

# 해양교통시설의 친환경 에너지 시스템 적용 가능성에 관한 연구

† 한창수\* · 윤정인\*\* · 박정근\*\*\*

\* 부산지방해양항만청 해양교통시설과, \*\* 마산지방해양항만청 해양교통시설과, \*\*\* 마산지방해양항만청 해양교통시설과

## A study on the applicability of green energy in the Aids to Navigation

Chaang-Soo Han\* · Jung-In Yoon\*\* · Jung-Gun Park\*\*\*

\* Maritime Traffic Facilities Division, Busan Regional Maritime Affairs & Port Office, Busan 601-726, Korea

\*\* Maritime Traffic Facilities Division, Masan Regional Maritime Affairs & Port Office, Masan 631-709, Korea

\*\*\* Maritime Traffic Facilities Division, Masan Regional Maritime Affairs & Port Office, Masan 631-709, Korea

**요 약** : 세계적인 경제위기 시기를 맞아 최근 정부는 경제위기 극복은 물론 저탄소 녹색성장을 통하여 경제의 성장동력을 찾고자 노력하고 있다. 그리고 2008년 초에 불어닥친 초고유가 사태는 해양교통시설업무를 추진함에 있어 관련 운영시설의 비효율적인 에너지 낭비요소를 적극 발굴하고 친환경적인 대체에너지 체계를 적극 도입하는 계기가 되었다. 이에 따라 예산절감 등 정부의 '초 고유가 대응 에너지 절약대책'에 부응하기 위하여 추진되었던 태양광발전시스템 확충 등의 자체 개선사례 분석을 통하여 해양교통시설의 친환경 에너지 시스템 적용가능성에 관하여 논하고자 한다.

**핵심용어** : 등대, 태양광발전시스템, 대체에너지, 친환경에너지, 제로에너지 솔라하우스

**ABSTRACT** : On the crisis of international economy, the government is making an effort to seek economic growing motivation with the method of overcoming economic crisis and 'low carbon green growth'. Furthermore, to promote maritime vessel traffic service related inefficient energy wastage was revealed and eco-friendly alternative energy was accepted because of high price of oil in the beginning of 2008. In this situation, I'm going to discuss the possibility of eco-friendly energy system in maritime vessel traffic service with the way of cutting the budget and expansion of solar power generation system which was promoted to meet governmental 'energy saving plan for high price of oil'.

**KEY WORDS** : lighthouse, photovoltaic power generation, alternative energy, green energy, zero energy solar house

### 1. 서 론

세계적인 경제위기 시기를 맞아 최근 정부는 경제위기 극복은 물론 저탄소 녹색성장을 통하여 경제의 성장동력을 찾고자 노력하고 있다. 그리고 2008년 초에 불어닥친 초고유가 사태는 해양교통시설업무를 추진함에 있어 관련 운영시설의 비효율적인 에너지 낭비요소를 적극 발굴하고 친환경적인 대체에너지 체계를 적극 도입하는 계기가 되었다. 이에 따라 예산절감 등 정부의 '초 고유가 대응 에너지 절약대책'에 부응하기 위하여 추

진되었던 태양광발전시스템 확충 등의 자체 개선사례 분석을 통하여 해양교통시설의 친환경 에너지시스템 적용가능성에 관하여 논하고자 한다.

### 2. 기본방향

'신에너지 및 재생에너지'(이하 '신·재생에너지'라 한다)라 함은 기존의 화석연료를 변환시켜 이용하거나 햇빛·물·지열·강수·생물유기체 등을 포함하는 재생가능한 에너지를 변환

