

진단 제 2007 - 02호	
업 종	서 비 스
소분류	식물원 동물원

# 서울대공원 에너지진단보고서

2007. 04

트리플엔지니어링(주)

본 보고서는 관련규정(에너지관리공단)에 따라서 작성하며, 트리플엔지니어링(주)의 특성과 전문성을 표현할 수 있는 방향으로 작성하였다.

## ▣ 서 론

### 1. 에너지진단의 필요성

에너지진단은 에너지 관련 전문기술 장비 및 인력으로 에너지의 공급부문, 수송부문, 사용부문 등 에너지 사용시설 전반에 걸쳐 사업장의 에너지이용 현황을 파악하고, 손실요인 발굴 및 에너지 절감을 위한 최적의 개선안을 제시한다. 또한 진단결과 설비별 운전상태 점검에 따른 효율성 향상 및 개선방안을 제시, 폐열 및 불합리한 에너지 낭비요인 파악, 효율적인 폐열회수 이용방안 및 경제성 제시, 합리적인 에너지 사용 모델 제시 등 에너지설비의 효과적인 운영을 위해 그 성능 검증을 수행하고 실측된 자료를 바탕으로 합리적인 운영방안을 모색하기 위한 필수적인 업무이다.

### 2. 본 진단의 내용 및 범위

서울대공원은 문화생활의 공간으로 식물원 및 동물원을 운영하는 공공사업소로서 에너지진단 내용과 범위는 다음과 같다.

- 가. 에너지 설비 현황 파악
- 나. 연료 사용 실태 파악
- 다. 전기 사용 실태 파악
- 라. 열원기기의 운영에 관한 검토
- 마. 열사용기기의 성능에 관한 검토
- 바. 에너지 절약 방안 검토

### 3. 보고서 구성에 대한 설명

본 보고서는 에너지진단의 내용에 대해서 열원기기, 열사용기기, 전력 수 배전 및 기타 설비에 대해서 각각의 system 분석과 성능 분석 등을 통하여 에너지의 이용 효율을 제고하고, 각종 폐열회수 방안을 강구하며, system 변경에 의한 에너지 절감 방안 등으로 구성하였다.

# < 목 차 >

## I . 일반현황

1. 일반현황 .....	7
2. 추진개요 .....	7
3. 에너지 사용량 .....	8
4. 설비현황 .....	12

## II . 진단 결과 종합

1. 종합의견 .....	16
2. 기대효과 종합 .....	17
3. 개선방안요약 .....	18
4. 에너지진단 수행 범위 .....	22
5. 진단보고서 작성기준 .....	23

### III. 세부개선사항

1. 공기비 조정 .....	26
가. 주보일러 .....	26
나. 유인원관 보일러 .....	30
2. 온수 배관 보온 .....	34
가. 현황 .....	34
나. 관로열손실 .....	39
다. 관로 손실 분석 .....	40
라. 중온수 미단열 관로 보온시 기대효과 .....	40
3. 돌고래플 배수열 회수 .....	44
가. 현황 .....	44
나. 문제점 .....	44
다. 개선방안 .....	44
라. 기대효과 .....	45
4. 고효율 형광등으로 교체 .....	48
가. 현황 .....	48
나. 문제점 및 개선방안 .....	50
다. 기대효과 .....	56
라. 경제성 분석 .....	58

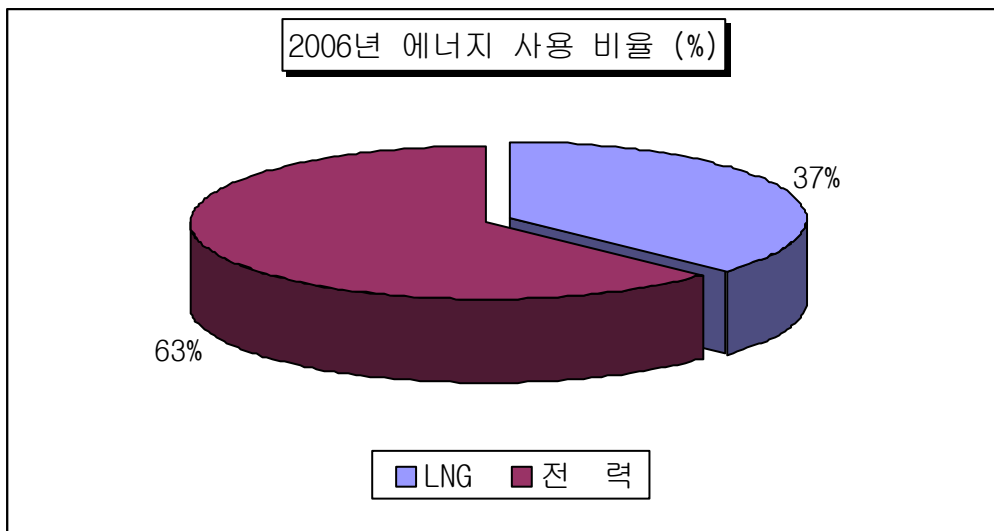
### IV. 첨부사항

1. 주보일러 열정산서
2. 유인원관 온수보일러 열정산서
3. 태양광 발전사업

# 1. 일반현황

### 3. 에너지 사용량

구 분	단 위	2006년		단 가
		연간사용량	에너지 비용(백만원)	
LNG	Nm <sup>3</sup>	1,336,543	827.8	619.3(원/Nm <sup>3</sup> )
	toe	1,410	-	-
전 력	MWh	11,209	933.7	83.3(원/kWh)
	toe	2,409	-	-
에너지 환산계	toe	3,819	1,761.5	--



가. 2004 ~ 2006년 월별 에너지 사용량

(1) 전기

구분 월별	2006년		2005년		2004년	
	사용량(kW)	금액(원)	사용량(kW)	금액(원)	사용량(kW)	금액(원)
1월	1,250,791	94,454,860	1,159,227	83,649,130	1,040,548	82,683,340
2월	1,250,658	94,141,330	1,235,265	84,523,110	1,073,911	84,523,110
3월	1,065,346	81,619,400	1,065,515	75,402,530	940,312	72,655,530
4월	979,236	75,460,130	987,719	70,087,460	845,711	62,828,720
5월	780,670	60,241,890	754,933	52,242,610	670,563	48,843,890
6월	780,911	63,145,820	751,977	53,645,760	681,655	49,962,460
7월	765,931	68,728,960	740,541	60,253,390	700,424	56,342,000
8월	902,126	94,709,920	853,998	86,550,620	842,852	81,287,270
9월	932,396	95,161,090	833,854	81,435,920	750,291	71,256,380
10월	730,224	57,889,130	831,331	53,671,050	685,061	48,335,030
11월	744,200	64,887,410	896,125	61,883,600	885,415	55,705,890
12월	1,026,464	83,230,570	1,097,307	75,477,080	857,877	62,769,370
총계	11,208,953	933,670,510	11,207,792	838,822,260	9,974,620	777,192,990

(2) LNG

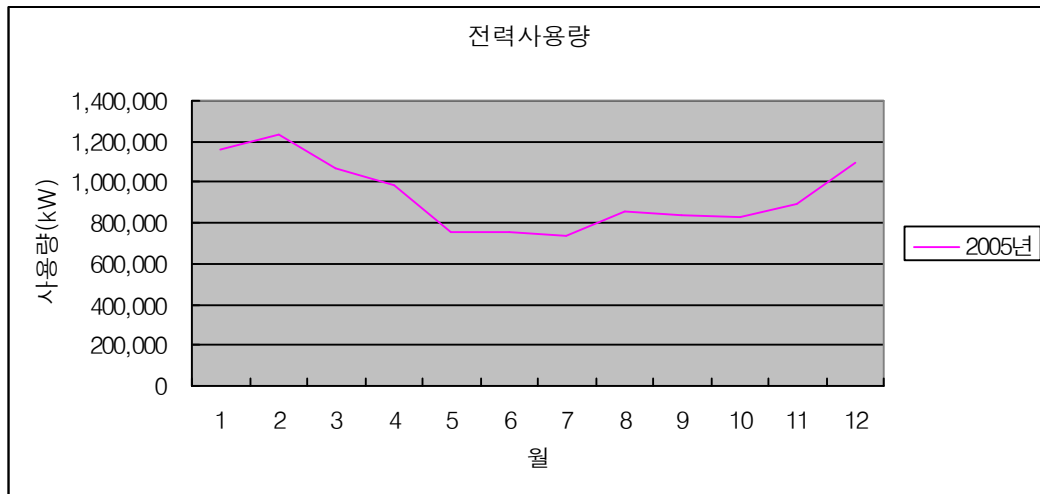
구분 월별	2006년		2005년		2004년	
	사용량(m <sub>3</sub> )	금액(원)	사용량(m <sub>3</sub> )	금액(원)	사용량(m <sub>3</sub> )	금액(원)
1월	327,778	192,844,660	252,302	149,919,530	315,311	64,708,430
2월	366,784	227,169,400	322,070	185,719,040	357,000	189,982,180
3월	265,271	164,402,850	336,199	193,637,250	285,641	152,057,460
4월	182,087	112,951,780	190,099	101,266,640	183,657	97,878,100
5월	49,417	30,897,300	26,712	14,533,330	32,808	17,722,640
6월	9,246	6,069,830	6,113	3,669,780	5,993	3,470,410
7월	2,671	2,014,230	3,073	2,014,240	2,347	1,531,030
8월	2,313	1,860,100	1,839	1,337,610	1,713	1,193,520
9월	534	710,860	2,830	1,924,690	1,698	1,195,320
10월	2,861	2,398,290	4,435	2,824,720	4,344	2,722,660
11월	7,243	5,476,050	11,352	6,708,200	14,186	8,319,040
12월	120,338	80,979,770	105,456	62,164,700	100,957	60,196,540
총계	1,336,543	827,775,120	1,262,480	725,719,730	1,305,655	600,977,330



