
수상태양광 설치에 따른 환경적 안전성 평가

수상태양광 발전시설의 환경영향성 토론회

2019. 11. 21.

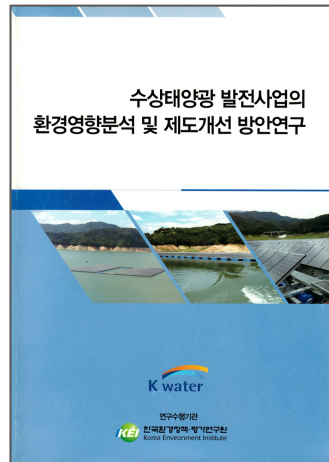
이 후 승 부연구위원

01

과업 추진현황

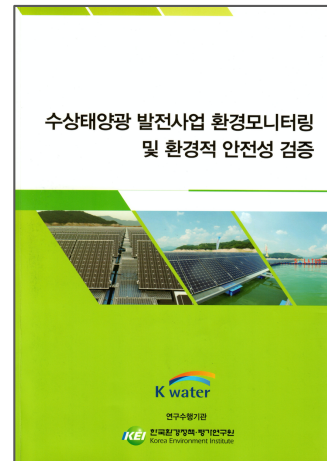
1. 연구추진일정
2. 연구 목적 및 필요성
3. 연구 범위
4. 연구 추진체계

1. 연구추진 현황



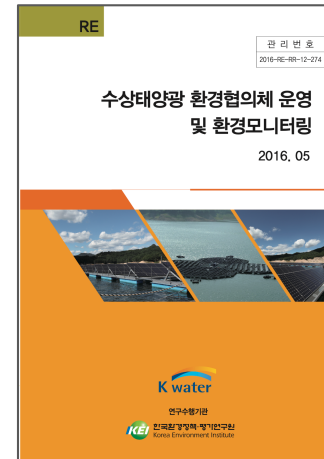
2012

4계절 조사
수환경 영향분석
경제성 분석
관계 법령·제도 현황 및 잠재량
공청회



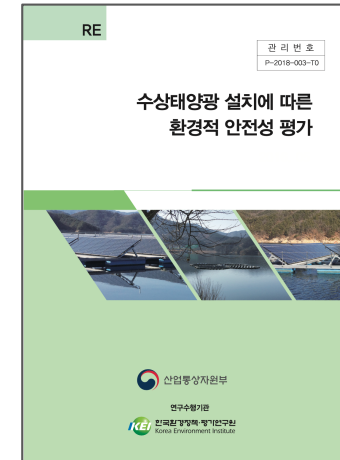
2014

4계절 조사
생물상 분석
수환경의 이화학적 분석
기자재 용출 및 퇴적물 분석
환경모니터링 가이드라인
운용 지침 및 체크리스트
포럼 운용



2016

4계절 조사
생물상 분석
수환경의 이화학적 분석
기자재 용출 및 퇴적물 분석
환경협의체
(국회1인, 정부3인, 학연구계4인,
산업계2인, 시민사회단체2인)



2019

2계절 조사
생물상 분석
수환경의 이화학적 분석
기자재 용출 및 퇴적물 분석
관련 법령, 규정 및 지침 검토·분석·보완
모니터링 가이드라인 보완
전문가 T/F 운용
(정부1인, 학연구계4인,
산업계3인, 시민사회연론3인)

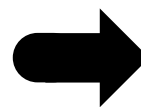
합천호

- 면적 25.95km²
- 만수위 176m
- 저수량 7억 9000만 ↑
- 한국수자원공사 관할 37개* 댐 중 8위(담수면적)
*하구둑, 평화의댐, 시화호 제외



2. 연구 목적 및 필요성

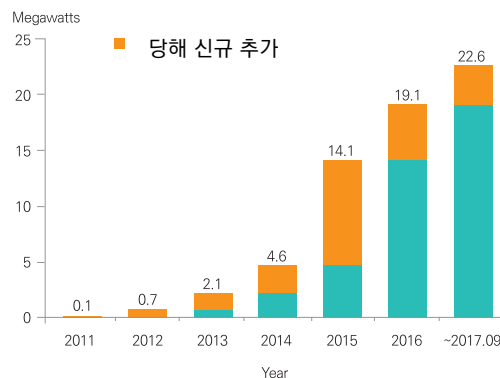
2030년까지 재생에너지의 발전량 비중을
20%까지 올리는 것을 목표



수상태양광에 대한 환경적 부정적 인식(녹조, 수
생태계 장애, 오염물질 용출 등) 확대

- 재생에너지 3020 이행계획(안)에 따르면 2030년까지 48.7GW 규모의 신규 발전설비 보급을 전제로 함(산업통상자원부, 2017)
- 2017년 9월 기준 전국에 21개 수상태양광 발전시설 설치·운영중이며 설비용량은 총 22.6MW

- 태양광 패널에 납·비소가 들어있고 용출까지 된다는 연구보고
- 일본 연구팀의 '수상태양광 설치 시 녹조가 더 많이 번성했다'는 논문
- 수상태양광 부유 장치와 철골 구조물의 수중 생태계 악영향
- 수상태양광 패널의 오염 세척 시 세척제의 수중 생태계 영향



환경모니터링의 연속성 및 장기적인 생태환경 영향 분석을 기반으로

수상태양광의 환경성 검증의 객관성 향상 기회 마련

3. 연구 범위

1. 국내외 발전시설 운용 현황

- 국내외 수상태양광 발전시설 개발·운영 현황 및 주요 특징 분석을 통한 환경성 관련 시사점 도출
- 해외 수상태양광 발전시설의 환경성 영향평가 사례 분석 결과를 토대로 국내 수상 태양광 확대에 따른 제도적 방향 및 시사점 도출

2. 환경영향 검증

- 합천호 발전시설 주변 수환경 (수질 등) 및 수생태계 환경 영향 실증 분석
- KEI에서 선행 연구된 연구 결과와 금번 결과를 비교하여 장기적 생태현황 분석
- 합천호 수상태양광 발전 시설에 대한 관계자 인터뷰 실시