† 교신저자 : \* 비회원, hanvitho@korea.kr 016)375-2007

\*\* 비회원, yys5444@korea.kr 010)2263-9669

\*\*\* 비회원, urachal@korea.kr 010)2077-0852

시켜 이용하는 에너지라고 법<sup>1)</sup>에서 정의 하고 있다. 과거에는 1970년대 오일쇼크 이후 세계 각국에서는 석유에만 의존하던 에너지를 원자력·석탄 등으로 바꾸려는 움직임이 일어났다. 이처럼 석유를 대신할 수 있는 원자력·석탄·태양열·지열(地熱)·풍력(風力) 등을 대체에너지(alternative energy)라고 했다. 최근에는 서울특별시의 경우 2007년4월2일 전지구적 기후변화에 적극 대응하기 위해 에너지정책의 기본방향을 '에너지절약과 친환경 에너지보급 확대'로 정한 '서울 친환경 에너지 선언'을 하였고, 지식경제부는 2008년9월11일 그린에너지산업을 신재생에너지, 화석연료 청정화, 효율향상을 포함한 개념으로 확대하여 녹색성장을 위한 세부실천계획으로서 발전전략을 수립하였는데 이러한 경향으로 보아 '친환경 에너지'는 신재생에너지는 물론 기존 에너지의 효율적인 사용을 포함하는 좀 더 실용적이고 포괄적인 개념이라고 정리할 수 있다.

## 2.1 대체에너지 사용시설 확충으로 에너지 자립화 추진

주로 무인도, 해안절벽, 암초 등과 같이 도시기반시설이 미치지 못하는 곳에 위치하는 등대는 항상 설비유지동력 및 생활동력 공급에 어려움이 있는 반면에 햇빛, 바람, 파도, 바닷물 등 무한한 자연에너지에 둘러 싸여 있어 일찍이 친환경 에너지 시스템의 적용대상으로 주목되고 있다<sup>2)</sup>. 따라서, 해양교통시설분야에서 친환경 대체에너지의 대표격이라고 할 수 있는 '태양광 발전시스템'의 적용은 1984년(칠발도등대, 6kW)부터 추진되어 현재 전국 41개소(일부제외) 유인등대로 확대 적용되고 있다. 그러나, 아직까지 유인등대에 적합한 태양광발전시스템의 체계적인 연구개발이 미흡하고 비효율적인 관리운영으로 에너지 자립체계를 갖추는 데에는 부족한 것이 현실이다. 따라서, 기존에 태양광발전시스템이 적용된 소매물도등대를 대상으로 태양광발전시스템 확충을 통하여 친환경 에너지시스템으로 자립화를 추진하였고 본 사례 분석을 통하여 그 타당성을 검토하고자 한다.

## 2.2 저비용 에너지 사용구조로 전환

외딴섬에 위치한 소매물도등대와는 달리 육지와 연결된 서이말등대의 경우 한전공급 전원을 사용하고 있다. 그러나 난방을 위하여 등유보일러를 가동하고 있어 비효율적이고, 항로표지시설의 점검정비를 위하여 운항하는 항로표지선(등대량1,2호)의 경우도 출항기간 중 정박지에서의 선박유지 및 생활동력을 선박 자체 발전기를 가동하여 확보하고 있는 실정이었다.

이에 마산지방해양항만청에서는 서이말등대의 경우 난방유 사용

1) 지식경제부, <신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법>, 2009.5.1

2) 안응희, 유인등대를 활용한 친수공간의 시설, 프로그램, 제도에 관한 연구, 2004

대신 심야전기난방시스템으로 대체하고 관내 무인표지를 점검하는 선박인 항로표지선 출장시에는 정박지에 육전시설을 갖춘 선석을 확보하여 선박 자체 발전기의 가동없이 상대적으로 비용이 저렴한 한전공급전원을 사용함으로써 유류사용량 감축과 한전공급 전원사용에 따른 운영예산절감의 성과를 거두고자 하였고 본 사례 분석을 통하여 그 타당성을 검토하고자 한다.

## 3. 추진내용 및 과정

무인도에 위치하고 있는 소매물도등대는 설비유지동력 및 생활동력을 태양광발전시스템에 전적으로 유지하고 있으나, 발전용량이 부족하여 부족한 발전량을 발동발전기를 사용하여 보충하고 있었고, 서이말등대의 경우 난방유를 사용하는 난방시스템에 전적으로 의지하고 있는 실정이었으며 항로표지선의 경우도 출장 시 정박지에서의 사용전력을 선박 자체발전기를 사용하여 충당함에 따라 초과 유류소비가 발생하는 것으로 지적되었다. 따라서, 마산지방해양항만청 해양교통시설에서는 업무관련자가 참석한 '직원 혁신활동 제고를 위한 자체토론회(2007.8.30)' 개최하여 소매물도등대 태양광발전시스템 보강공사 시행을 결정하였고, 서이말등대의 경우 상대적으로 비용이 저렴한 심야전기난방시스템으로 전환을 추진함과 동시에 항로표지선의 경우는 '관공선 정박지 육전시설확보로 유류비절감(안)'을 중간회의(2008.5.6)시 토론회제로 상정하여 그 내용을 토의하고 추진하기로 결정하였다.