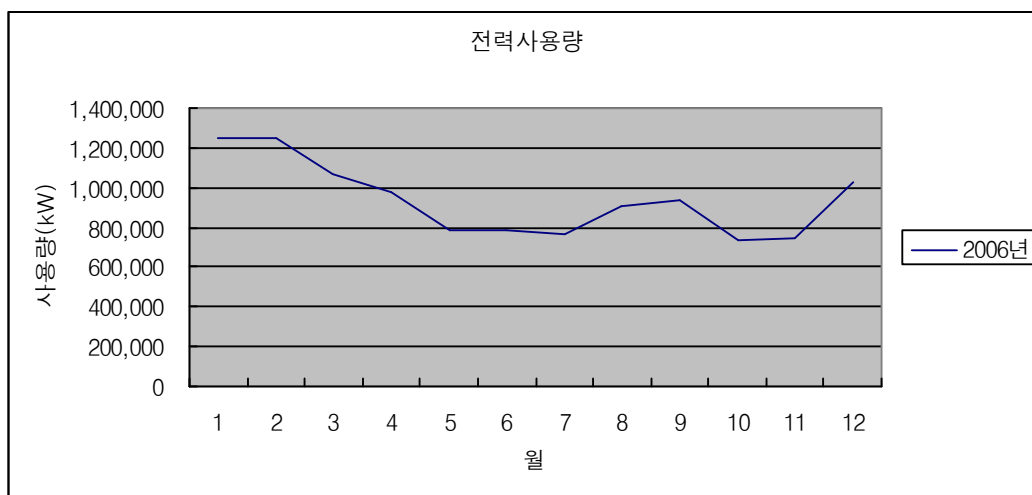
나. 2004 ~ 2006년 월별 에너지 사용량 그래프

(1) 전기

(가) 2005년 월별 전력 사용량 그래프

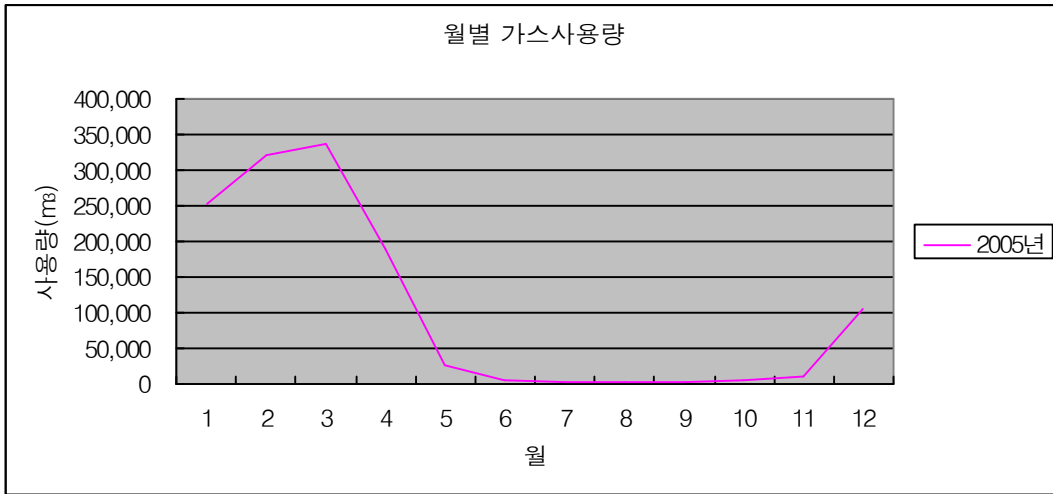


(나) 2006년 월별 전력 사용량 그래프

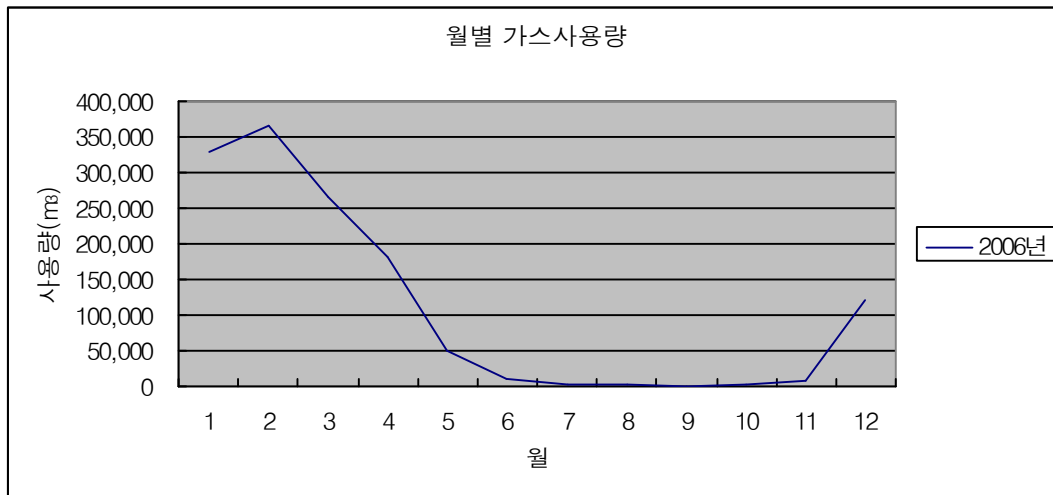


(2) LNG

(가) 2005년 월별 전력 사용량 그래프



(나) 2006년 월별 전력 사용량 그래프



#### 4. 설비현황

##### 가. 급 압수용 펌프(다단식) 설비현황

설치장소	정격[kW]	수량[ea]	설치년도	제작사	비 고
제 1펌프장	37	2대	1992	대영파워	급수용
	37	1대	1997	청우공업	급수용
	37	3대	1983	청우공업	잡용수
	37	1대	1992	대영파워	잡용수
제 2펌프장	30	1대	1997	청우공업	급수용
	30	2대	1999	청우공업	급수용
	30	3대	1983	청우공업	잡용수
	37	1대	1995	내외기계	청수장급수

##### 나. 보일러용 펌프 설비현황

설치장소	정격[kW]	수량[ea]	설치년도	제작사	비고
종합안내소	3.7	2대	1994	청우공업	보일러용수공급
주보일러실	8	2대	93,97	청우, 대영	보일러용수공급
	18	3대	1983	청우공업	중온수환수용
	18	1대	1997	청우공업	중온수환수용
	22	1대	1983	청우공업	중온수공급용
	22	3대	1997	청우공업	중온수공급용

##### 다. 기타 펌프 설비현황

설치장소	정격[kW]	수량[ea]	설치년도	제작사	비고
큰물새우리	30	1대	1983	대영	폭포펌프

##### 라. 심정호 펌프 설비현황

설치장소	정격[kW]	수량[ea]	설치년도	제작사	비고
막개천변	8	6	2001	하지공업(주)	심정호펌프

마. 난방 순환 펌프 설비현황

설치장소	정격[kW]	수량[ea]	설치년도	제작사	비고
종관소	11	2	1983	청우공업	난방순환펌프
동물병원	11	2	1983	청우공업	난방순환펌프
등관소	8	2	1983	청우공업	난방순환펌프
식물원	22	2	1984	대영	난방순환펌프
대동물관	11	2	1983	청우공업	난방순환펌프
조류온실	8	2	1983	청우공업	난방순환펌프

바. 조명설비

건물전체	정격 [W]	수량 [ea]	일일 조명시간 [h]	연간 조명일 [일]	비고
조명종류					
형광등	20W 1등	282	24	365	전자식
	32W 1등	4,280	24	365	
	40W 1등	417	24	365	
백열등	60W	1,318	24	365	
	20W(삼파장)	746	24	365	
나트륨등	100W	10	24	365	
	200W	53	24	365	
메탈등	175W	181	24	365	
	400W	13	24	365	
BL등	250W	24	24	365	blended lamp
할로겐등	50W	254	24	365	
	200W	20	24	365	
	500W	60	24	365	

사. 변압기 설비현황

번호	부하명	용량 [kVA]	전압[V]		연간 가동시간[h]
			1차	2차	
1	주변전소	5,000	22,900		8,760
2	주변전소	3,000	22,900		8,760
3	종관소	500	6,600	380/220	8,760
4	동관소	500	6,600	380/220	8,760
5	제1AF관	500	6,600	380/220	8,760
6	동양관	500	6,600	380/220	8,760
7	대동물관	300	6,600	380/220	8,760
8	해양관	750 500	6,600	380/220	8,760
9	주보일러실	500	6,600	380/220	8,760
10	남미관	300	6,600	380/220	8,760
11	하수처리장	500	6,600	380/220	8,760
12	제2펌프장	300	6,600	380/220	8,760
13	동물병원	300	6,600	380/220	8,760
14	종안소	750	6,600	380/220	8,760
15	주진입로	50	6,600	380/220	8,760
16	사육관리센터	300	6,600	380/220	8,760
17	큰물새우리	300	6,600	380/220	8,760

## II . 진단결과 종합

## 1. 종합의견

- 향후 검토가 필요한 사항으로는 보일러의 공기비 조정, 지하 온수관로의 노출 배관(밸브)의 보온 등으로 에너지 손실을 최소화 하는 것이다.
- 온수관로가 9km이상이 되기 때문에 공순환 시 에너지의 소비가 크고 계절과 시간에 따라 난방 조건이 상이하므로 때에 따라 조치를 취해야 하는 관리자의 부담이 크다. 그러므로 추후에 각 관별로 개별난방을 하는 것이 에너지절약차원에 크게 유리할 것이다.
- 계절적으로 타 난방처와 난방기간과 시간이 상위한 동식물원에 우선적으로 독립 난방시설을 갖춰 불필요한 중온수의 공흐름을 줄여나가야 할 것이다 .
- 고효율 전등기구 채택 : 본 사업장에서 사용하는 등기구의 조사를 한 결과 40W 기존의 등기구를 32W 절전형으로 개선하는 중이다. 현재의 운용에서 효율이 낮고 실조도가 좋지 않은 램프를 새로 개발되어 수명이 길고, 효율과 실조도가 높은 램프로 교체하는 것이 유지 보수나 환경적 차원, 에너지절약차원에서 경제적인 접근이 될 것이다.
- 본 사업장의 경우 대지가 넓어 신재생에너지로 각광받고 있는 태양광 발전 시스템을 도입하여 전력을 자체 생산하여 사용하는 방안도 고려해 볼 필요가 있겠다.

## 2. 기대효과 종합


개선방안			에너지절감량						진단대상 사용량 대비 절감율(%)			절감액 (백만원/년)	투자비 (백만원)	투자비 회수기간 (년)	온실 가스 저감량 (tC/년)
구 분	공정(설비)	개선내용	연료			전기		계 (toe/년)	연 료	전 력	계				
			연료명	절감량	toe	MWh	toe								
열	보일러	공기비 조정	LNG	20.0 km <sup>3</sup>	21.1			21.1	1.50		0.55	12.3	5	0.4	13.4
	열사용설비	관로 밸브 보온	LNG	3.6 km <sup>3</sup>	3.8			3.8	0.27		0.10	2.2	0.8	0.4	2.4
	돌고래플	배수열 회수	LNG	7.7 km <sup>3</sup>	8.1			8.1	0.57		0.21	4.8	13.9	3	5.2
	소 계				31.3 km <sup>3</sup>	33			33	2.34		0.86	19.3	19.7	1
전 기	조명설비	고효율설비로 교체				694.1	149	149		6.19	3.90	57.8	225	3.9	80.2
	소 계						694.1	149	149		6.19	3.90	57.8	225.1	3.9
합 계								182			4.76	77.1	244.7	3.2	101.2