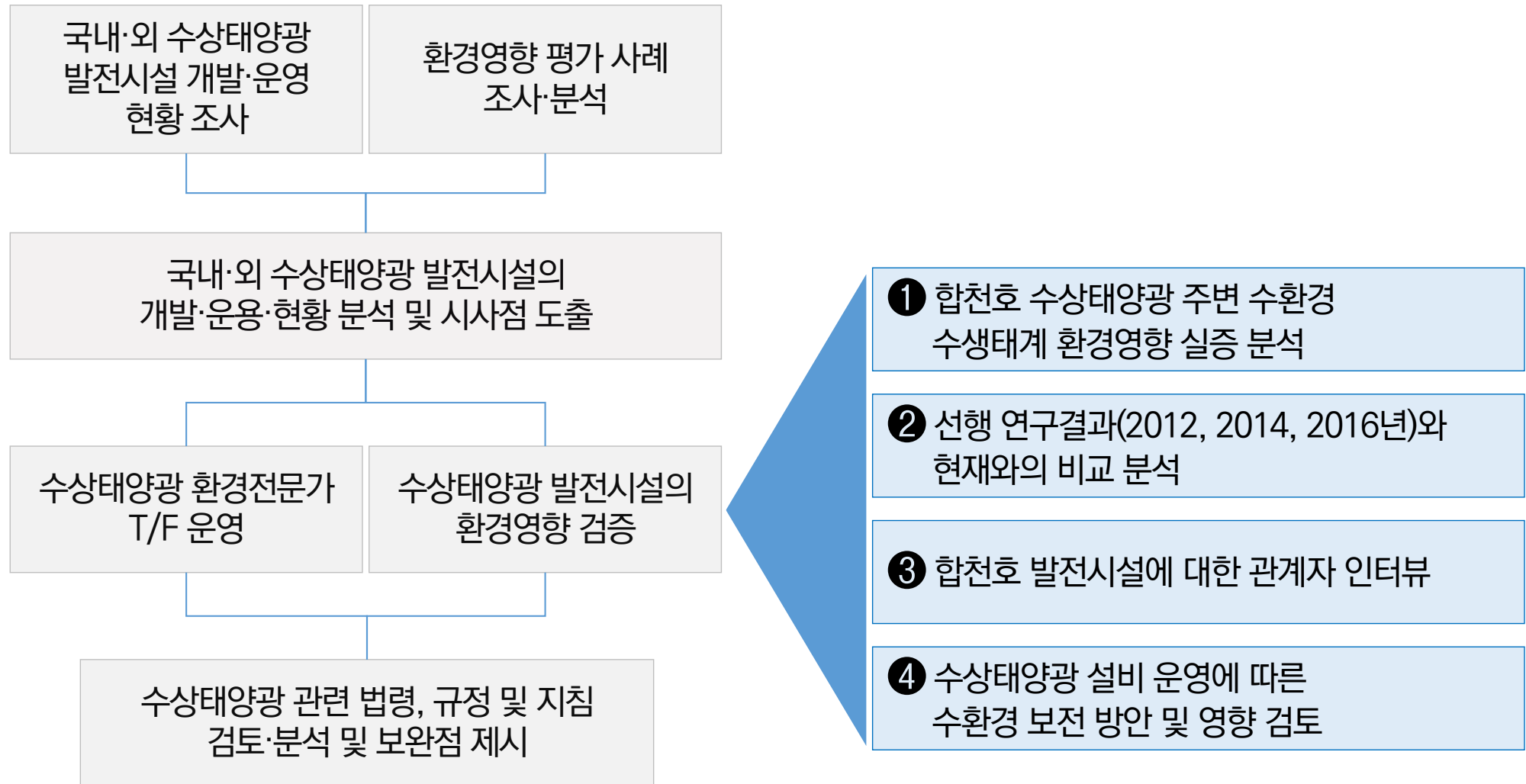
3. 관련 법령 등 검토·분석

- 수상태양광 관련 법령, 규정 및 지침 검토·분석
- 수상태양광 환경모니터링 가이드라인 검토

4. 관련 전문가 T/F 운영

- 분야별 전문가가 참여하는 T/F를 운영하여 추진 방향 전반 제언
- 지역사회 수용성 제고 방안 논의

4. 연구 추진체계



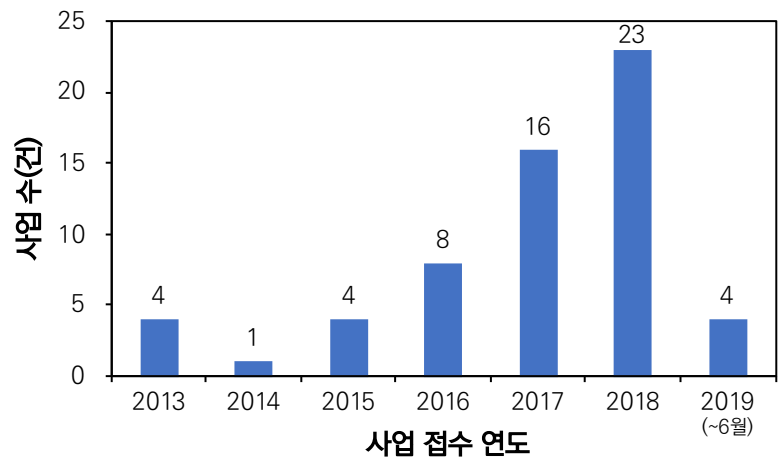
02

연구수행 결과

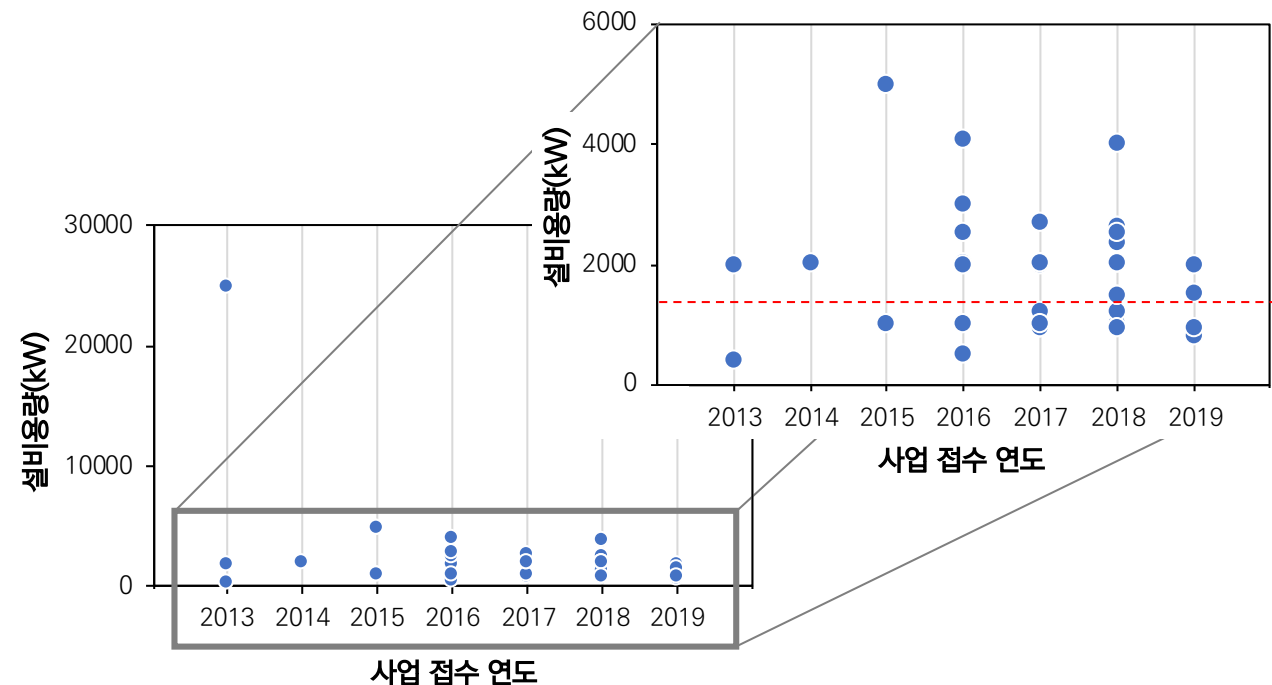
1. 환경영향평가 사례 분석 및 주요 시사점 도출
2. 수상태양광 발전시설의 환경영향 검증
3. 관련 법령, 규정 및 지침 검토·분석 및 보완점 제시
4. 수상태양광 관련 주민수용성 확보 방안
5. 수상태양광 환경전문가 T/F 운영 결과
6. 결론

1. 환경영향평가 사례 분석 및 주요 시사점 도출

- 환경영향평가 정보지원 시스템(EIASS)에 등록된 2013년도~2019년도 6월까지 소규모 환경영향평가서 65건 중 ‘협의 완료’된 사업 분석 60건 분석
- KEI에서 검토된 사업은 60건 중 22건(약 36.7%)임
- 사업 건 수는 지속적으로 증가하고 있으나 설비 용량은 일정하게 유지되고 있음



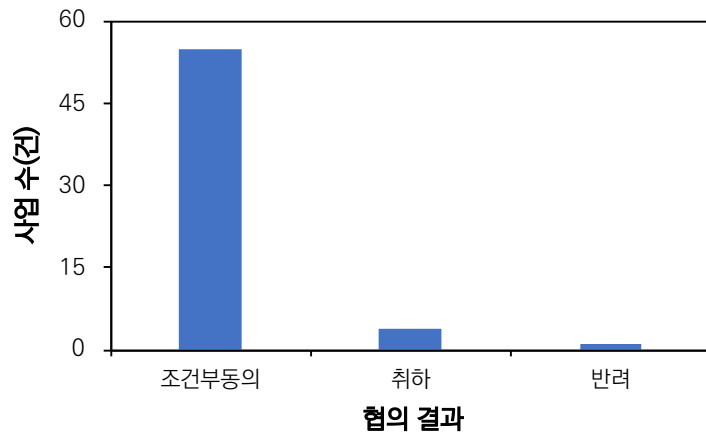
〈수상태양광 발전사업의 환경영향평가서 연도별 사업 수〉



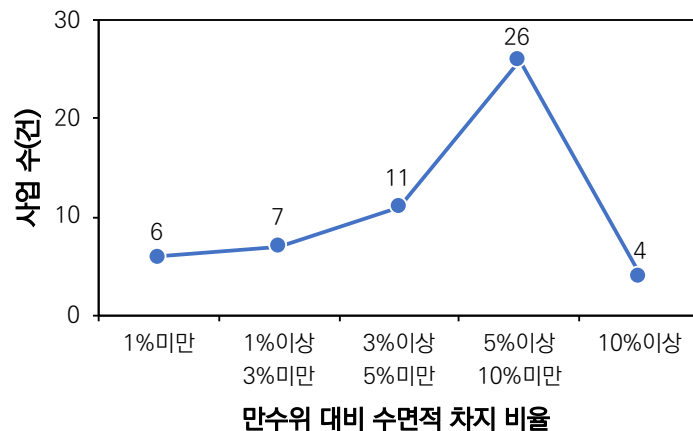
〈사업 접수 연도별 수상태양광 발전사업 설비용량, 붉은 점선은 평균 설비용량임〉