따라서, 마산청에서 추진한 관내 유인등대(소매물도등대, 서이말등대) 2개소의 태양광발전시스템 확충 및 심야전기난방시스템 전환 그리고, 무인표지 점검정비업무를 수행하는 표지선의 유류사용 절감을 위한 육전시설 사용한 다음의 세가지 개선 사례를 통해 비용적인 측면에서 그 타당성을 검토하고자 한다.

- 1) 소매물도등대 태양광발전시스템 보강
- 2) 서이말등대 심야전기난방시스템으로 전환
- 3) 항로표지선 육전시설 대체사용

### 3.1 소매물도등대 태양광발전시스템 보강

소매물도등대에 태양광발전시스템을 추가 확충하여 '제로에너지 솔라하우스(ZeSH, Zero energy Solar House<sup>3)</sup>) 수준의 에너지 자립화를 추진함으로써 친환경적인 대체에너지 사용에 따른 환경보호뿐 아니라 발동발전기 유류사용감소에 따른 운영예산절감의 성

3) 제로에너지 솔라하우스(ZeSH, Zero energy Solar House)는 주택에 필요한 에너지 부하구성비에 맞는 절약 및 대체 에너지 핵심 요소기술을 선별, 체계적인 단계별 기술적용을 통해, 화석연료나 외부 전원공급 없이 주택 자체에서 모든 에너지를 자급하는 미래 지향적 기술이다.

과를 거두고자 하였는데 그 내용은 다음과 같다.

- 1) 월간 582kWh 발전용량 추가설치
  - ① 공사기간 : 2007년 10월 23일 ~ 2007년 12월 22일
  - ② 공사내용 : 태양전지(80W×108장) 설치 1식,  
전기제어설비(10kVA급) 설치 1식

\* 부하용량 대비 월간 태양전지 발전량 113% 확보

$$\frac{\text{월간태양전지발전량}}{\text{월간부하용량}} = \frac{570(\text{기존}) + 582(\text{신규}) \text{ kWh/월}}{1,016 \text{ kWh/월}}$$

$$= 1.13 \times 100 = 113\%$$

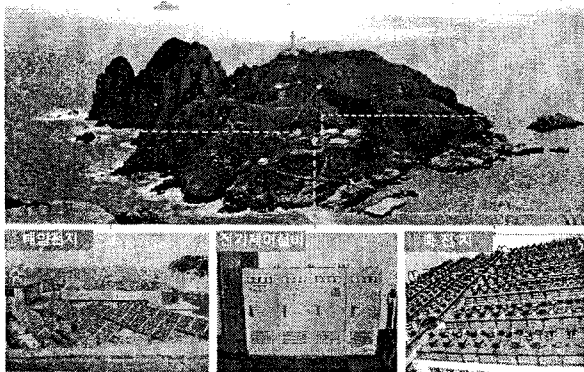


Fig. 1 소매물도등대 태양광발전시스템 계통도

### 3.2 서이말등대 심야전기난방시스템으로 전환

육지와 연결되어 한전공급전원의 사용이 가능한 서이말등대의 난방시스템을 심야전기난방시스템으로 전환하여 비용절감을 하고자 하였는데 그 내용은 다음과 같다.