※ 전기의 탄소 배출 저감 계수 : 0.1156 tC/MWh



### 3. 개선방안요약

대상공정	보일러	설비종류	보일러
작성년도	2007	작성자	전교우
개선안	보일러의 공기비를 조정하여 에너지를 절감		
내 용	현재 보일러의 배가스 공기비가 높아 공기비를 낮추어 에너지를 절감한다.		
개선전		개선후	
LNG가스의 목표 공기비를 상당히 초과 운전되고 있으며 산소농도 검출장치가 되어있으나 정확히 작동되고 있지 않음		새로 배가스 분석 장치를 구비하거나 이미 설치되어있는 산소가스 분석 장치를 보수검정하여 수시로 측정 목표 공기비를 유지할 수 있도록 한다	
효과산출	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 주보일러 공기비 : 1.83</li> <li>- 유인원관 보일러 공기비 : 1.43</li> <li>1. 연간 절감열량  <math>Q = (m_1 - m_2) \times A_o \times C_a \times (t_g - t_a)</math>            가. 주보일러 = 211.5 (kcal/Nm<sup>3</sup>)            나. 유인원관 보일러 = 143.8 (kcal/Nm<sup>3</sup>)</li> <li>2. 절감율  <math>E = \frac{\Delta Q}{Q_i} \times 100</math>            가. 주보일러 = 2.22(%)            나. 유인원관 보일러 = 1.51(%)</li> <li>3. 연간 절감 연료량            가. 주보일러 = 19,531 (Nm<sup>3</sup>/년)            나. 유인원관 보일러 = 440 (Nm<sup>3</sup>/년)</li> <li>4. 연간 절감 금액            (주보일러 절감연료량 + 유인원관 절감연료량) x LNG 단가            = 12.3 (백만원)</li> <li>5. 투자비용 = 연소가스 분석기 구입 : 5(백만원)</li> <li>6. 투자비 회수기간  <math>= \frac{\text{투자비용 [백만원]}}{\text{절감금액 [백만원]}} = \frac{5}{12.3} = 0.4 \text{ [년]}</math></li> </ul>		
절감량	21.1 (toe/년)	절감액	12.3 (백만원)
투자비	5 (백만원)	회수기간	0.4 (년)

대상공정	전체	설비종류	배관	
작성년도	2007	작성자	전교우	
개선안	관로중 보온되지 않은 밸브보온			
내용	관로중 밸브부분의 보온이 되지 않아 열원이 그냥 방출되므로 보온을 하여 열손실을 감소한다.			
	개선전	개선후		
	 <p>사진: 미보온 밸브</p> <p>- 관로의 길이 약 9km 중 200 m/m valve와 165m/m 밸브가 보온되어 있지 않음</p>	<p>미보온 부분을 단열처리하여 방열 손실 열 최소화하고 공동구에 접근이 쉽도록 출입구를 개선하여 수시로 점검 보수한다.</p>		
효과산출	구 분		보온 전	보온 후
	A : 보온면적 [m <sup>2</sup> ]		19.3	
	ar <sub>1</sub> , ar <sub>2</sub> : 보온 전,후 방사 열전달율 [kcal/m <sup>2</sup> ·h·°C]		4.79	4.46
	ac <sub>1</sub> , ac <sub>2</sub> : 보온 전,후 대류 열전달율 [kcal/m <sup>2</sup> ·h·°C]		5.63	4.33
	T <sub>1</sub> : 보온 전·후 평균 표면 온도[°C]		61	24
	T <sub>2</sub> : 보온 전·후 평균 실내 온도[°C]		18	
	Σ : 표면방사율 [%]		0.8	
	(1) 단열시공으로 인한 절감열량			
	$= A \times \{ (h_1 \times \Delta T) - (h_2 \times \Delta T) \}$ $= 7,790 \text{ [kcal/h]}$			
	(1) 보온시 연간 절감연료량 = $\frac{\text{절감열량 [kcal/h]} \times \text{가동시간 [h/년]}}{B - C \text{유 발열량 [kcal/l]} \times \text{보일러효율}}$			
$= 3,580 \text{ [Nm}^3\text{/년]}$				
(2) 연간 절감 금액 = 연간 절감 연료량 [Nm <sup>3</sup> /년] × 단가 [원/Nm <sup>3</sup> ]				
$= 2.2 \text{ [백만원/년]}$				
(3) 투자비용 = 0.8 [백만원]				
※ 투자비용 내역은 세부사항 참조.				
(4) 투자비 회수기간 = $\frac{\text{투자비 [천원]}}{\text{연간 절감금액 [천원/년]}} = \frac{800}{2,200}$				
$= 0.4 \text{ [년]}$				
절 감 량	3.8 (toe)	절 감 액	2.2 (백만원)	
투 자 비	0.8	회 수 기 간	0.4 (년)	

대상 공정	돌고래 풀	설비 종류	해수도입
작성년도	2007.12. 18	작성자	이용신
개선안	돌고래풀 배수열 회수		
내용	배수되는 해수와 새로 도입하는 해수의 열교환으로 배수열 회수		
개 선 전		개 선 후	
<p>현재 배수 되는 해수는 열회수 없이 배수되고 있다.</p>		<p>.열교환기를 설치하여 배수 중 열을 회수한다.</p>	
효과산출	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 연간 절감 열량  <math display="block">= \text{해수처리량(kg/day)} \times \text{해수비열(kcal/kg, } ^\circ\text{C)} \times \text{온도차(} ^\circ\text{C)} \times \text{열교환효율} \times \text{연간 가동일수(day/년)} \times \text{안전율}</math> <math display="block">= 60,016,000 \text{ (kcal/년)}</math> </li> <li>2. 연간 절감 연료량  <math display="block">= \frac{\text{연간 절감 열량(kcal/년)}}{\text{LNG 발열량(kcal/Nm}^3\text{)} \times \text{보일러 효율}}</math> <math display="block">= 7,680 \text{ (Nm}^3\text{/년)}</math> </li> <li>3. 연간 절감 금액  <math display="block">= \text{연간 절감 연료량 (Nm}^3\text{/년)} \times \text{단가 (원/Nm}^3\text{)}</math> <math display="block">= 4.8 \text{ (백만원)}</math> </li> <li>4. 투자비용  : 판형 열교환기 = 13.9 (백만원) </li> <li>5. 투자비 회수기간  <math display="block">= \frac{\text{투자비용 [백만원]}}{\text{절감금액 [백만원]}}</math> <math display="block">\approx 3 \text{ (년)}</math> </li> </ol>		
절 감 량	8.1 (toe)	절 감 액	4.8 (백만원/년)
투 자 비	13.9 (백만원)	회 수 기 간	3 (년)

대상공정	전체	설비종류	조명시설		
작성년도	2007	작성자	김정동		
개선안	기존 조명설비 중 일부를 효율 및 조도가 개선된 조명설비로 교체한다.				
내용	50W 할로겐램프 → LED램프, 40W 형광등 → 32W 형광등, FPX램프 → 20W COMPACT 전구형램프, BL램프 → 무전극램프, 나트륨램프 → 무전극램프로 각각 교체하여 전력절감 및 조명환경개선을 하고자 한다.				
	개선 전	개선 후			
	동물원의 대지 및 시설공간이 크기 때문에 사용하는 조명설비가 많다. 이 중 일부의 경우 소비전력에 비해 효율이 낮거나 연색성이 나빠 실조도가 좋지 못한 경우가 있다.	기존램프를 개선하여 개발된 램프로 교체하여 효율 및 조도가 개선되는 동시에 소비전력이 절감된다.			
효과산출	교체 전	교체 후	개수[ea]	연간절감전력 [W]	연간절감전력량 [kWh/년]
	50W 할로겐램프	LED램프	341	15,924	139,494
	40W 형광등	32W 형광등	416	7,072	6,950
	13W × 2 FPX램프	20W COMPACT	221	5,304	46,463
	BL램프	무전극램프	24	4,080	35,740
	나트륨램프	무전극램프	561/191	53,142	465,524
	합 계		-	85,522	694,171
	연간절감금액 (전기단가:83.3[원/kWh]) = 694,171[kWh/년] × 83.3[원/kWh] = 57.8[백만원/년]				
	투자비				
	구분	단가(천원)	대수(ea)	소계(천원)	
LED램프	18	314	5,652		
32W형광등	17	416	7,072		
COMPACT 20W set	5.5	221	1,215.5		
80W무전극램프 SET	295	24	7,080		
60W/120W 무전극등	260/305	561/191	204,115		
합 계		-	225,134.5		
절감량	694,171(kWh/년)	절감액	57.8(백만원/년)		
투자비	225.1(백만원/년)	회수기간	3.9(년)		

## 4. 에너지 진단 수행 범위

### 가. 과업범위 및 중점 진단대상

		에 너 지 진 단 범 위
건	건축물	• 구조체의 열관류율 및 건물 냉난방부하 산출
		• 각 구획 구성의 적정성
		• 열원시설 적정용량
물	난방 및 급탕시설	• 보일러 등 열전환시설의 관리상태 및 성능시
		• 급수, 연료공급 및 연소계통 관리
		• 열전환 방식 및 계통
		• 배관시설의 시스템 및 보온상태
		• 증기트랩 및 응축수 회수이용
		• 열교환시설 설치를 통한 효율향상 방안
		• 신, 재생시스템 적용방안
부	냉방 및 공조설비	• 실내 냉방기 적정여부 분석
		• 설계사양 및 실부하 비교분석
		• 급배기 분석 및 환기설비 부하측정
		• 냉방 및 공조설비 운전관리 및 가동상태 분석
문	수배전설비	• 수변전설비 통합관리
		• 배전설비 운전관리
		• 최대수요 및 역률분석
	동력설비, 조명설비 및 기타	• 동력시설의 적정용량 및 이용실태 개선
		• 램프, 안정기, 반사갓 등 조명시설 개선
		• 승강기 등 운행방식 합리화
		• 각종 절전장치의 적용 가능여부
		• 폐열회수, 재활용 등 신·재생시스템 적용방안
		• 에너지시스템 합리화 방안
		• 중장기 에너지절약 대책수립

(1) 주보일러, 유인원관 보일러

(2) 온수배관

(3) 돌고래플장

(4) 조명시설

## 5. 진단보고서 작성기준

본 보고서는 에너지 이용 합리화법(제24조)에 의한 에너지 진단 사업의 일환으로 귀사에 대하여 실시한 전기에너지진단 결과로써 전 공정의 주요 전력설비를 대상으로 측정 및 진단결과를 도출하였다.

귀사의 전기에너지관리 진단결과 작성된 보고서의 다음의 적용기준에 의하여 분석, 평가되었으며 적용기준에 따라 기대효과의 변동이 수반되므로 자체 실정에 맞도록 고려하여 에너지 및 원가절감계획에 유용하게 이용되기 바란다.

가. 에너지 사용현황 및 실적자료는 귀 공장에서 제시한 수치 및 자료를 기준으로 삼았으며 개별설비의 에너지 사용량은 실측 또는 제시 자료를 적용하였다.

나. 모든 조업자료는 진단기간 중에 측정된 공정운전관련의 온도, 압력, 유량 및 생산량 등의 자료와 전기설비운전관련의 전압, 전류, 전력 및 역률 등의 자료를 기준으로 삼았으며, 측정곤란 또는 불능 조건의 자료는 설계기준치 또는 이론적 근거 및 비교분석 등을 통하여 판단한 운전 기준을 활용하였다.

다. 각종 측정치 및 기대효과 계산은 진단시 운전상태를 기준으로 삼았으므로 조업방법 및 운전환경의 변화가 발생한 경우에는 이를 감안해야 한다.

라. 에너지절약에 따른 투자경제성은 간이 자본 회수 법을 이용하였으므로 투자비 회수기간 계산시 단순 투자비 회수기간을 적용한 본 보고서를 참고로 생산성 향상 및 금융비용 등의 기타 부분을 고려하여야하며 시행여부는 회사 자체에서 별도로 재검토가 이루어져야 한다.