1. 환경영향평가 사례 분석 및 주요 시사점 도출

- 대부분의 사업(55건, 91.7%)이 ‘조건부 동의’로 협의되었고 일부가 ‘취하’(4건, 6.7%) 또는 ‘반려’(1건, 1.6%) 됨
- ‘반려’된 사업의 경우, 1) 사업계획의 입지와 관련된 적정성 문제, 2) 공유자원인 저수지에 대한 지역 주민 수용성 확보 미흡, 3) 규모 적정성 및 4) 주민민원사항에 대한 미반영이 주된 사유임



〈협의 결과에 따른 사업 건수〉



만수위 대비 수면적 차지 비율

〈만수위 대비 수면적 차지 비율에 따른 사업 수〉

〈표 2-4〉 수상태양광발전 대상사업 전문가 검토의견(KEI)

분류	항목	항목별 의견내용	개진된 의견 횟수
수환경	수질	- 수질모니터링 계획 수립	3
		- 수질오염을 고려한 추가계획 타당성	1
	수리·수문	- 관리강화를 위한 협의체 구성과 운용	9
		- 공유자원인 저수지에 대한 지역 수용성 확보	5
		- 저수율 변화에 따른 변동폭 및 집중되지 않도록 분산배치 검토	6
		- 시설물관리에 대한 계획 수립	7
자연환경	동·식물	- 생태환경에 미치는 영향을 고려한 계획의 적절성 검토	2
		- 수생태계 및 주변 생태계에 미치는 영향을 고려한 입지타당성 검토	2
		- 시설물 규모 축소	10
		- 발전시설물의 적정규모 분석 및 입지정점 분석	10
		- 사전예방원칙에 입각한 시설 설치 및 운용	8
		- 현황조사 미흡에 따른 추가 생태조사 실시	4
		- 수생태환경을 고려한 분산배치 검토	3
		- 운영 시 환경모니터링 계획 수립	10
		- 운영 시 특정 시기별 안전관리방안 수립	10
		- 시설물 설치 후 운용기간에 대한 명확한 설정	6
		- 비상시 대치요령 계획 수립	8
		- 장기운용·폐기 계획 수립	8
		- 관리강화를 위한 협의체 구성과 운용	9
생활환경	경관	- 경관영향을 고려한 규모 적정성 검토	3
사회·경제환경	인구·주거	- 참여형 거버넌스를 위한 협의체 구성	11
		- 이해관계자 분석	2

2. 수상태양광 발전시설의 환경영향 검증

총 4회에 걸친 수상태양광 시설 장기적인 환경모니터링의 연속성으로 검증 실시

- 합천호 수환경 및 수생태계 환경 영향 분석
 - ✓ 합천호 수상태양광 운영에 따른 생물상 영향 분석
 - ✓ 수질 및 기자재 용출 영향 분석
- 선행 연구결과와 현재를 포함한 종합적 비교 분석
 - ✓ 합천호 수상태양광 운영에 따른 생물상 영향 분석
 - ✓ 수질 및 기자재 용출 영향 분석



〈합천호의 조류 분포 조사지역〉

〈표 3-1〉 선행 환경모니터링 현지조사의 시간적 범위

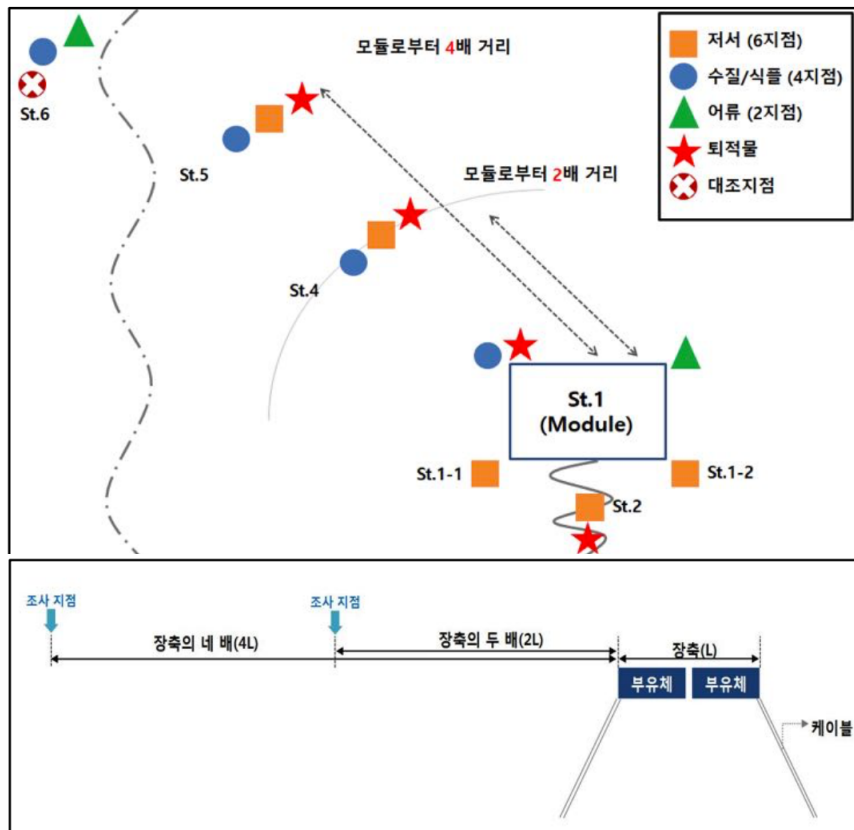
조사기간	조사횟수	기타
2011.11.~2012.9.	총 4회 (2차 조사는 조류조사에 한함)	노태호 등(2012)
2013.8.~2014.5.	총 10회 (매달 1회 실시)	노태호 등(2014)
2015.6.~2016.3.	총 10회 (매달 1회 실시)	노태호 등(2016)

- 금번 연구의 시간적 범위
 - ✓ 2018년 12월부터 2019년 7월까지 총 8개월
 - ✓ 총 2회 조사 실시(동절기 및 춘계)
- 공간적 범위
 - ✓ 선행연구와의 연속성 및 객관성 확보를 위해 동일한 장소에서 동일한 기관이 동일한 방법으로 실시