- 1) 심야전기보일러 및 온수기 설치
    - ① 공사기간 : 2008년 11월 ~ 12월
    - ② 공사내용 : 심야전기보일러 1,200ℓ (13kW) 설치 3식  
심야전기온수기 200ℓ (2kW) 설치 3식
- \* 사용요금 연간차액 1,085천원(217천원×5월) 예산절감(예상)

구분	등유사용시	심야사용시	비고
사용량	200ℓ	1,710kW	
효율(%)	80	95	
열량(kcal)	1,392,000	1,397,070	
단가	1,535.78원/ℓ	52.1원/kW	
기본요금(원)	0	570	
월사용요금(원)	307,156	89,661	

\* 2008년 11월 기준

### 3.3 항로표지선(등대량1,2호) 정박지 육전시설 확보

무인표지 점검정비업무를 수행하는 표지선의 경우 정박지에서 선박자체 발동발전기를 가동하여 동력을 생산하던 것을 한전공급전원시설을 가설하여 비용을 절감하고자 하였는데 그 내용은 다음과 같다.

- 1) 정박지 한전공급전원설비(배전반) 설치
    - ① 공사기간 : 2008년 5월 9일 ~ 2008년 5월 31일
    - ② 공사내용
      - 통영시 통영항 : 관공1호잔교 선석(한전연결)
      - 거제시 장승포항 : 1호잔교 선석(한전연결)
- \* 한전시설 대체사용만으로 연간 차액 5,832천원(486천원×12월) 예산절감(예상)

선명	출장 정박지 유류비	육전시설 전기사용료	월간 절감액	비고
등대량 1호	320ℓ × 1,800 =576,000원	750kWh × 68×4 =204,000원	372,000원	월간4일 기준
등대량 2호	120ℓ × 1,800 =216,000원	750kWh × 68×2 =102,000원	114,000원	월간2일 기준

\* 유류단가 : 1,800원/ℓ, 전기사용료 : 냉난방시 기준적용

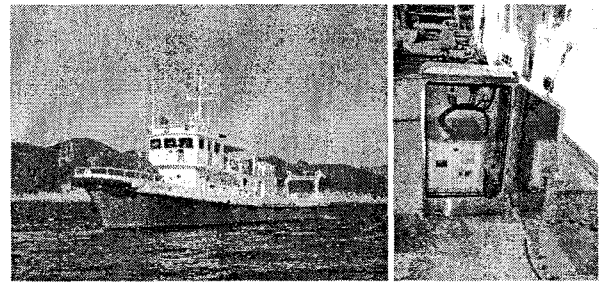


Fig. 2 항로표지선 등대량1호 및 한전공급전원설비(배전반)

## 4. 분석결과

마산청 관내 유인등대(소매물도등대, 서이말등대) 2개소를 대상으로 태양광발전시스템 확충 및 심야전기난방시스템 전환 그리고, 무인표지 점검정비업무를 수행하는 표지선의 유류사용 절감을 위한 육전시설 사용을 추진한 개선사례의 분석결과는 다음과 같다.

### 4.1 소매물도등대 태양광발전시스템 보강

- 1) 예비 발동발전기 연간 유류비 : 2,872ℓ × 1,800(원/ℓ) = 5,169,600원 절감 예상
- 2) 2008년8월현재전년대비유류비 : 1,726.4ℓ × 1,800(원/ℓ) = 3,107,520원 절감

Table 1 소매물도등대 월간 유류사용량 변화추이 (단위: ℓ)

구분	소계	1월	2월	3월	4월	5월	6월
2007년	4,913.6	597.6	398.4	265.6	332	332	265.6
2008년	1,394.4	398.4	66.4	132.8	132.8	149.4	249
대비	1,726.4	199.2	332	132.8	199.2	182.6	16.6

구분	7월	8월	9월	10월	11월	12월	비고
2007년	464.8	464.8	464.8	464.8	464.8	398.4	
2008년	166	99.6	-	-	-	-	
대비	298.8	365.2	-	-	-	-	