마. 개선을 위한 소요투자비의 산출은 물가자료, 국내 시판가 및 대리점 가격 자료를 이용했으나, 이는 참고자료로서 실제가격은 설비개선 투자를 할 때 물가변동을 고려 재조사하여야 할 것이다.

바. 진단범위는 공장내의 주요 전기사용설비를 대상으로 비교적 접근, 관측 또는 자료이용이 가능한 설비에 대해 중점 실시하였다.

사. 참고자료는 업체측에 도움이 될 것으로 판단되는 자료를 첨부하였다.

아. 공장의 전력 단가는 귀사에서 제시한 2006년 년평균 단가 83.3(원/kWh)를 기준으로 하였다.

자. 기대효과 계산은 설비별로 산출하였다.

### Ⅲ . 세부개선 사항



# 1. 공기비 조정

## 가. 주보일러

### (1) 설비현황

구 분	항 목	단 위	기 재 란	비 고
본 체	보일러 형식		관류형	
	최 대 용 량	kcal/h	6,000,000	
	최고사용압력	kg/cm <sup>2</sup> -g	14	
	상 용 압 력	kg/cm <sup>2</sup> -g	6	
	전 열 면 적	m <sup>2</sup>	186.9	
	제 작 일		1982.4	
	제 작 처		강원보일러	
버 너	제 작 처		수국	
송 풍 기	형 식		터보	
	풍 량	m <sup>3</sup> /min	180	
	풍 압	mmAq	400	
	동 력	kW		
	제 작 처		삼남	
펌 프	양 정	m	20	
	용 량	m <sup>3</sup> /h	150	
	제 작 처		청우	
	제 작 일		1997년	

### (2) 운전현황

- 관류형 온수보일러 3기를 설치 운영하고 있으며 사용연로는 LNG로 전체 공원사용 LNG의 약 85%를 사용하고 있다.

- 공원전체를 순환하는 배관망에 60~80도의 온수로 공급, 순환하며 최대 24개소의 사용처에 인입된 배관을 통해 필요한 열을 공급 이용하고 있다.



- 보일러에는 산소 농도 자동 측정 장치와 이에 연동해서 공기량과 연료량을 제어하는 장치가 설치되어 있으나 적절히 작동되고 있지 않으며 비교적 높은 공기비로 운전 되고 있다.
- 보일러의 가동 형태는 11월부터 외기온도가 10℃ 이하를 나타낼 때부터 필요 동식물사별로 공급되며, 4월 중순 외기온도가 10℃ 이상이 될 때까지 가동된다.

### (3) 주보일러 (3호기) 열정산 및 성능 진단

#### (가) 공기비 측정

	O <sub>2</sub> [%]	CO[ppm]	CO <sub>2</sub> [%]
보일러 3호기	9.5	0	6.6

위 측정 자료로 3호 보일러의 공기비를 계산하면 아래와 같다.

$$\text{공기비} = \frac{21}{21 - O_2(\%)}$$

$$= \frac{21}{21-9.5}$$

$$= 1.83$$

연료를 연소하여 열을 발생하기 위하여 산소를 필요하게 되며 공기중의 산소가 이용된다. 공기비란 연료를 연소하는데 필요로 하는 이론연소 공기량에 대한 실제 투입 공기량의 비율이다.

보일러 운전자는 이론 공기량 보다 많은 공기를 사용하여 완전 연소에 가까운 운전을 하고자 하나 과잉공기 사용은 결국 보일러 효율을 저하시키는 원인이 된다. 따라서 보일러 취급자는 이들 손실량을 최소한으로 하기 위하여 다음의 사항에 유의해야 한다.

첫째 불완전 연소에 의한 손실을 감소시키기 위해서는 공급공기량을 증가시켜야 하고, 배기가스의 현열손실을 감소시키기 위해서는 이 공기량을 이론적 공기량에 접근시켜야 하는 상반된 관계가 있으므로 이 두 손실량의 합이 최소가 되도록 한다.

둘째 열손실량의 가장 큰 비율을 차지하는 배기가스에 의한 손실량을 감소시키기 위해서는 연소가스량을 감소시켜야하므로 가능한한 공급공기량을 감소시켜 배기가스중의 CO2함량을 증가시켜야 한다.

연료 LNG 1m<sup>3</sup> 을 연소하기 위하여 필요한 이론 연소공기량은 10.742 m<sup>3</sup> 이지만 실제 연소에서는 연료의 특성 연소기기의 성능등 조건을 감안하여 불완전 연소가 발생하지 않는 범위내에서 최소의 공기비로 연소하는 것이 연료절약을 위한 연소기법이다.

LNG를 연소하는 경우 이론공기량보다 약 10% 정도의 과잉공기량으로 연소하는 것이 보통이며 이때의 공기비(1.1)를 목표 공기비로 본다.

(나) 열정산값

항 목	입 열		출 열	
	kcal/h	%	kcal/h	%
연료의 연소열	2,729,300	99.2		
연료의 현열	1,212	0.1		
공급공기의 현열	18,460	0.7		
배가스 손실열			192,150	7.0
불완전연소손실열			0	0
방열 및 기타손실열			307,002	11.2
물의 흡수열			2,250,000	81.8
합 계	2,749,152	100	2,749,152	100

(다) 성능 값

항 목	단 위	결 과 치
보일러 효율	%	81.9
부 하 율	%	37.5

(4) 기대효과

(가) 연간 절감열량

$$Q = (m_1 - m_2) \times A_o \times C_a \times (t_g - t_a)$$

Q : 절감열량 (kcal/Nm<sup>3</sup>-연료)

m<sub>1</sub> : 개선전 공기비 (1.83)

m<sub>2</sub> : 조정후 공기비 (1.1)

C<sub>a</sub> : 배가스 평균비열 (0.31 kcal/Nm<sup>3</sup> °C)

A<sub>o</sub> : 이론연소 공기량 (10.742 Nm<sup>3</sup>-공기/Nm<sup>3</sup>-LNG)

t<sub>g</sub> : 배가스 온도 (106.4 °C)

t<sub>a</sub> : 연소용 공기 온도 (18.9 °C)

$$Q = (1.83 - 1.1) \times 10.742 \times 0.31 \times (106.4 - 18.9)$$

$$= 211.5 \text{ (kcal/Nm}^3\text{)}$$

(나) 절감률(E)

$$E = \frac{\Delta Q}{Q_i} \times 100 = \frac{211.5}{9,550} \times 100 = 2.22 \text{ [%]}$$

E : 절감률 [%]                       $\Delta Q$  : 연간 절감열량 [kcal/Nm<sup>3</sup>]  
 $Q_i$  : LNG 발열량 [kcal/Nm<sup>3</sup>]

(다) 연간 절감연료량

$$\begin{aligned} &= \text{LNG 연간 사용량 [Nm}^3\text{/년]} \times \text{절감률} \\ &= 879,769 \times 0.0222 \\ &= 19,531 \text{ [Nm}^3\text{/년]} \end{aligned}$$

나. 유인원관 보일러

(1) 현황

유인원관은 주보일러로부터 공급되는 중온수를 이용하여 난방을 하고 있으나 보조 난방용으로 20만 kcal/h 보일러 1기가 설치되어 있다. 이 보일러는 비교적 최근에 설치된 것이지만 공기비가 다소 높게 운전되고 있다.

(2) 열정산 및 성능 측정

(가) 공기비 측정

	O <sub>2</sub> (%)	CO(ppm)	CO <sub>2</sub> (%)
유인원관 보일러	6.3	-	8.9

위 측정자료로 3호 보일러의 공기비를 계산하면 아래와 같다.

$$\text{- 공기비} = \frac{21}{21 - O_2(\%)}$$

$$= \frac{21}{21 - 6.3}$$

$$= 1.43$$

목표치 1.1 에 비해 다소 높게 운전되고 있다.

(나) 열정산값

항 목	입 열		출 열	
	kcal/h	%	kcal/h	%
연료의 연소열	86,905	99.2		
연료의 현열	6	0.1		
공급공기의 현열	65	0.7		
배가스 손실열			6,574	7.6
불완전연소손실열			0	0
방열 및 기타손실열			602	0.7
물의 흡수열			79,800	91.7
합 계	86,976	100	86,976	100

(다) 성능값

항 목	단 위	결 과 치
보일러 효율	%	91.5
부 하 율	%	39.9

(3) 기대효과

(가) 연간 절감열량

$$Q = (m_1 - m_2) \times A_o \times C_a \times (t_g - t_a)$$

- Q : 절감열량 (kcal/Nm<sup>3</sup>-연료)
- m<sub>1</sub> : 개선전 공기비 (1.43)                      · m<sub>2</sub> : 조정후 공기비 (1.1)
- C<sub>a</sub> : 배가스 평균비열 (0.31 kcal/Nm<sup>3</sup> °C)
- A<sub>o</sub> : 이론연소공기량 (10.742 Nm<sup>3</sup>-공기/Nm<sup>3</sup>-LNG)
- t<sub>g</sub> : 배가스온도 (153 °C)                      · t<sub>a</sub> : 연소용 공기 온도(21.6 °C)

$$Q = (1.43 - 1.1) \times 10.742 \times 0.31 \times (153 - 21.6)$$

$$= 143.8 \text{ (kcal/Nm}^3\text{)}$$

(나) 절감률(E)

$$E = \frac{\Delta Q}{Q_i} \times 100 = \frac{143.8}{9,550} \times 100 = 1.51 \text{ [%]}$$

E : 절감률 [%]                      ΔQ : 연간 절감열량 [kcal/Nm<sup>3</sup>]

Q<sub>i</sub> : LNG 저위 발열량 [kcal/Nm<sup>3</sup>]

(다) 연간 절감연료량

$$= \text{LNG 연간 사용량 [Nm}^3\text{/년]} \times \text{절감률}$$

$$= 29,160 \times 0.0151$$

$$= 440 \text{ [Nm}^3\text{/년]}$$

(4) 경제성 분석

(가) 연간 절감 금액

$$= (\text{주보일러 절감연료량} + \text{유인원관 절감연료량})[\text{Nm}^3\text{/년}] \times \text{단가 [원/Nm}^3\text{]}$$

$$= (19,531 + 440) \times 619.3$$

$$= 12.3 \text{ [백만원/년]}$$

(나) 투자비용

$$\text{연소가스 분석기 구입} = 5 \text{ [백만원]}$$

(다) 투자비 회수기간

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{투자비용 [백만원]}}{\text{절감금액 [백만원]}} = \frac{5}{12.3} \\ &= 0.4 \text{ [년]} \end{aligned}$$