2. 수상태양광 발전시설의 환경영향 검증

환경영향 검증의 객관성 확보 및 수도법 등의 엄격한 기준 적용

- 수상태양광 발전부지와 대조군과의 비교분석 실시
- 선행연구(2012, 2014, 2016)와 동일한 장소 및 방법으로 객관적 연속성 확보



〈합천호의 수상태양광 조사지점 모식도(단면도)〉

〈표 3-11〉 수도법 항목별 위생안전기준

항목		기준	항목		기준
1	카드뮴	0.0005mg/L 이하	23	음이온 계면활성제	0.02mg/L 이하
2	수은	0.0001mg/L 이하	24	1,1,1-트리클로로에탄	0.01mg/L 이하
3	셀레늄	0.001mg/L 이하	25	페놀류	0.0005mg/L 이하
4	납	0.001mg/L 이하	26	과망간산칼륨소비량	1.0mg/L 이하
5	비소	0.001mg/L 이하	27	맛	이상 없을 것
6	6가크롬	0.005mg/L 이하	28	디클로로메탄	0.002mg/L 이하
7	시안	0.001mg/L 이하	29	시스-1,2-디클로로에틸렌	0.004mg/L 이하
8	질산성 질소 및 아질산성 질소	1mg/L 이하	30	테트라클로로에틸렌	0.001mg/L 이하
9	불소	0.15mg/L 이하	31	냄새	이상 없을 것
10	사염화탄소	0.0002mg/L 이하	32	색도	0.5도 이하
11	1,2-디클로로에탄	0.0004mg/L 이하	33	탁도	0.2NTU 이하
12	1,1-디클로로에틸렌	0.003mg/L 이하	34	잔류염소의 감량	0.7mg/L 이하
13	1,1,2-트리클로로에탄	0.0006mg/L 이하	35	에피클로로히드린	0.01mg/L 이하
14	트리클로로에틸렌	0.003mg/L 이하	36	아민류	0.01mg/L 이하
15	벤젠	0.001mg/L 이하	37	2,4-톨루엔디아민	0.002mg/L 이하
16	아연	0.3mg/L 이하	38	2,6-톨루엔디아민	0.001mg/L 이하
17	철	0.03mg/L 이하	39	포름알데히드	0.008mg/L 이하
18	구리	0.1mg/L 이하	40	아세트산비닐	0.01mg/L 이하
19	나트륨	20mg/L 이하	41	스티렌	0.002mg/L 이하
20	망간	0.03mg/L 이하	42	1,2-부타디엔	0.001mg/L 이하
21	염소이온	25mg/L 이하	43	1,3-부타디엔	0.001mg/L 이하
22	중발잔류물	50mg/L 이하	44	N,N-디메틸아닐린	0.01mg/L 이하

※ 자료: 수도법 별표 1의2 위생안전기준(제24조 관련)

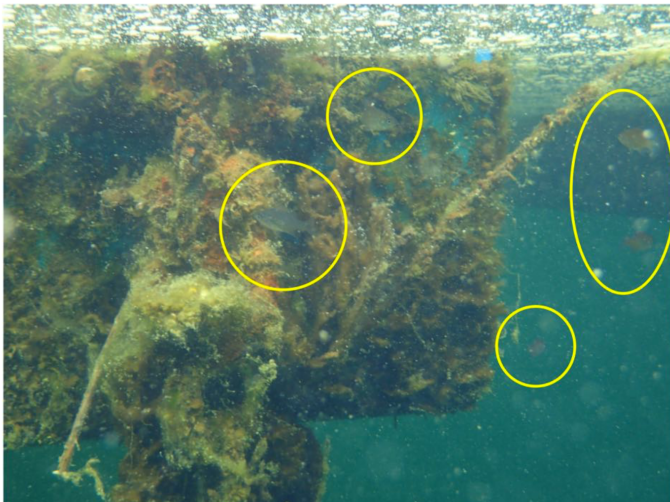
2. 수상태양광 발전시설의 환경영향 검증

2018-2019년도 환경영향 검증 결과 발전시설이 유의한 영향을 미치지 않는 것

- 수상태양광 발전시설이 조류 등 수 생태에 **거의 영향을 미치지 않는 것**으로 조사됨. 즉 발전 부지와 대조군과의 유의한 차이점이 없었음

✓ 다만 어류의 경우, 2015-2016년도 조사에서 구조물 하부에 치어 및 이를 먹이로 하는 어종들까지 비교적 다양한 어류가 안정적으로 이용하는 것으로 보고된 바 있으나(노태호 등 2016)

✓ 금번 조사에서 **약간의 집어 효과**는 볼 수 있으나 구조물이 매우 단순하여 직접적인 치어와 미성어의 은신처 및 생육장 역할은 못하는 것으로 사료됨



(그림 3-9) 수상태양광 발전시설 아래의 수중 구조물 사이에 서식하는 블루길(노란색 원)

〈표 3-30〉 2018-2019년 합천호 수상태양광 발전시설 및 하류역 환경모니터링 조사결과

구분	세부항목	조사결과	환경기준	기타
수질	환경요인	수온	5.7~22.0°C	-
		탁도	0.1~28.1NTU	-
		전기전도도	110.0~171.0 μ S/cm ²	-
	평균 DO	9.6~13.7mg/L	매우 좋음(Ia)	7.5이상
	평균 COD	2.1~3.7mg/L	좋음(Ib)~ 약간 좋음(II)	2이하~4이하
	총질소(T-N)	1.47~1.56mg/L	나쁨(V)~ 매우 나쁨(VI)	1.5이하~1.5초과
	퇴적물	모든 지점이 가장 엄격한 기준인 I등급(보통)을 만족	-	-
	용출특성	구조체 (알루미늄)	아연, 나트륨, 증발잔류물, 탁도, 잔류염소의 감량 검출	환경 기준치를 크게 벗어나지 않음
		부력제	아연, 증발잔류물, 탁도, 잔류염소의 감량 검출	
		수중케이בל 고무	아연, 구리, 나트륨, 증발잔류물, 색도, 탁도, 잔류염소의 감량 검출	
육상 동물	조류	종조성	26종 313개체	-
육수	어류		1과 3종 38개체	-
	저서성무척추동물		12종	-
식물 플랑크톤	종조성		7문 10강 20목 23과 25속 31종	-
	평균 현존량		2,838cdl/mL (3월조사 1,200cdl/mL, 5월조사 4,250cdl/mL)	-
	군집지수	종다양성지수	0.73~2.54	-
		풍부도지수	0.78~1.60	-
		우점도지수	0.60~0.93	-
		균등도지수	0.23~0.80	-

2. 수상태양광 발전시설의 환경영향 검증

수상태양광 시설 장기적인 환경모니터링의 연속성으로 검증의 객관화 및 신뢰성 확보



- 합천호를 대상으로 실시한 4차례의 분석 결과, 발전시설 주변 및 직하부의 수질 및 수환경 측정값은 대조지점의 측정치와 유의미한 차이가 없음
 - 생활환경기준 10개 항목 및 수온은 영향이 없음을 나타냄

〈표 2〉 합천호 수상태양광 발전시설 및 대조지점의 수질

구분	2011~12, 2013~14, 2015~16		2018~19(동계)		영향 유무	비고
	발전시설 직하부 및 영향권역	대조지점	발전시설 직하부 및 영향권역	대조지점		
생활환경 기준 10개 항목 및 수온	수온(℃)	4.9~30.9	4.1~29.6	-	-	없음
	pH(mg/L)	7.32~9.34	7.22~9.47	7.65~7.68	7.69	없음
	BOD(mg/L)	0.8~1.93	1.2~1.77	-	-	없음
	COD(mg/L)	1.0~3.6	0.6~3.5	2.2~2.3	2.1	없음
	TOC(mg/L)	1.51~3.82	1.44~6.12	2.4~2.5	2.4	없음
	SS(mg/L)	0~2.6	0~2.6	0~1.0	1.0	없음
	DO(mg/L)	4.96~12.61	5.4~12.20	9.8~10.4	9.9	없음
	T-P(mg/L)	0~0.06	0~0.06	0.01	0.01	없음
	T-N(mg/L)	0.53~1.63	0.37~1.64	1.53~1.56	1.56	없음
	Chl-a(mg/L)	0~16.3	0~10.5	0.8~1.4	0.9	없음
	대장균군 (군수/100mℓ)	6~25,000	1~3,100	1.0~2.0	0	일부 '13년 추계 일시적 고밀도 발생

자료: 노태호 외(2012, 2014, 2016), 금번 연구결과를 바탕으로 저자재작성.

2. 수상태양광 발전시설의 환경영향 검증

수상태양광 시설 장기적인 환경모니터링의 연속성으로 검증의 객관화 및 신뢰성 확보



- 합천호 발전시설 주변의 생물학적 구성요소를 분석한 결과, 플랑크톤류의 군집지수는 안정적이었으며 대조지점과 차이를 보이지 않음
 - 어류의 경우 구조물 하부에서 치어 및 이를 먹이로 하는 어종들까지 비교적 다양한 어류가 서식하는 약간의 집어효과가 있었으며 법정보호종도 시설물 주변에서 확인됨
 - 조류(새)의 경우 계절적으로 출현하는 종류도 안정적인 추이를 보임

〈표 3〉 합천호 수상태양광 발전시설 및 대조지점의 생물다양성

구분	2011~12, 2013~14, 2015~16		2018~19(동계)		영향 유무	비고
	발전시설 직하부 및 영향 권역	대조지점	발전시설 직하부 및 영향권역	대조지점		
생물학적 요소	플랑크톤 ¹⁾	0.52~2.40	0.41~2.28	0.28~2.75	0.26~1.96	없음
	저서무척추동물	2종(실지렁이, 깔다구류)		-		개체수 현존량 유의미한 차이 없음
	어류	6과 13종	3과 6종	1과 3종	1과 1종	현존량 차이
	조류 ²⁾	41종 296개체(2012년) 54종 852개체(2014년) 50종 850개체(2016년)		26종 313개체		대조지점 조사 불가. 16년 동계와 비교, 19년 4종 증가 119개체 감소

자료: 노태호 외(2012, 2014, 2016), 금번 연구결과를 바탕으로 저자재작성.

