으며 모듈온도가 55℃까지 상승해도 육상에 비해 발전출력이 감소되지 않



[그림 4] 합천 수상태양광 인근 옥상태양광과의 일데이터 비교

음을 볼 수 있다.

이는 동일한 일사량 조건에서 발전 임계점에 도달하는 모듈온도는 55℃ 정도이며, 이때 발전최고 출력은 주변대기온도에 반비례하여 증가함을 알 수 있다.

3. 수상태양광 기술개발 동향

가. 프레임형과 부력일체형

수상태양광 설비의 건설비용에서 부유체 및 계류 시설이 차지하는 구성 비율은 약 43%로 건설비를 낮추기 위해서는 무엇보다 부유체 기술개발이 중요하다. 현재 국내외 시장을 형성하고 있는 부유체는 [표 1]과 같이 형상별로 2종류로 분류할 수 있다.

프레임형	부력일체형
	
알루미늄 프로파일 또는 FRP H빔을 조립하고 하부에 부력재를 연결하는 구조 (국내) 합천댐, 당진화력, 덕곡저수지 (국외) 나파밸리(미국), 슈베르트(이탈리아)	성형이 용이한 PE재질로 부력통과 모듈을 지지하는 부유체를 일체화한 구조 (국내) 계획 중 (국외) 오케가와(일본), 가와고에(일본)

[그림 5] 수상태양광 부유체 형상별 분류

합천댐(100kW)	반월저수지(10kW)	금광저수지(465kW)
		
<p>계류장치로 고정된 원형 가이드프레임 안에서 모듈이 설치된 구조체를 회전시키는 구조</p>	<p>수면 아래 밸러스트 탱크의 물의 양을 조정하여 부유체의 경사각을 가변하는 구조</p>	<p>고정된 중심축을 중심으로 부유체 전체를 회전시키는 구조</p>

[그림 6] 국내 추적식태양광 설치 현황

프레임형은 구조적 안정성이 높아 모듈 경사각을 33°로 설계할 수 있어 발전이용률이 높은 장점이 있으나 건설비용이 높아 최대설계 외압을 크게 감안해야 하는 지역(주로 저수면적이 넓은 저수지)에 설치되고 있으며, 부력일체형은 모듈경사각을 12~20° 낮춰 최대설계 외압으로 작용하는 수직 및 수직풍하중을 감소시키는 구조로 발전이용률은 3~3.5% 떨어지지만 건설비는 프레임형에 비해 15~20% 정도 낮은 장점이 있다.

나. 고정형과 추적형

육상 추적식태양광과 달리 수상태양광에서 추적식은 태양광의 이동에 따른 움직임 외에 수심변화에 따른 상하 움직임을 동시에 고려해야 하는 어려움이 있어 현재까지는 프레임형 고정식에 비해 2~3배 건설비가 높아 이를 해결하기 위해 연구개발이 진행되고 있다.

현재 2013년 합천댐 100kW급(k-water)과 반월

저수지 10kW급(솔라테크, 위닝비즈니스), 2014년 금광저수지 465kW급(한국농어촌공사, 솔키스) 설비가 설치되어 운영되고 있다.

4. 맺음말

넓은 수면은 음영 간섭이 적고, 낮은 주변온도와 바람이 많아 태양광발전이 유리한 환경이지만 반대로 강한 바람, 파랑, 습기 등에 항상 노출된 조건이므로 이에 대응하는 설계·시공을 하지 않는다면 운영 시 발전이용률 저하로 사업수익성이 크게 낮아질 수 있다.

그 밖에도 저수지의 바닥 형상, 홍수기 부유물, 저수지 운영패턴, 옥외 계통연계설비 부지 및 계통연계 조건 등 입지여건에 따라 초기 건설비 상승과 관련 개발 인허가가 불가능할 수 있기 때문에 무엇보다 수상태양광 입지 선정에 많은 시간투자를 할 필요성이 있다. 