## 2. 온수배관 보온

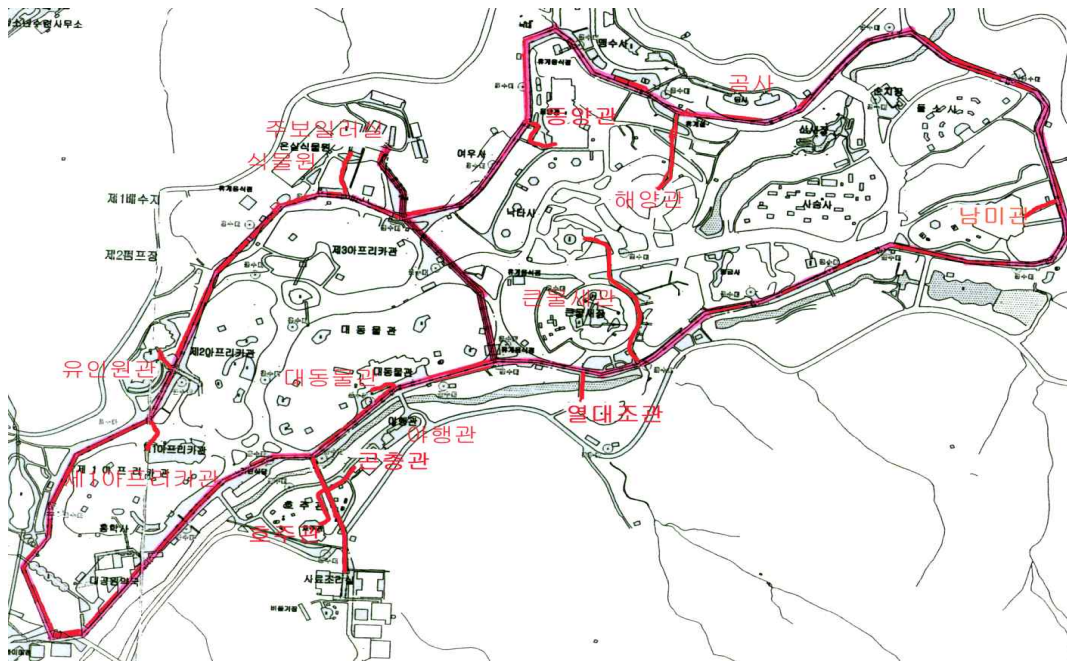
가. 현황



주보일러실로부터 20개소의 난방처에 공급되는 중온수 라인의 길이는 약 9km에 이른다. 보일러에서 공급되는 중온수의 공급온도와 회수 온도의 차만큼의 열량이 각 열 수요처에 공급 사용된 열과 관로상의 열손실의 합으로 볼 수 있다. 계산에 의하면 손실율은 9.6%에 달하며 이는 주로 긴 관로로 인한 것으로 적절한 보온과 합리적 중온수 순환 방식으로 손실을 줄이는 것이 필요하다.

(1) 온수관로

주보일러를 나온 온수는 공원 전체에 산재한 각 동식물원 입구를 지나는 공급 회수 주라인으로 구성되며 주관으로부터 각수요처까지 지관으로 연결되고 그곳에서 열교환기를 거쳐 공조기 또는 팬코일 유닛을 통해 난방 공급된다.



< 중온수 공급라인 >

(2) 중온수 열교환기 사양 및 관로

(가) 유인원사

- 열교환기 사양

형 식	용량(kcal/h)	판 수(ea)	전열면적(m <sup>2</sup> )
판 형	800,000	48	11.96

- 인입관로도

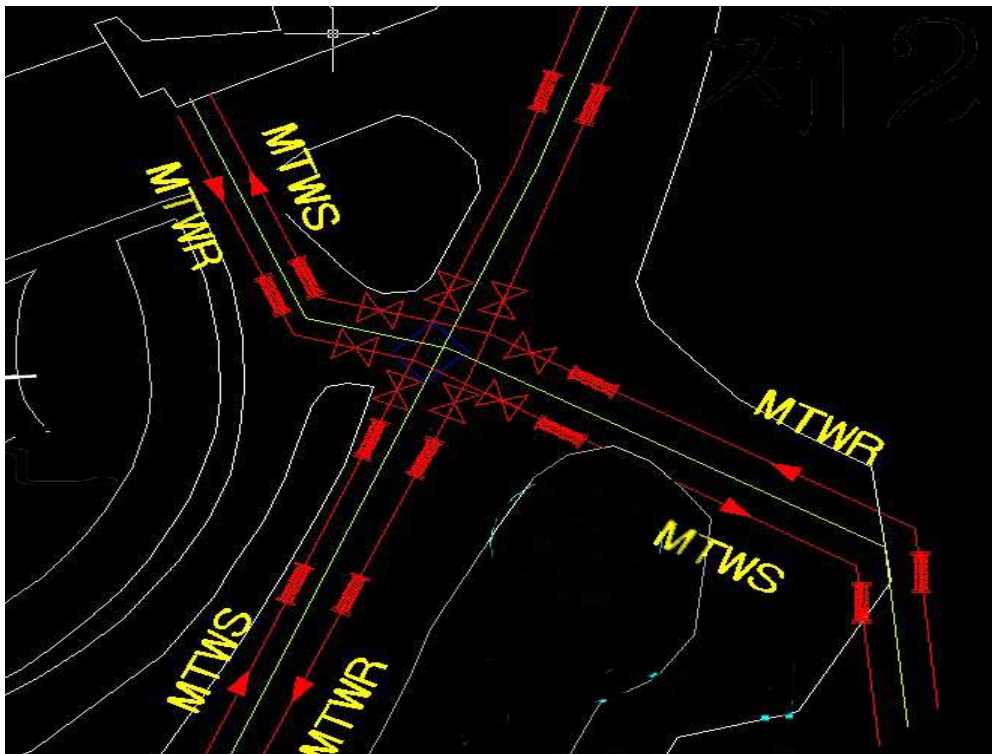


그림: 유인원관 입구 배관도

- 유인원관에 공급되는 열량

- 유량 = 60 m<sup>3</sup>/h (60,000 kg/h)
- 열교환기 전후 온도차 = 45 - 35 = 10 (°C)
- 흡수열량 = m · Cp · Δt = 60,000 × 1 × 10 = 600,000 (kcal/h)

중앙 주관로의 밸브에는 수시 접근이 어려워 언제나 열려있다. 따라서 열교환기가 설치되어있는 유인원관 기계실의 중온수 라인 밸브를 차단하지 않으면 지관으로 중온수가 공순환 하므로 난방공급이 필요 없을때는 반드시 공급측 밸브를 차단해야 한다.

(나) 제1아프리카관

형 식	용량(kcal/h)	판 수(ea)	전열면적(m <sup>2</sup> )
판 형	500,000	23	4.79

- 제1아프리카관 공급열량

- 유량 = 27,000 (kg/h)
- 열교환기 전후온도차 = 8 (°C)
- 흡수열량 =  $m \cdot C_p \cdot \Delta t = 27,000 \times 1 \times 8 = 216,000$  (kcal/h)

(다) 호주관

형 식	용량(kcal/h)	판 수(ea)	전열면적(m <sup>2</sup> )
판 형	200,000	22	5.2

- 호주관 공급열량

- 유량 = 6,000 (kg/h)
- 열교환기 전후온도차 = 1 (°C)
- 흡수열량 =  $m \cdot C_p \cdot \Delta t = 6,000 \times 1 \times 1 = 6,000$  (kcal/h)

(라) 곤충관

형 식	용량(kcal/h)	판 수(ea)	전열면적(m <sup>2</sup> )
판 형	340,000	29	4.59

- 호주관 공급열량

- 유량 = 117,000 (kg/h)
- 열교환기 전후온도차 = 5 (°C)
- 흡수열량 =  $m \cdot C_p \cdot \Delta t = 117,000 \times 1 \times 5 = 585,000$  (kcal/h)

(마) 열대조관

형 식	용량(kcal/h)	판 수(ea)	전열면적(m <sup>2</sup> )
판 형	500,000	59	13.45

- 호주관 공급열량

- 유량 = 27,000 (kg/h)
- 열교환기 전후온도차 = 9 (°C)
- 흡수열량 =  $m \cdot C_p \cdot \Delta t = 27,000 \times 1 \times 9 = 243,000$  (kcal/h)

(바) 동양관

형 식	용량(kcal/h)	판 수(ea)	전열면적(m <sup>2</sup> )
판 형	150,000	20	4.63

- 호주관 공급열량

- 유량 = 150,000 (kg/h)
- 열교환기 전후온도차 = 2 (°C)
- 흡수열량 =  $m \cdot C_p \cdot \Delta t = 150,000 \times 1 \times 2 = 300,000$  (kcal/h)

(사) 해양 동물관

형 식	용량(kcal/h)	판 수(ea)	전열면적(m <sup>2</sup> )
판 형	300,000	47	7.99

- 해양 동물관 공급열량

- 유량 = 24,000 (kg/h)
- 열교환기 전후온도차 = 1 (°C)
- 흡수열량 =  $m \cdot C_p \cdot \Delta t = 24,000 \times 1 \times 1 = 24,000$  (kcal/h)

(아) 남미관

형 식	용량(kcal/h)	판 수(ea)	전열면적(m <sup>2</sup> )
판 형	150,000	25	5.25

- 해양 동물관 공급열량

- 유량 = 30,000 (kg/h)
- 열교환기 전후온도차 = 2 (°C)
- 흡수열량 =  $m \cdot C_p \cdot \Delta t = 30,000 \times 1 \times 2 = 60,000$  (kcal/h)

난방대상건물	온수순환량 (kg/h)	공급수온도 (°C)	회수온도 (°C)	공급열량 (kcal/h)
유인원사	60,000	45	35	600,000
하마사	27,000	40	32	216,000
호주관	6,000	43	42	6,000
곤충관	117,000	43	38	585,000
열대조관	27,000	46	37	243,000
동양관	150,000	44	42	300,000
해양동물관	24,000	43	42	24,000
남미관	30,000	44	42	60,000
합계		-	-	2,034,000

< 사용처별 열 사용량(공급량) >

나. 관로 열손실

보일러에서 가지고 나간 증온수 총 열량에서 각 동물사에서 사용된 열량을 빼면 관로 순환중 미보온부분 또는 보온부실로 인한 열손실로 볼 수 있다. 주 보일러에서 온수로 공급된 전체 열량은 아래와 같다.

단, 주보일러 연간 LNG 사용량은 879,769 (Nm<sup>3</sup>/년) 이다.

$$\begin{aligned} \text{- 주보일러 온수 공급열량} &= \text{물순환량} \times \text{물의 비열} \times (\text{공급측 물온도} \\ &\quad \text{- 회수측 물온도}) \\ &= 150,000 \times 1 \times (57-42) \\ &= 2,250,000 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

사용처에 공급된 열량은 위 표에서 2,034,000 (kcal/h)이므로  
관로에서 손실된 열량은 2,250,000 - 2,034,000 = 216,000 (kcal/h)

$$\begin{aligned} \text{※ 관로 손실율} &= \frac{\text{관로에서의 손실열량 (kcal/h)}}{\text{주보일러 온수 공급열량 (kcal/h)}} \times 100 \\ &= \frac{216,000}{2,250,000} \times 100 \\ &= 9.6(\%) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{※ 단위 관로당 손실열량} &= \frac{\text{관로에서의 손실열량 (kcal/h)}}{\text{전체 관로 길이 (m)}} \\ &= \frac{216,000}{9,000} \\ &= 24 \text{ (kcal/h} \cdot \text{m)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{※ 연간 관로상에서의 연료 손실량} \\ &= \text{연간 주보일러 LNG 사용량 (Nm}^3\text{/년)} \times \text{관로 손실율} \times \text{안전율} \\ &= 879,769 \times 0.096 \times 0.9 \\ &= 76,000 \text{ (Nm}^3\text{/년)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{※ 손실금액} &= \text{연간 연료 손실량 (Nm}^3\text{/년)} \times \text{LNG단가 (원/Nm}^3\text{)} \\ &= 76,000 \times 619.3 \\ &= 47 \text{ (백만원)} \end{aligned}$$

#### 다. 관로 손실 분석

현재 서울대공원의 각 동물사 및 사무동은 대부분 주보일러의 중온수를 받아 열교환을 하여 난방을 하고 있지만 중온수 메인관과 지관의 노후와 미보온등등 여러가지 이유로 위의 계산식에서와 같이 연간 약 4천만원 정도의 손실이 발생하고 있다. 이에 현재 미보온 상태인 각종 밸브류에 단열 보온을 하여 관로에서 발생하는 열 손실을 조금이라도 줄여 주고자 한다.