2. 수상태양광 발전시설의 환경영향 검증

수상태양광 시설 장기적인 환경모니터링의 연속성으로 검증의 객관화 및 신뢰성 확보



- 합천호 퇴적물시료 비교 분석결과와 경우 발전설비 설치지점의 결과가 영향권역 지점 및 대조지점들에서의 것과 유익성 있는 차이가 나타나지 않음
 - 한국수자원공사가 운영하는 발전시설물은 유해 중금속을 함유하지 않는 환경적으로 안전한 기자재를 사용함
 - 개인사업자의 경우에도 중금속을 포함하지 않는 친환경 패널 및 기자재를 사용하도록 하는 제도가 필요함

〈표 4〉 합천호 수상태양광 발전시설 및 대조지점의 퇴적물

구분	2011~12, 2013~14, 2015~16		2018~19(동계)		영향 유무	비고
	발전시설 직하부 및 영향권역	대조지점	발전시설 직하부 및 영향권역	대조지점		
퇴적물 ³⁾	TOC(%)	0.88~2.47	2.14~3.08	2.16~3.31	없음	I~II등급
	T-N(mg/kg)	0.084~2880	0.258~3500	0.173~0.305	없음	I~II등급
	T-P(mg/kg)	571.5~1170.7	876~1098.3	928~1382	없음	I~II등급 ('12, '14, '16), III~IV등급('18~'19)
	Cr(mg/kg)	0~34.21	0.6~27.47	24.1~34.7	없음	I등급
	Cd(mg/kg)	0~1.29	0~1.39	0	없음	I~II등급 ('12, '14, '16), I등급('18~'19)
	Cu(mg/kg)	9.6~26.7	16.1~25.2	10.2~14.1	없음	I등급
	Pb(mg/kg)	17.4~80.9	21.2~46.5	18.4~24.3	없음	I등급
	As(mg/kg)	0~10.93	2.30~11.69	7.1~11.1	없음	I등급
	Zn(mg/kg)	63.6~111.1	75.9~114.0	91~113.3	없음	I등급
	Hg(mg/kg)	0~0.1	0~0.1	0	없음	I등급

자료: 노태호 외(2012, 2014, 2016), 금번연구결과를 바탕으로 저자재작성.

2. 수상태양광 발전시설의 환경영향 검증

수상태양광 시설 장기적인 환경모니터링의 연속성으로 검증의 객관화 및 신뢰성 확보



- 합천호 시설의 기자재 용출 실험 결과 대부분의 항목이 검출되지 않았으며, 일부 검출된 항목은 기준값 이하의 수치를 나타냄
 - 이는 사전예방주의 원칙에 입각하여 ‘먹는물 수질기준’보다 약 10배 강화된 가장 엄격한 수도법 시행령 [별표 1의 2] ‘위생안전기준’을 적용, 분석한 결과임

〈표 5〉 합천호 수상태양광 발전시설 주요 기자재 용출시험 분석결과

구분	기자재			분석 시편	위생안전기준 이하 검출항목
	부력제(FRP)	수중케이블	구조체(알루미늄)		
2011~12	불검출 또는 기준이하	불검출 또는 기준이하	불검출 또는 기준이하	시제품	4개(아연, 구리, 나트륨, 과망간산칼륨소비량)
2013~14	불검출 또는 기준이하	불검출 또는 기준이하	불검출 또는 기준이하	시제품(부력제, 구조체) 침수시편 (수중케이블(교체))	9개(불소, 아연, 나트륨, 망간, 증발잔유물, 과망간산칼륨 소비량, 색도, 탁도, 잔류 염소감량)
2015~16	불검출 또는 기준이하	N/A	불검출 또는 기준이하	침수(‘15.8/구력구조; ’16.3 수중) 시편	7개(셀레늄, 불소, 나트륨, 증류잔유물, 광망간산칼륨 소비량, 탁도, 잔류염소 감량)
2018~19	불검출 또는 기준이하	불검출 또는 기준이하	불검출 또는 기준이하	침수시편	7개(아연, 구리, 나트륨, 증발잔류물, 색도, 탁도, 잔류염소 감량)

자료: 노태호 외(2012, 2014, 2016), 금번 연구결과를 바탕으로 저자재작성.

3. 수상태양광 관련 법령, 규정 및 지침 검토·분석 및 보완점 제시

관련 계획 및 법령 등에 대하여 선행연구(노태호 등 2012) 검토 후 보완사항 제안

〈표 4-2〉 수상태양광발전시설 계획 및 설치관련 법령 등의 변동사항 검토

법령	노태호 등 (2012)의 검토내용	금번 검토내용
도시계획시설의 결정·구조 및 설치기준에 관한 규칙	- 설치 제제에 규제 없음	- 변경 사항 없음
신·재생에너지 개발·이용·보급 촉진법	- 발전방식의 포트폴리오 다양화	- 변경 사항 없음
지하수법	- 직접적인 규제사항 없음 - 간접적인 영향이 예상되는바 환경오염 유발 유부에 대한 명확한 조사가 필요함	- 변경 사항 없음
소하천정비법	- 직접적인 규제사항 없음 - 필요시 소하천 예정지에서 인공구조물 설치를 제한할 수 있음으로 예방적 측면의 설치제한성 있음	- 변경 사항 없음
공유수면 관리 및 매립에 관한 법률	- 직접적인규제 조항 없음	- 신재생에너지 설비시설도 점용·사용허가를 받도록 개정됨 (2017.9.22.)
하천법	- 하천 점용허가에 다른 환경훼손이 되지 않는 조건 하에 허가가 이루어질 수 있음	- 변경 사항 없음
습지보전법	- 보전지역에서의 개발사업 추진 불가	- 변경 사항 없음
자연공원법	- 생태축 우선의 원칙으로 설치 불가함. 그러나 불가피하다고 인정되는 최소한의 시설은 가능할 수 있음	- 변경 사항 없음
산지관리법	- 직접적인 규제조항은 없음 - 집수유역과 인접한 수변 산지의 경우, 산지보전을 위한 행위제한에 저촉되는지를 검토하여야 함	- 변경 사항 없음
야생생물 보호 및 관리에 관한 법률	- 간접적인 입지영향을 받을 수 있음 - 정수역 및 담수역 야생동물에 영향을 주는 것은 원천적으로 피하는 것이 바람직함	- 변경 사항 없음
환경정책기본법	- 수상태양광 개발 시 친화적 조성이 될 수 있는 가이드라인이 제시되어야 함 - 사전예방주의에 따른 입지 제한 또는 규제가 가능할 것으로 판단됨	- 수상태양광 발전사업 환경성평가 협의 지침(2016.12.15.) 제정
자연환경보전법	- 수상태양광 발전사업이 하천·호소의 환경훼손 및 수위변화 등 오염 유발 원인 행위로 해석될 수 있는바 직접적인 규제 조항으로 적용가능 - 관계기관 및 정부의 사전 협의를 강구할 필요	- 변경 사항 없음
환경영향평가법	- 에너지개발사업으로 환경영향평가 대상임	- 변경 사항 없음