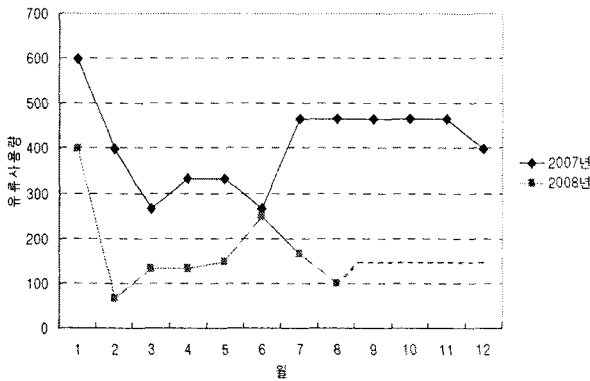
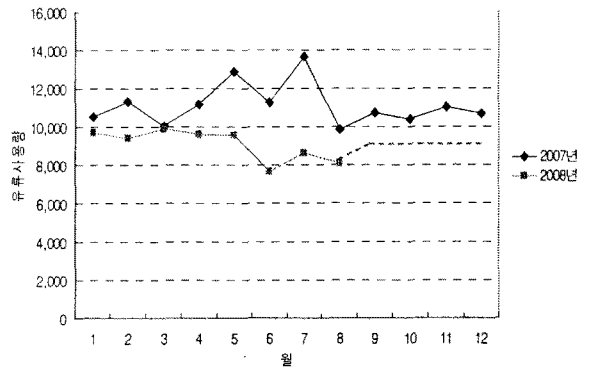


Table 3 향로표지선 월간 유류사용량 변화추이 (단위: ℓ)

구분	소계	1월	2월	3월	4월	5월	6월
2007년	133,570	10,560	11,320	10,030	11,180	12,870	11,280
2008년	72,590	9,730	9,430	9,920	9,620	9,540	7,640
대비	18,160	830	1,890	110	1,560	3,330	3,640

구분	7월	8월	9월	10월	11월	12월	비고
2007년	13,640	9,870	10,750	10,370	11,010	10,690	
2008년	8,620	8,090	-	-	-	-	
대비	5,020	1,780	-	-	-	-	



※ 위 표는 향로표지선 운항구역조정(합리화)에 따른 유류비 절감 부분도 포함된 자료임

4.2 서이말등대 심야전기난방시스템으로 전환

- 1) 난방비사용요금차액 : 217,000원×5월=1,085,000원 절감예상
- 2) 2009년 1월~3월 전년대비 난방비 사용요금차액 : 552,000원 절감(월평균 184,000원)

Table 2 난방비 사용요금 변화추이 (단위: 천원)

구분	소계	1월	2월	3월	4월	5월	6월
2008년	2,390	727	537	221	-	-	-
2009년	1,005	517	275	213	-	-	-
대비	552	210	262	8			

구분	7월	8월	9월	10월	11월	12월	비고
2008년	-	-	-	-	204	701	
2009년	-	-	-	-	-	-	
대비							

4.3 향로표지선(등대량1,2호) 정박지 육전시설 확보

- 1) 육전시설 대체사용 연간 절감차액 : 486,000원×12월= 5,832,000원 절감 예상
- 2) 2008년 8월 현재 전년대비 절감차액 : 486,000원× 8월= 3,107,520원 절감(추정)

5. 결 론

해양교통시설분야에서의 태양광발전시스템의 적용은 우리나라 태양광발전시스템 도입 초창기인 1984년(칠발도등대, 6kW) 부터 추진되어 현재 전국 41개소(일부 제외) 유인등대로 확대되어 왔다. 하지만, 유인등대의 유지를 위한 업무용 발전전력 확보에만 치중하여 전체적인 에너지 자립체계를 갖추는데 미흡하였다. 이러한 점에서 최근 주택에 부하되는 모든 에너지를 절약 및 대체하는 기술적용을 통하여 화석연료나 외부 전원공급 없이 주택자체에서 모든 에너지의 자급을 목표로 하고 있는 제로 에너지 솔라하우스(ZeSH)의 개념에 주목할 만하다. 특히, 해양교통시설분야에서 제로에너지 솔라하우스(ZeSH)의 적용은 업무특성상 100% 에너지 자립에는 분명히 한계는 있다. 그러나, 이번 소매물도등대 태양광발전시스템 보강 전후의 경우를 제로 에너지 솔라하우스(ZeSH)의 경우와 열부하 자립도를 다음과 같이 상호 비교하였을 때 향후 유인등대의 개발계획에 있어 업무 및 생활용 전기와 난방 등 필요한 에너지의 확보에 분명한 목표점(자립도, 19%→77%)을 제시할 수 있다.