#### 라. 중온수 미단열 관로 보온시 기대효과



<미보온된 중온수 라인의 밸브>

#### - 관로 중 미보온 밸브 표면적

밸브규격(mm)	수량(ea)	길이 (cm)	직경(cm)	상부플렌지	총표면적(m <sup>2</sup> )
200	10	50	25	25	4.5
165	74	35	16.5	16.5	14.8

< 계산식 >

$$h = a_r + a_c$$

$$a_r = 4.88 \times \frac{\left(\left(\frac{T_s}{100}\right)^4 - \left(\frac{T_r}{100}\right)^4\right) \times \Sigma}{T_s - T_r}$$

$$a_c = K \times \sqrt[4]{T_s - T_r}$$

- h : 표면 열전달율
- $a_r$  : 복사열전달율 [ $\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ ]
- $a_c$  : 대류열전달율 [ $\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ ]
- $T_s$  : 표면온도 [K]
- $T_r$  : 주위온도 [K]
- $\Sigma$  : 표면 방사율 [%]

구 분	보온 전	보온 후
A : 보온면적 [ $\text{m}^2$ ]	19.3	
$a_{r1}, a_{r2}$ : 보온 전, 후 방사 열전달율 [ $\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ ]	4.79	4.46
$a_{c1}, a_{c2}$ : 보온 전, 후 대류 열전달율 [ $\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$ ]	5.63	4.33
$T_1$ : 보온 전·후 평균 표면 온도 [ $^\circ\text{C}$ ]	61	24
$T_2$ : 보온 전·후 평균 실내 온도 [ $^\circ\text{C}$ ]	18	
$\Sigma$ : 표면방사율 [%]	0.8	

- 보온 전 열전달율 -

$$a_{r1} = 4.88 \times \frac{\left(\left(\frac{273+61}{100}\right)^4 - \left(\frac{273+18}{100}\right)^4\right) \times 0.8}{61 - 18}$$

$$= 4.79 \text{ [kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}]$$

$$a_{c1} = 2.2 \times \sqrt[4]{(61 - 18)}$$

$$= 5.63 \text{ [kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}]$$

$$h_1 = 4.79 + 5.63 = 10.42 \text{ [kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}]$$



- 보온 후 열전달율 -

$$\alpha_{r2} = 4.88 \times \frac{\left(\left(\frac{273+24}{100}\right)^4 - \left(\frac{273+18}{100}\right)^4\right) \times 0.8}{24-18}$$

$$= 3.97 \text{ [kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{°C]}$$

$$\alpha_{c2} = 2.2 \times \sqrt[4]{(24-18)}$$

$$= 3.44 \text{ [kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{°C]}$$

$$h_2 = 3.97 + 3.44 = 7.41 \text{ [kcal/m}^2\cdot\text{h}\cdot\text{°C]}$$

※ 단열시공으로 인한 절감열량(Q)은 다음 식으로서 정산된다.

$$Q = A \times \{(h_1 \times \Delta T) - (h_2 \times \Delta T)\}$$

A : 표면적 [m<sup>2</sup>]

$$= 19.3 \times \{10.42 \times (61-18) - 7.41 \times (24-18)\}$$

$$= 7,790 \text{ [kcal/h]}$$

$$(1) \text{ 보온시 연간 절감연료량} = \frac{\text{절감열량 [kcal/h]} \times \text{가동시간 [h/년]}}{B-C \text{ 유 발열량 [kcal/l]} \times \text{보일러효율}}$$

$$= \frac{7,790 \times 3,600}{9,550 \times 0.82}$$

$$= 3,580 \text{ [Nm}^3\text{/년]}$$

$$(2) \text{ 연간 절감 금액} = \text{연간 절감 연료량 [Nm}^3\text{/년]} \times \text{단가 [원/Nm}^3\text{]}$$

$$= 3,580 \times 619.3$$

$$= 2.2 \text{ [백만원/년]}$$

(3) 투자비용

구 분	투자비용 내역	투자비용[원]
유리섬유보드	GW. 브랑켓 80kg/m <sup>3</sup> x 5t(두께) x 20m(길이) x 1m(폭)	200,000 [원]
접착제등 부재료	-	200,000 [원]
인건비	2인 x 2일 x 100,000	400,000 [원]
합 계	-	800,000 [원]

$$(4) \text{ 투자비 회수기간} = \frac{\text{투자비[천원]}}{\text{연간 절감금액[천원/년]}} = \frac{800}{2,200} \\ = 0.4 \text{ [년]}$$

### 3. 돌고래풀 배수열 회수

#### 가. 현황

돌고래 풀의 용량은 1,800톤으로 풀의 수질관리 차원에서 하루에 약50톤을 배수하고 다시 같은 양을 새로운 해수를 새로 보충하고 있다. 풀의 적정 온도는 22도이며, 입·배수되는 해수는 sand정수 처리과정을 거치고, 배수는 인근 물개풀로 공급된다.(물개풀의 수온은 특별히 관리되지 않는다.)

해수는 인천부근 (월곶)에서 공급되며, 월별 서해 해수온도는 다음과 같다.

월	수온(℃)	비고
2006년 12월	5.8	월미도 수온기준
2007년 1월	4.0	”
2007년 2월	4.2	”
2007년 3월	6.2	”
2007년 4월	10.4	”
평균	6.1	-

표 : 해수온도 (자료:한국해양자료센터)

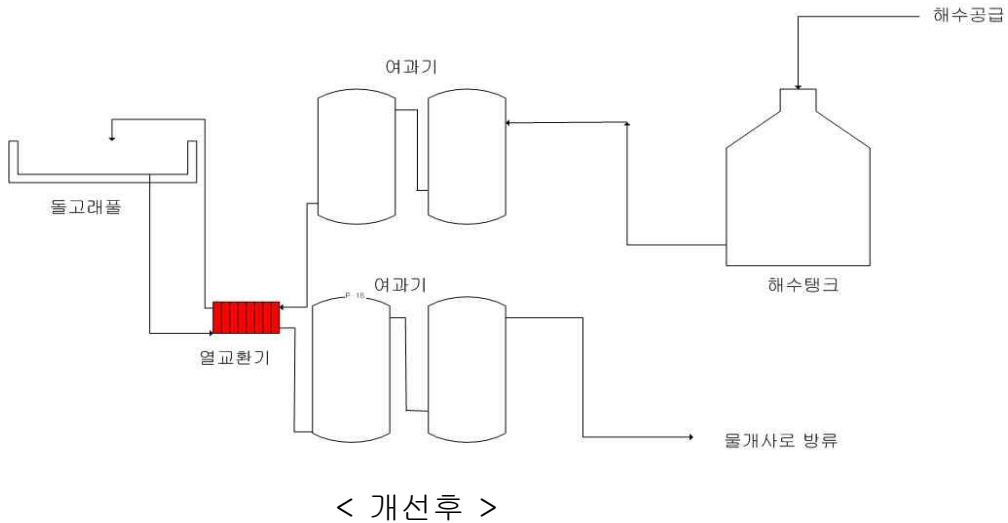
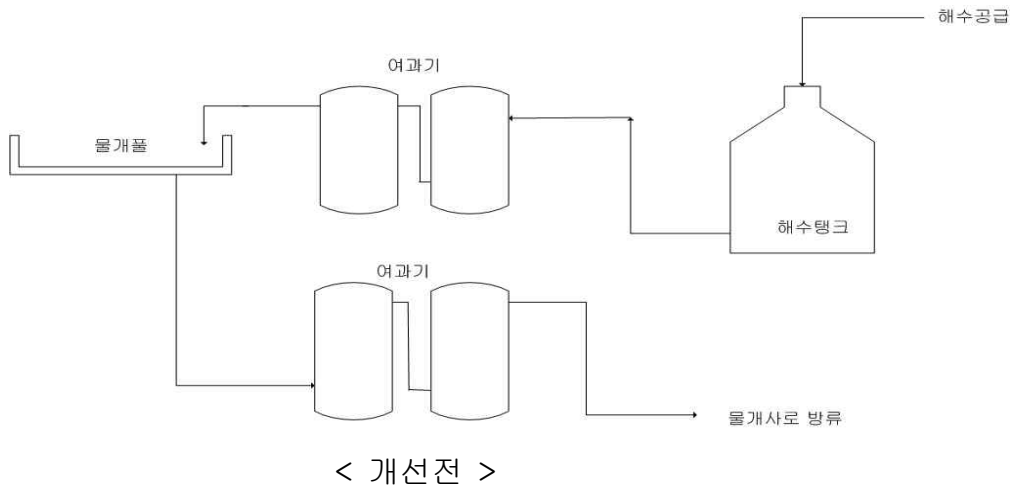
#### 나. 문제점

동절기 공급해수와 배수되는 해수의 온도차는 대략 16℃ 이지만, 열 회수 없이 배수되고 있어 열 손실이 발생 하고 있다.

#### 다. 개선방안

새로 급수되는 저온의 해수와 같은 양으로 배수되는 고온(22℃)의 해수를 열교환하여 가열부하를 감소시킬 뿐 아니라 풀의 온도에 가깝게 예열함으로써 냉수의 투입으로 인한 열충격도 감소시키는 효과도 기대된다.

정수 과정을 마친 공급해수(6℃)와 배출되는 해수(22℃)를 판형 열교환기를 통하여 열교환 회수한다.



라. 기대효과

(1) 계산의 기준

- 1일 도입 평균 해수량 : 50톤
- 1일 배출되는 해수량 : 50톤
- 공급해수의 평균수온(12월 ~ 4월) : 6.1 (°C)
- 배수되는 해수온도 평균온도 : 22 (°C)
- 열교환 효율 : 60 (%)
- 주보일러 효율 : 81.8 (%)
- 해수비열 : 0.932 (kcal/kg·°C)

(2) 연간 절감 열량

$$\begin{aligned} &= \text{해수처리량(kg/day)} \times \text{해수비열(kcal/kg}^\circ\text{C)} \times \text{온도차(}^\circ\text{C)} \times \text{열교환효율} \\ &\quad \times \text{연간 가동 일수 (day/년)} \times \text{안전율} \\ &= 50,000 \times 0.932 \times (22 - 6.1) \times 0.6 \times 150 \times 0.9 \\ &= 60,016,000 \text{ (kcal/년)} \end{aligned}$$

- 연간 가동 일수 (12/1 ~ 4/30 ) 150일

(3) 연간 절감 연료량

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{연간 절감 열량(kcal/년)}}{\text{LNG 발열량(kcal/Nm}^3\text{)} \times \text{보일러 효율}} \\ &= \frac{60,016,000}{9,550 \times 0.818} \\ &= 7,680 \text{ (Nm}^3\text{/년)} \end{aligned}$$

※ 현재 돌고래 풀의 수온 조절은 주 보일러실로부터 공급되는 중온수를 열 교환하여 이용하고 있음.