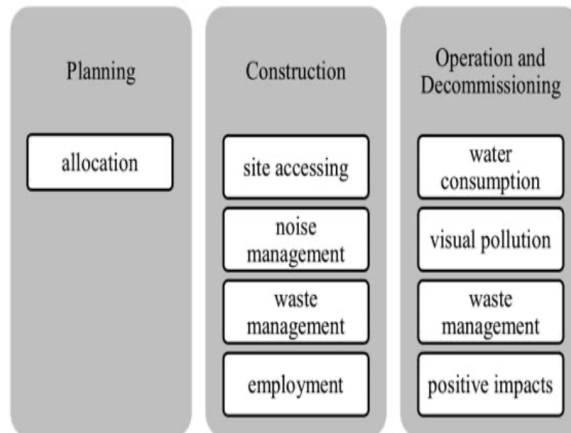
〈표 4-2〉 계속

법령	노태호 등 (2012) 검토사항	금번 검토사항
댐건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률	- 댐 사용권을 침해하지 아니하도록 적정하게 이루어져야 함 - 다목적댐의 저수를 이용하는 사업에 대한 댐 관리 주체와 논의·협의과정 필요	- 변경 사항 없음
국토의 계획 및 이용에 관한 법률	- 연계된 타 법률의 규정에 의해 간접적으로 시설물 입지를 제한할 수 있음	- 변경 사항 없음
농어촌정비법	- 농어촌용수 공급을 목적으로 하는 저수지의 경우, 농업생산기반시설이나 용수의 목적 외 사용기간을 3년으로 제한하고 있어 이에 대한 제한적 조건을 고려해야 함	- 신재생에너지 설비의 설치 운영을 목적으로 농업생산기반시설이나 용수를 사용하는 경우 사용 기간은 10년 이내로 할 수 있음 (2016.6.8. 개정)
수도법	- 상수원보호구역의 관리를 위한 직접적 규제조항이 포함됨 - 사전 예방주의 원칙에 입각한 법률 적용이 우선 고려되는 것이 바람직	- 상수원관리규칙 제12조에 의거 허가할 수 있는 건축물이나 그 밖의 공작물에 태양에너지 설비가 추가 (2016.7.1. 개정)
수질 및 수생태계 보전에 관한 법률	- 수질오염의 사전예방 중요성의 책무를 강조하고 있으므로 댐 정수역의 활용에 있어 직·간접적인 법적용이 가능함	- 변경 사항 없음

3. 수상태양광 관련 법령, 규정 및 지침 검토·분석 및 보완점 제시

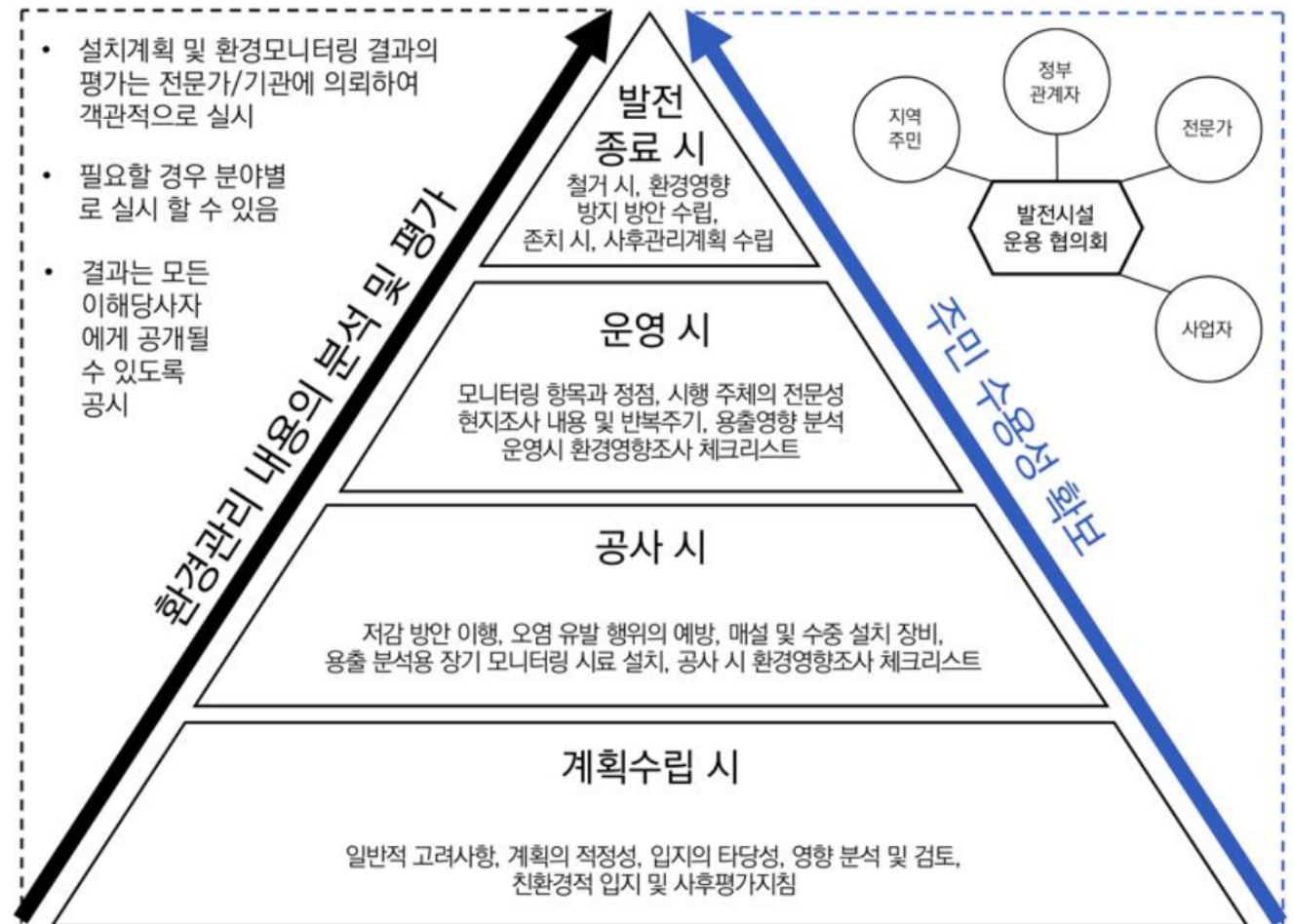
수상태양광 발전의 특수성을 고려한 환경관리 운용지침 개선(안) 마련

- 국제적으로도 구체적이면서 선도적인 환경관리 운용 지침이 기 수립되었으며 (노태호 등 2014),
- 금번 연구에서 주민수용성 확보에 대한 개선(안)을 제시함



자료: Silva and Branco (2018) 재인용.