**Table 4** 국내일반주택, 제로에너지 솔라하우스(SeSH) 및 소매물도등대 열부하 자립도 비교

구분	국내일반주택		ZeSH 주택		소매물도등대(전)		소매물도등대(후)		비고
	년간 사용량	구성비	년간 사용량	구성비	년간 사용량	구성비	년간 사용량	구성비	
	(kWh/m <sup>2</sup> )	(%)	(kWh/m <sup>2</sup> )	(%)	(kWh/m <sup>2</sup> )	(%)	(kWh/m <sup>2</sup> )	(%)	
난방	128	63	20.6	23	54.5	67	54.5	67	
급탕	29	14	-	-					
취사	17	8	-	-	27.0	33	11.2	14	
전기	29	14	-	-					
업무용	-	-	-	-					
합계	203	100	20.6	23	81.5	100	65.7	81	
자립도				77				19	

현재 우리나라에서 열부하 70% 자립 제로에너지 솔라하우스(ZeSH)개발이 완료<sup>4)</sup>됨에 따라 본 사업의 상용화 및 경제성이 있는 것으로 판단된다. 따라서, 소매물도등대에 기존 확보된 업무 및 생활용 전기뿐 아니라 냉난방 부하에 필요한 설비를 추가 확보하여 전체적으로 열부하 70% 자립 제로에너지 솔라하우스(ZeSH) 수준으로 개발 완료하여 환경보호뿐 아니라 관련 운영예산의 절감 가능성이 충분하다고 판단된다.

\* 소매물도등대의 경우 냉난방 열부하를 추가 자립할 경우  
 연간 유류비 5,477,400원(3,043ℓ × 1,800원/ℓ = 5,477,400원)

추가절감 가능

그리고, 태양광발전과 같이 신·재생에너지를 적극 활용하는 것 뿐 아니라 화석연료를 직접 사용하는 등유보일러, 발동발전기의 이용보다는 에너지 효율 및 사용요금 측면에 유리한 시스템으로의 변환도 중요하다. 서이말등대 숙소 난방용 심야전기 보일러의 사용은 사용요금의 절감을 직접 확인할 수 있었으며 또한, 항로표지선의 출장 정박시와 같이 기존의 자체 발전기 가동에 따른 유류소모 없이 육상전원의 공급을 통하여 저비용 에너지 사용구조로의 전환은 관련 예산절감은 물론 탄소배출 억제 등의 환경보호적 측면에서 유리하다. 아울러 항로표지선 출장 정박지 육전시설의 대체사용의 사례를 국내 전체 관공선으로 확대할 경우 유류절감차원의 대체에너지 사용의 인식확대 및 추가 예산절감효과가 클 것으로 기대된다.

본 연구는 비용적 측면에서 해양교통시설의 친환경 에너지 시스템 적용가능성에 대하여 사례분석을 통하여 검토하였다. 친환경 에너지는 특성상 비용적 측면만으로는 판단하기 쉽지 않았다. 특히, 초기설치비용에 대한 직접적인 검토는 이루어 지지 않아 분석결과에 대하여 단정적으로 결론 내릴 수는 없다. 하지만 최근에 기술개발추세를 감안한다면 초기설치비용은 점점 줄어들고 에너지 효율을 발전하는 추세임은 분명하기 때문

4) 윤중호, 백남춘 공저, 한국에서 제로에너지하우스의 현황과 전망, 태양건축과 에너지전환 국제워크샵, 2003

에 비용효과부분의 전망은 긍정적이라고 할 수 있으며 추후 이에 대한 발전적인 연구가 필요하다고 판단된다.

## 참고 문헌

- [1] 국토해양부(2003), '대한민국 등대 100년사'
- [2] 국토해양부(2006), '항로표지 업무편람'
- [3] 마산지방해양항만청(2007), '소매물도등대태양광발전시스템 보강공사' 설계서
- [4] 마산지방해양항만청(2008), '유인등대 설비(에너지절약)보강공사' 설계서