(4) 연간 절감 금액

$$\begin{aligned} &= \text{연간 절감 연료량 (Nm}^3\text{/년)} \times \text{단가 (원/Nm}^3\text{)} \\ &= 7,680 \times 619.3 \\ &= 4.8 \text{ (백만원)} \end{aligned}$$

(5) 투자비용

- (주) 히텍코리아 견적의뢰 -
- 판형 열교환기 = 13.9 (백만원)
- 사양 : Titanium plate  
NBR gasket  
ss400 frame  
Ti linernozzle

(6) 투자비 회수기간

$$= \frac{\text{투자비용 [백만원]}}{\text{절감금액 [백만원]}} = \frac{13.9}{4.8}$$

≒ 3 (년)

#### 4. 고효율형광등으로 교체

##### 가. 현황

당사의 조명설비 각 시설별로 형광등, 백열등, 나트륨, 메탈할라이드등, BL등, 할로겐등이 다양하게 각각의 용도에 따라 설치되어 있다.

##### <40W형광등 현황>

구 분	안정기형식	장 소	개수[ea]	조명시간[h/d]	조명일[d/년]
40W × 1등용	자기식	남미관	22	24	365
		대동물관	64		
		동양관	26		
		식물원	35		
		야행관	12		
		어린이동물원 아파트	11		
		열대조류관	1		
		유인원관	18		
		제1아프리카관	22		
		제2아프리카관	17		
		제3아프리카관	15		
		종합안내소	16		
		주보일러실	4		
		호주관	6		
		해양관	24		
		하수처리장	8		
		주변전소	22		
		사료조리실, 개발실	26		
		사육관리센터	13		
		제1펌프장	5		
		제2펌프장	6		
		자연캠프장	4		
		큰물새장, 가금사	25		
소동물관	11				
부화장	4				

<FPX등 야외화장실>

구분	안정기형식	장소	개수[ea]	조명시간[h/d]	조명일[d/년]
FPX 13W × 2	자기식	열대조류관	19	24	365
		스카이라이프트	21		
		아프리카 제1관	37		
		아프리카 제2관	57		
		대동물관	22		
		동양관	11		
		해양관	35		
		남미관	19		

<나트륨등>

구분	장소	개수[ea]	조명시간[h/d]	조명일[d/년]
나트륨등 200W	가로등	136	24	365
	동양관	6		
	식물원	24		
	종합관리사무소	5		
	호주관	2		
	해양관	8		
	주변전소	3		
	사료조리실/개발실	3		
	제1펌프장	4		
나트륨등 100W	가로등	551	24	365
	남미관	8		
	열대조류관	2		



<BL램프>

구 분	장 소	개수[ea]	조명시간[h/d]	조명일[d/년]
BL램프 250W	유인원관	24	24	365

<할로겐램프>

구 분	안정기형식	장 소	개수[ea]	조명시간[h/d]	조명일[d/년]
50W 할로겐램프	전자식	곤충관	233	24	365
		식물원	60		
		산림관	19		
		어린이동물원아파트, 친화공간	2		

나. 문제점 및 개선방안

현대에는 작업 환경에서 조명의 중요성이 점점 높아지고 있고 에너지 절약 차원에서 효율이 높은 설비를 요구하고 있다.

(1)40W 직관형 형광등

40W의 형광등의 경우 자기식 안정기를 사용하기 때문에 소비전력(49[W])이 높아 효율이 낮고 수명이 짧다. 이에 반해 32W형광등은 약 36(%)의 절전 효과를 갖으면서도 약 20(%)정도의 조도증가를 가져올 수 있는 고효율 시스템이다. 별도의 32(W)용 형광등 안정기를 채택하여만 우수한 효과를 발휘하며 [ 이때 전전효과 36(%) 정도 ] 연색성과 색온도가 뛰어난 3파장 형광램프로 시력보호 효과가 있으며, 물체를 자연스럽게 아름답게 보이게 하는 32W 형광등으로 교체하기를 권장한다.

< 기존 램프와의 비교 및 효과 >

구 분		기존 램프	슬림형 램프	효 과
치수	관경[mm]	32.5	25.5	Volume 35[%] 절감
	관장[mm]	1,198	1,198	-
소비전력 [W]	램프	40	32	전자식 안정기 대비 8[W] 절감 20[%]
	램프와 안정기	49	32	자기식 안정기 대비 17[W] 절감 35[%]
광속[lm]		2,560	2,860	광속 12[%]
연색평가지수		65	84이상	연색성 향상
효율[lm/W]		66	89	35[%] 향상
수 명[h]		8,000	16,000	2배 향상
형광막 도포		일반형광체	보호막 코팅 + 3파장 형광체	연색성 및 효율 향상
수은 봉입		액상 수은 Drop Type	Shield Ring 수은봉입 확산	정미량 주입에 의한 수명, 품질, 환경오염 개선
무 게[g]		250	205	유리자원 20[%] 절감 및 폐기물 감소

(2)FPX등 야외화장실

야외 화장실의 경우 FPX 등 + 32W 형광등 또는 COMPACT형 삼파장 전구 + 32W 형광등으로 조명시설이 구성되어 있다.

FPX 13W형의 경우 안정기가 자기식으로 1등당 소비전력이 22W이고 등기구 당 2등으로 되어 있어 화장실의 평균 조도는 250 ~ 400 LX로 KS기준 (150LX)보다 높고 자기식 안정기의 경우 코어의 온도상승으로 실제 소비 전력보다 더 많은 전력을 소비하게 되므로 이를 COMPACT 삼파장 전구 20W 로 교체하기를 권장한다.

< 조도분류와 일반 활동유형에 따른 조도값 >

활동유형	조도범위(lx)	참고: 작업면 조명 방법
어두운 분위기 중의 시식별 작업장	3- <u>4</u> -6	공간의 전반조명
어두운 분위기의 이용이 빈번하지 않은 곳	6- <u>10</u> -15	
어두운 분위기의 공공장소	15- <u>20</u> -30	
잠시동안의 단순 작업장	30- <u>40</u> -60	
시작업이 빈번하지 않은 작업장	60- <u>100</u> -150	
고휘도 대비 혹은 큰 물체 대상의 시작업 수행	150- <u>200</u> -300	작업면 조명
일반휘도 대비 혹은 작은 물체 대상의 시작업 수행	300- <u>400</u> -600	
저휘도 대비 혹은 매우 작은 물체 대상의 시작업 수행	600- <u>1000</u> -1500	
비교적 장시간 동안 저휘도 대비 혹은 매우 작은 물체 대상의 시작업 수행	1500- <u>2000</u> -3000	전반조명과 국부조명을 병행한 작업면 조명
장시간 동안 힘드는 시작업 수행	3000- <u>4000</u> -6000	
휘도대비가 거의 안되며 작은 물체의 매우 특별한 시작업 수행	6000- <u>10000</u> -15000	

< 조도기준 (KS) >

조도 lx	장소		작업
2000	사무실(a), 영업실, 설계실, 제도실, 현관홀(주간)		*설계도
1500			*제도
1000			*타이프
750			*계산 *키판치
500	—	사무실(b), 종업원실, 회의실, 인쇄실, 전화교환실, 진찰실 전자계산실제어실	—
300	집회실, 응접실 대합실, 주방 오락실, 수의실 현관홀(야간) 엘리베이터홀	*접수실 *전기,기계실 등의 배전반 및 계기반	—
200	서고, 금고실 전기실 강당	—	—
150	기계실 엘리베이터 잠중작업실	세면장, 욕실, 복도, 계단, 보일러실, 화장실, 탁실	—
100	다실, 휴게실, 숙직실 탈의실, 창고, 현관(주차장)	—	—
75	옥내 비상 계단		—
50			—
30			—

(3) 할로겐램프

특성상 방열량이 많아 냉방열량이 커지고 소비전력이 크다. 밝고, 영롱한 광색을 띠는 특성이 있기 때문에 전시장에 많이 사용하고 있는데 이와 같은 효과를 내면서 소비전력이 적은 LED MR16으로 교체하기 권장한다.

(4) BL램프

조명효율이 22.3[lm/w]인 저효율 램프를 24시간 가동함으로써 조명에너지 증가되고, BL 램프의 장점인 저렴한 가격과 고압방전등처럼 재점등을 위하여 10여분 냉각후 점등되는 단점이 없고, 즉시 점등되는 특성을 가지고 있으나, 수명이 3000[H]으로 적어 실질적으로 전력소비도 크고, 자주 교체해야하는 인력비, 교체비용을 생각하면 인력 활용면이나 가격 면에서도 불리한 램프이다. 이에 효율(약 70m/W)이 높고 수명시간(약 60,000시간)이 긴 무전극램프로 교체하기를 권장한다.

○ BL램프의 특성

모델명	전압(V)	전력(W)	전광속(lm)	색온도(K)	관경	전장	Base	평균 정격수명(hr)
MBL 220V 160W	220V	160W	3100	3,600	75	177	E26	3,000
MBL 220V 250W	220V	250W	5600	3,800	90	226	E39	3,000

○ 전구형 무전극형광램프의 특성

용량별[W]	23	80	100	150	200
입력전력[W]	23	80	100	150	200
광속[lm]	1,150	5,600	7,000	10,500	14,000
효율[lm/w]	50	70	70	70	70
광색[k]	3,100	3,100	3,100	3,100	3,100

(5)나트륨램프

효율이 높고 점등시간이 빠르며, 투과력이 높아 안개지역, 공항, 해안지역, 보안지역, 교량, 인터체인지 터널, 터미널, 호텔, 강변지역 등에서 많이 사용하고 있으나 연색성 25Ra로 좋지 않아 실제 광속에 따른 실조도가 좋지 않다. 또한 나트륨램프에 쓰이는 자기식 안정기는 정격전력보다 소비전력(처음 점등시 30분 ~ 1시간동안의 소비전력)이 크고 점등시간이 길어지면 코어의 온도상승으로 실소비전력은 아래의 표의 소비전력보다 수명에 따라 50%이상 증가할 수 있다. 그러므로 최근 개발되어 고효율조명설비로 각광받고 있는 무전극램프로 교체하기를 권장한다.