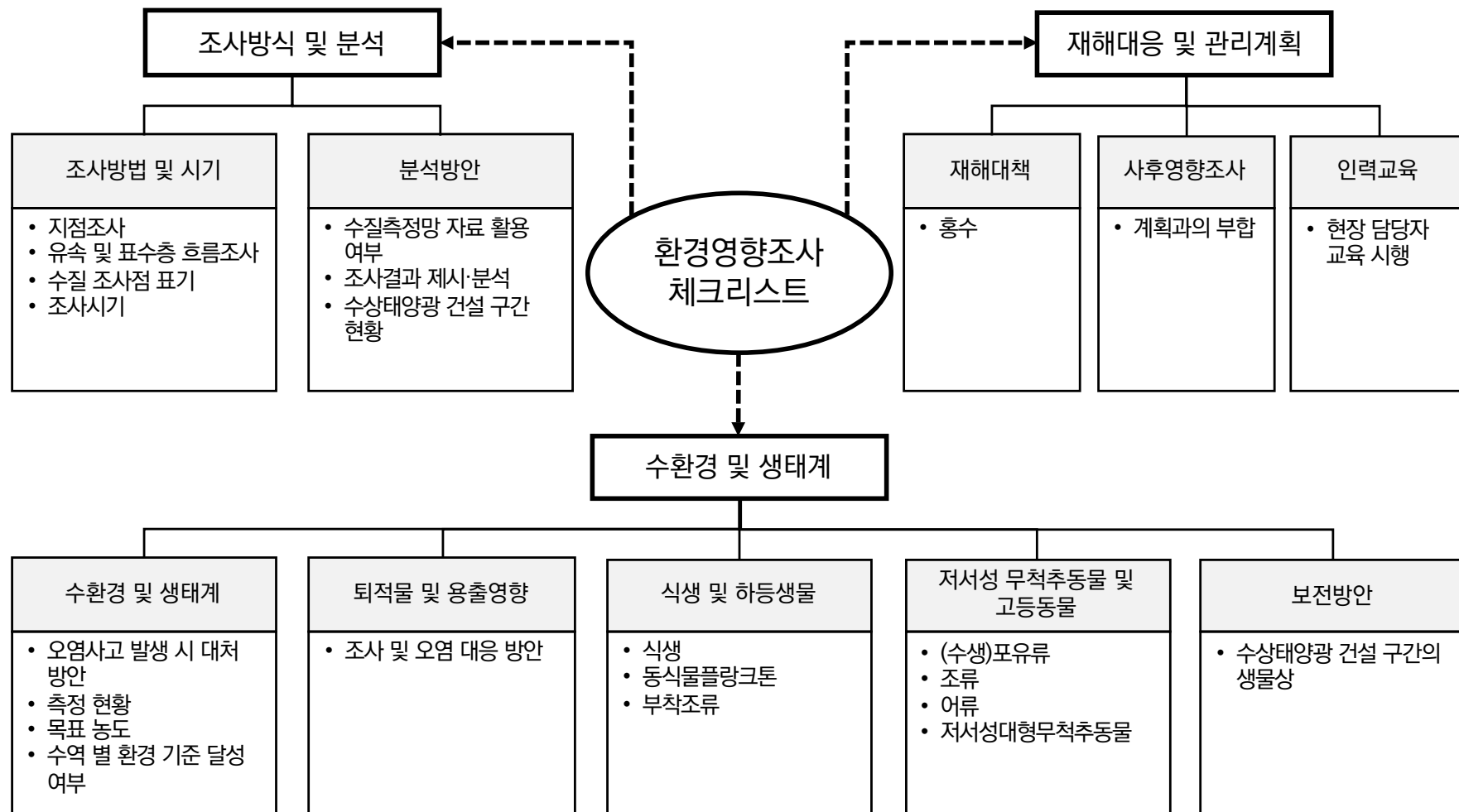
〈그림 4-2〉 수상태양광 및 태양광 발전에서의 환경적 특성을 고려한 관리방안(사례)



〈그림 4-3〉 수상태양광 시설의 환경관리 운용지침 개선(안)

3. 수상태양광 관련 법령, 규정 및 지침 검토·분석 및 보완점 제시

수상태양광 발전의 특수성을 고려한 환경모니터링 가이드라인



〈환경관리분야운용지침으로 사용되는 환경영향조사체크리스트체계〉

3. 수상태양광 관련 법령, 규정 및 지침 검토·분석 및 보완점 제시

수상태양광 발전의 특수성을 고려한 환경모니터링 가이드라인 개정(안) 마련

환경모니터링 가이드라인							
조사구분	수온 및 용존산소 농도	수질	퇴적물	동식물플랑크톤	저서무척추동물	어류	조류
조사항목	• 수직·수평적 수온 및 용존산소 농도	• 호소생활환경기준 10항목 • 사람의 건강보호 기준 17항목 • 수온, 전기전도도, 탁도의 이화학적 기초 3항목	• 유기물 및 영양염류 • 주요 중금속함량 • 상대적 독성	• 출현종, 종조성 • 우점종, 종다양도, 지점간 현존량	• 출현종, 종조성 • 우점종, 종다양도, 지점간 현존량	• 출현종, 종조성, 현존량, 우점종 • 주변지역 환경변화 요인과의 관계 • 법정보호종 • 시설물에 대한 어류의 회피성과 서식화 정도	• 출현종, 종조성 • 시설물 회피성 • 배설물에 의한 오염성
조사지점	• 직하부 수심별 측정(설치된 분석수심과 일치되도록 조사)		• 시설물 설치 하단부 2개 • 수중케이블 설치 지점 2개 • 설치물 장축의 2배 및 4배 거리 1개 • 비교 대조지점 1개	• 시설물 설치지점 1개 • 설치물 장축의 2배 거리 1개 • 설치물 장축의 4배 거리 1개 • 비교를 위한 대조지점 1개	• 시설물 설치지점 하단부 2개 • 수중케이블 2개 • 설치물 장축의 2배, 4개 거리 1개 • 비교를 위한 대조지점 1개	• 부유체 직하부 지점 및 대조지점 • 주요 서식환경을 고려한 지점	• 시설 부유체 주변
조사주기	• 1회/1개월	• 수상태양광 설치 지점1개소 • 설치물 장축의 2배거리 양방향 2개 지점 • 비교지점1개소	• 4회(4계절)	• 1회/격월(동절기 제외)	• 1회/격월(동절기 제외)	• 1회/격월(동절기 제외)	• 4회(4계절)
조사방법	• 현지측정조사를 실시하되 수질측정시기와 일치하여 조사	• 현지측정조사를 실시하되 호소의 유하상태를 고려하여 오염도 변화를 충분히 파악할 수 있는 기간에 조사	• 계류장치 및 수중케이블 매설지점과 비교가능한 지점 선택하여 Ekman grab 또는 직접 채취하여 분석 • 독성분석은 저질영향성을 평가할 수 있는 종을 선택하여 단기독성평가 수행	• 안정화된 호소역의 생물다양성을 대변할 수 있도록 정성적, 정량적 방법 병행	• 안정화된 호소역의 생물다양성을 대변할 수 있도록 정성적, 정량적 방법 병행 • 퇴적물 오염가능성을 평가하기 위하여 우점종을 대상으로 생존율 및 투과전자현미경(TEM)등을 통한 조직이상 유무 분석	• 수중카메라 설치에 의한 시설물 서식가능성 및 회피성 유무 판단 • 어군탐지기 활용한 회피성 유무 판단 • 정치망 조사방법 등을 통한 정량조사	• 종조성이 가장 풍부한 시기 선택 • 현지조사 실시
분석기준	• Standard methods에 준하여	• 수질오염공정시험 방법 및 Standard methods에 준하여	• Standard methods에 준하여				• 수도법 위생안전기준에서 규정하는 44항목 • 수상태양광 시설 중 호소수면과 접촉면적이 넓고 접촉시간이 긴 부력체, 수중케이블, 전선 대상 • 시편 3개 추출 • 1회/년 • 수도용 자재 및 제품의 위생안전기준 공정시험방법 • 퇴적물 침전을 완벽히 세척 후 측정 • Standard methods에 준하여

〈환경모니터링 가이드라인(안) 체계의 전체적인 개념〉

4. 수상태양광 관련 주민수용성 확보 방안

수상환경의 효율적 관리를 위한 의견공유와 협력시스템 구축

- 지역사회의 수용성 제고방안 논의

➔ 지역사회와의 갈등 사유로 반려된 사업의 사례 분석 또는 문헌 분석을 통한 주민 수용성 개선 방향 제시



〈계획입지제도 추진 절차(안)-산업통상자원부 보도자료〉

4. 수상태양광 관련 주민수용성 확보 방안

개발 단계별 주요 이슈, 대응방안 및 결정사항/기대효과 방안 마련

〈표 5-1〉 수상태양광 개발 시기 별 이해당사자 수용성 확보 방안

시기	주요이슈	대응방안	결정사항/기대효과
계획수립 초기	✓ 사업 관련 이해당사자 조사 ✓ 이해당사자 간 상호관계 조사	✓ 설문조사, 간담회, 포커스그룹 미팅 등 사회조사 방법론 활용	✓ 계획 수립단계에서 현 입지에 대한 이해당사자 수용성 진단
계획수립 중기	✓ 사업으로 인한 영향예측 ✓ 이해당사자 의견 수렴 과정 설계	✓ 수상태양광 관련 정확한 정보 전달을 바탕으로 이해당사자와 소통	✓ 이해당사자 의견을 바탕으로 필요 시 추가적인 저감방안 마련
계획수립 말기	✓ 운영 시 거버넌스 체계 구축 ✓ 민원 및 모니터링 방안 마련	✓ 주민들의 환경 모니터링 참여 기술 확보 여부 확인 및 대안 마련	✓ 공사 및 운영 시 거버넌스 체계를 구축하면 이해당사자의 사업 수용성 증가
공사 및 운영 시	✓ 주민 참여형 환경 모니터링 실시 ✓ 모니터링 결과에 따른 행동 요령 마련	✓ 주민들의 환경 모니터링 참여 기술 확보 여부 확인 및 대안 마련	✓ 투명한 사업장 운영으로 인한 이해당사자 수용성 지속적인 확보

5. 수상태양광 환경전문가 T/F 운영 결과

수상환경의 효율적 관리를 위한 의견공유와 협력시스템 구축

〈표 5-2〉 수상태양광 전문가 그룹 TF 참여위원의 분야별 전문영역 및 인원수

수상태양광 전문가 그룹 TF				
분야	정부부처	산업계	학계 및 연구계	시민사회단체 및 언론계
인원(명)	1	3	4	3

〈표 5-3〉 수상태양광 전문가 그룹 TF 명단

구분	성명	소속 및 직책	수상태양광 포럼 참여 경력
시민	이유진	에너지기후정책연구소 연구위원	유
시민	이철재	환경운동연합 정책위원	유
산업	정우식	한국태양광산업협회 상근부회장	무
산업	오봉록	한국수자원공사 물에너지처장	무
산업	조현욱	한국농어촌공사 에너지개발처장	무
언론	강찬수	중앙일보 논설위원	무
학연	안형근	건국대학교 전기공학부 교수	유
학연	노태호	한국환경정책·평가연구원 선임연구위원	유
학연	이상윤	한국환경정책·평가연구원 연구위원	무
TF간사역	이후승	한국환경정책·평가연구원 연구위원	무

- 1차(2019.2.21.) “수상태양광 발전정책의 추진현황 및 개선현안”
 - ✓ (발제1) 수상태양광 현황과 활성화 과제 (한국수자원공사 오봉록 처장)
 - ✓ (발제2) 수상태양광 현황과 활성화 과제 (한국농어촌공사 조현욱 처장)
- 2차(2019.4.19.) 국내외 현황 및 현지답사
 - ✓ (발제1) 수상태양광 발전사업의 국제 경쟁력 확보 및 국내 추동력 확보 방안 (KEI 이후승 박사)
- 3차(2019.7.12.) 갈등관리 및 과제 결과
 - ✓ (발제1) 태양광발전 갈등 요인과 해결방안 (에너지기후정책연구소 이유진 박사)
 - ✓ (발제2) 수상태양광 설치에 따른 환경적 안전성 평가 (SOKN 김명철 박사)
 - ✓ (발제3) 연구과제 결과 및 주요사안 (KEI 이후승 박사)

5. 수상태양광 환경전문가 T/F 운영 결과

수상환경의 효율적 관리를 위한 의견공유와 협력시스템 구축

주요 논의 사항

- 지속가능한 수상태양광 발전사업의 추진의 주체를 가지고 시민, 산업, 학연 모두 발제에 참여하여 수상태양광 안정성, 환경성, 경제적 및 수용성 측면에서의 논의 진행
- 수상태양광 발전 정책의 추진현황 및 개선 현안
- 수상태양광 발전사업의 국제 경쟁력 확보 및 국내 추동력 확보 방안
- 큰 틀에서 수면적 대비 발전시설 설치 면적의 적정성 확보 및 지속가능한 수상태양광 발전을 위한 생태주기를 고려한 관리 방안 수립
- 주민수용성 확보방안
- 수면관리자의 근본적인 역할과 목적 논의
- 수상태양광 발전사업에 대한 마스터플랜 수립 후, 전략환경영향평가를 실시 후 지속가능발전 개념하에서 종합적으로 추진
- 사전예방주의에 입각한 환경관리 실시

5. 수상태양광 환경전문가 T/F 운영 결과

수상환경의 효율적 관리를 위한 의견공유와 협력시스템 구축

올바른 현황의 객관적 전달

- 현재까지 합천호 수상태양광 발전시설이 환경적으로 미치는 영향은 유의미하지 않은 것으로 분석되고 있으나,
- 이에 대한 정확한 현황이 제대로 전달되지 못하고 있는 상황의 극복의 필요성 지적
- 따라서 올바른 현황을 전달하기 위한 노력을 연구기관, 공사 및 정부부처가 공동으로 경주하고 다양한 매체를 통해 확산*해야 한다는 점이 향후 과제임을 명확히 했다는 점은 본 T/F가 도출한 의미 있는 시사점이라 할 수 있음

*일부 시행됨(KEI, "KEI 포커스" 발간, K-water 미디어데이 개최)



호소의 별도 기준에 따라 평가

- 합천호의 결과를 농어촌공사 저수역에 설치된 시설물에 여과 없이 적용하는 것에 대한 우려 지적
- 이에 대한 종합적인 관리가 정부차원에서 시행될 필요성이 있음을 확인한 것은 의미 있는 시사점
- 합천호에 대한 한정된 결과를 토대로 신중히 접근하되 각 호소에 미치는 영향을 판단하기 위해서는 우선적으로 각 호소의 별도 기준에 따라 평가 필요
- “선 평가, 후 허가”의 원칙도 중요하지만, “설치 후 평가”도 중요하다는 논의는 우선해야 할 현안이 무엇인가를 시사

6. 결론

사전에방주의에 입각한 환경모니터링 실시 필요

- 세계최초 상용화 수상태양광 발전시설이 설치된 합천호에서 2011년도부터 2019년까지 총 4회에 걸친 사전예방주의에 입각한 환경모니터링을 실시한 것의 중요한 의미를 지님
 - ✓ 국가 경쟁력 제고를 위한 **환경적 측면에서의 고도화 기반을 제공**하기 때문임
- 종합적으로 결과를 분석해 볼 때, 발전시설 직하부와 대조지점 지역 간의 상이한 차이점을 보이지 않아 **환경적으로 부정적인 영향은 현재까지 나타나지 않는 것으로 분석됨**
- 그러나 수상태양광 발전시설의 경우 장기간 사용에 따른 환경적 영향 및 안전성 등에 있어 **불확실성이 아직 상존**하는 것 또한 주지해야 할 중요 사항임
- 이에 우선 과도한 면적의 설치는 환경적으로 부적절한 영향을 초래할 것임을 입증한 다양한 연구결과가 보고되고 있음을 인식하고 전체 수면적 대비 시설설치면적의 적정성 확보를 위한 관리 규정의 제도화를 추진해야할 필요성이 높음
- 따라서 보수적 관점에서의 발전시설 면적을 제한하고, “**안전한 환경관리 기반의 수상태양광 발전시설 상용화**”를 핵심가치로 하는 한국형 수상태양광 발전모델 개발로 국제 경쟁력을 확보하는 전략이 요구됨

6. 결론

산자부 중심으로 관련 부처 및 이해당사자 간의 협력과 합의를 통한 **큰 그림의 준비**

시민사회단체, 학·연구계 및 산업계가 공감하는 **수상태양광 발전사업의 마스터플랜**(가칭 수상태양광 종합발전 기본 계획)을 수립하고 전략적 환경평가를 시행하는 방안을 수립 및 추진

- 첫째, 수상태양광 발전사업 개발기본계획을 국가가 종합적으로 수립, 체계적이고 종합적인 사업을 효율적으로 추진
 - ✓ 산업통상자원부가 중심이 되어 환경부 및 농림부와 유기적으로 협력하여 추진되어야 할 제도적 사항이므로 즉각적인 실천이 가능
 - ✓ 한국수자원공사 및 한국농어촌공사의 관할 담수역의 특성에 맞는 발전시설 설치, 운영, 사후 철거를 종합적으로 관리
 - ✓ 균형적이고 효과적인 사업의 추진을 통한 지역 주민 이익 공유를 위한 방안의 확보 및 지속가능성 완성도 제고
- 둘째, 산업통상자원부가 마련한 가칭 수상태양광 종합발전계획에 대한 전략환경영향평가를 실시하여 객관적인 평가 가이드라인을 엄격히 적용하고 사후환경영향조사를 강화하는 것이 필요
 - ✓ 환경부가 중심이 되어 추진되어야 할 사항으로 환경영향평가 효용성 확보 차원에서 평가대상 태양광 사업 규모 강화를 고려
 - ✓ 환경관리 운영지침을 포함하는 사후환경영향조사를 강화하여 운영 중 생애주기를 고려한 관리방안을 제도화
 - ✓ 발전시설 운용협의회 구성을 통한 거버넌스 운영 및 수상태양광 환경공시제도 도입하여 신뢰성 및 투명성 확보

감사합니다