○ 나트륨램프의 특성

구분	소비전력(W)	전광속(lm)	효율(lm/w)	수명(h)	역률(%)
100W	120	9,000	90	25,000	90
200W	222	22,000	110	25,000	90

○ 무전극램프의 특성

용량별[W]	60	80	100	120	150
입력전력[W]	60	80	100	120	150
광속[lm]	5,400	7,140	9,000	11,700	15,500
효율[lm/w]	90	90	90	92	93
연색성[R]	86	86	86	86	86

다. 기대효과

(1) 40W 형광등을 32W 형광등으로 교체시

$$\begin{aligned} \text{(가) 연간절감전력} &= \text{개선전 전력} - \text{개선후 전력} \\ &= (49[\text{W/ea}] \times 416[\text{ea}]) - (32[\text{W/ea}] \times 416[\text{ea}]) \\ &= 7,072 [\text{W}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(나) 연간절감전력량} &= \text{연간절감전력} \times \text{연간사용시간} \\ &= 7,072 [\text{W}] \times 24[\text{h/d}] \times 365[\text{d/년}] \\ &= 61,950 [\text{kWh/년}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(다) 연간절감금액} &= \text{연간절감전력량} \times \text{평균전력단가} \\ &= 61,950 [\text{kWh/년}] \times 83.3[\text{원/kWh}] \\ &= 5,160 [\text{천원/년}] \end{aligned}$$

(2) 13W × 2 FPX등을 COMPACT 전구 형광등으로 교체시

$$\begin{aligned} \text{(가) 연간절감전력} &= \text{개선전 전력} - \text{개선후 전력} \\ &= (22[\text{W/ea}] \times 2 \times 221[\text{ea}]) - (20[\text{W/ea}] \times 221[\text{ea}]) \\ &= 5,304 [\text{W}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(나) 연간절감전력량} &= \text{연간절감전력} \times \text{연간사용시간} \\ &= 5,304 [\text{W}] \times 24[\text{h/d}] \times 365[\text{d/년}] \\ &= 46,463 [\text{kWh/년}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(다) 연간절감금액} &= \text{연간절감전력량} \times \text{평균전력단가} \\ &= 46,463 [\text{kWh/년}] \times 83.3[\text{원/kWh}] \\ &= 3,870 [\text{천원/년}] \end{aligned}$$

(3) 50W 할로겐램프를 LED 램프로 교체시

$$\begin{aligned} \text{(가) 연간절감전력} &= \text{개선전 전력} - \text{개선후 전력} \\ &= (50[\text{W/ea}] \times 341[\text{ea}]) - (3.3[\text{W/ea}] \times 341[\text{ea}]) \\ &= 15,924 [\text{W}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(나) 연간절감전력량} &= \text{연간절감전력} \times \text{연간사용시간} \\
 &= 15,924 \text{ [W]} \times 24\text{[h/d]} \times 365\text{[d/년]} \\
 &= 139,494 \text{ [kWh/년]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(다) 연간절감금액} &= \text{연간절감전력량} \times \text{평균전력단가} \\
 &= 139,494 \text{ [kWh/년]} \times 83.3\text{[원/kWh]} \\
 &= 11,620 \text{ [천원/년]}
 \end{aligned}$$

(4) BL 램프를 무전극램프로 교체시

$$\begin{aligned}
 \text{(가) 연간절감전력} &= \text{개선전 전력} - \text{개선후 전력} \\
 &= (250\text{[W/ea]} \times 24\text{[ea]}) - (80\text{[W/ea]} \times 24\text{[ea]}) \\
 &= 4,080 \text{ [W]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(나) 연간절감전력량} &= \text{연간절감전력} \times \text{연간사용시간} \\
 &= 4,080 \text{ [W]} \times 24\text{[h/d]} \times 365\text{[d/년]} \\
 &= 35,740 \text{ [kWh/년]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(다) 연간절감금액} &= \text{연간절감전력량} \times \text{평균전력단가} \\
 &= 35,740 \text{ [kWh/년]} \times 83.3\text{[원/kWh]} \\
 &= 2,970 \text{ [천원/년]}
 \end{aligned}$$

(5) 나트륨등을 무전극램프로 교체시

$$\begin{aligned}
 \text{(가) 연간절감전력} &= \text{개선전 전력} - \text{개선후 전력} \\
 &= \{(120\text{[W/ea]} \times 561\text{[ea]}) + (222\text{[W/ea]} \times 191\text{[ea]})\} \\
 &\quad - \{(60\text{[W/ea]} \times 561\text{[ea]}) + (120\text{[W/ea]} \times 191\text{[ea]})\} \\
 &= 53,142 \text{ [W]}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{(나) 연간절감전력량} &= \text{연간절감전력} \times \text{연간사용시간} \\
 &= 53,142 \text{ [W]} \times 24\text{[h/d]} \times 365\text{[d/년]} \\
 &= 465,524 \text{ [kWh/년]}
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{(다) 연간절감금액} &= \text{연간절감전력량} \times \text{평균전력단가} \\
 &= 465,524 \text{ [kWh/년]} \times 83.3 \text{ [원/kWh]} \\
 &= 38,770 \text{ [천원/년]}
 \end{aligned}$$

라. 경제성분석

(1) 할로겐램프를 LED 램프 교체시

(가) 투자비

구분	단가(천원)	대수(ea)	소계(천원)
LED램프	18	314	5,652

(나) 투자비 회수기간

$$\begin{aligned}
 \text{투자비 회수기간} &= \frac{\text{투자비(천원)}}{\text{연간절감금액(천원/년)}} = \frac{11,620}{5,652} \\
 &= 2.1 \text{ [년]}
 \end{aligned}$$

(2) 40W 형광등을 32W 형광등으로 교체시

(가) 투자비

구분	단가(천원)	대수(ea)	소계(천원)
32W형광등	17	416	7,072

(나) 투자비 회수기간

$$\begin{aligned}
 \text{투자비 회수기간} &= \frac{\text{투자비(천원)}}{\text{연간절감금액(천원/년)}} = \frac{7,072}{5,160} \\
 &= 1.4 \text{ [년]}
 \end{aligned}$$

(3) FPX등을 COMPACT 전구 20W 형광등으로 교체시

(가)투자비

구분	단가(천원)	대수(ea)	소계(천원)
COMPACT 20W set	5.5	221	1,215.5

(나) 투자비 회수기간

$$\begin{aligned} \text{투자비 회수기간} &= \frac{\text{투자비(천원)}}{\text{연간절감금액(천원/년)}} = \frac{1,215.5}{3,870} \\ &= 0.4[\text{년}] \end{aligned}$$

(4) BL 램프을 무전극램프로 교체시

(가)투자비

구분	단가(천원)	대수(ea)	소계(천원)
80W무전극램프 SET	295	24	7,080

(나) 투자비 회수기간

$$\begin{aligned} \text{투자비 회수기간} &= \frac{\text{투자비(천원)}}{\text{연간절감금액(천원/년)}} = \frac{7,080}{2,970} \\ &= 2.4[\text{년}] \end{aligned}$$

(5) 나트륨등을 무전극램프로 교체시

(가)투자비

구분	단가(천원)	대수(ea)	소계(천원)
60W무전극등	260	561	145,860
120W무전극등	305	191	58,255
합계			204,115

(나) 투자비 회수기간

$$\begin{aligned} \text{투자비 회수기간} &= \frac{\text{투자비(천원)}}{\text{연간절감금액(천원/년)}} = \frac{204,115}{38,770} \\ &= 5.3[\text{년}] \end{aligned}$$

(6) 램프 전체 투자비와 투자비회수기간

(가) 투자비용

$$\begin{aligned} \text{투자비용} &= 5,652 [\text{천원}] + 7,072 [\text{천원}] + 1,215.5 [\text{천원}] \\ &\quad + 7,080 [\text{천원}] + 204,115 [\text{천원}] \\ &= 225,134.5 [\text{천원}] \end{aligned}$$

(나) 투자비 회수기간

$$\begin{aligned} \text{투자비회수기간} &= \frac{\text{투자비(천원)}}{\text{총연간절감금액(천원/년)}} \\ &= \frac{225,134.5}{57,820} \\ &= 3.9[\text{년}] \end{aligned}$$

## IV. 침부사항

# 1. 주보일러 열정산서

## 가. 측정결과

측정항목	단위	측정치	비고	
외기온도	℃	8.3		
실내온도	℃	18.9		
연료	연료명	LNG		
	연료사용량	Nm <sup>3</sup> /h	285.8	
	계량계전온도	℃	18.9	
	압력	mmAq	480	
	발열량	kcal/Nm <sup>3</sup>	9,550	
	비열	kcal/kg·℃	0.4	
온수 순환량	kg/h	150,000		
온수	물의 공급온도	℃	57	
	물의 비열	kcal/kg·℃	1	
	물의 비중	kg/Nm <sup>3</sup>	1,000	
	물의 회수온도	℃	42	
보일러 입구 온도	℃	18.9		
배기가스	배기가스온도	℃	106.4	
	배가스비열	kcal/Nm <sup>3</sup> ·℃	0.33	
	CO <sub>2</sub>	Vol %	6.5	
	O <sub>2</sub>	Vol %	9.5	공기비 : 1.83
	CO	Vol %	-	
이론연소공기량	Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup>	10.742		
이론 배가스량	Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup>	11.853		

나. 열정산값

항 목	입 열		출 열	
	kcal/h	%	kcal	%
연료의 연소열	2,729,300	99.2		
연료의 현열	1,212	0.1		
공급공기의 현열	18,460	0.7		
배가스 손실열			192,150	7.0
불완전연소손실열			0	0
방열 및 기타손실열			307,002	11.2
물의 흡수열			2,250,000	81.8
합 계	2,749,152	100	2,749,152	100

다. 성능 값

항 목	단 위	결 과 치
보일러 효율	%	81.9
부 하 율	%	37.5

라. 열정산 계산식

(1) 기본 계산식

(가) 연료사용량(F)

$$\begin{aligned} F &= \text{연료사용량} \times \frac{273}{(273 + \text{연료온도})} \times \frac{(10,332 + \text{연료공급압력})}{10,332} \\ &= 292.0 \times \frac{273}{(273 + 18.9)} \times \frac{(10,332 + 480)}{10,332} \\ &= 285.8 \text{ (Nm}^3\text{/h)} \end{aligned}$$

(나) 공기비(m)

$$\begin{aligned} m &= 21 \div \frac{21}{21 - O_2} = 21 \div \frac{21}{21 - 9.5} \\ &= 1.83 \end{aligned}$$

(2) 입열

(가) 연료의 연소열(Q<sub>1</sub>)

$$\begin{aligned} Q_1 &= \text{연료의 발열량 (kcal/Nm}^3\text{)} \times \text{연료사용량 (Nm}^3\text{/h)} \\ &= 9,550 \times 285.8 \\ &= 2,729,300 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

(나) 연료의 현열(Q<sub>2</sub>)

$$\begin{aligned} Q_2 &= \text{연료의 비열 (kcal/kg}^\circ\text{C)} \times (\text{버너전 온도} - \text{외기온도})(^\circ\text{C)} \\ &\quad \times \text{연료사용량 (Nm}^3\text{/h)} \\ &= 0.4 \times (18.9 - 8.3) \times 285.8 \\ &= 1,212 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

(다) 공기의 현열(Q<sub>3</sub>)

$$\begin{aligned} Q_3 &= \text{이론연소공기량 (Nm}^3\text{/Nm}^3\text{)} \times \text{공기비} \times \text{비열 (kcal/Nm}^3\text{}^\circ\text{C)} \\ &\quad \times (\text{연소공기온도} - \text{외기온도})(^\circ\text{C)} \times \text{연료사용량 (Nm}^3\text{/h)} \\ &= 10.742 \times 1.83 \times 0.31 \times (18.9 - 8.3) \times 285.8 \\ &= 18,460 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

(라) 총입열량( $Q_i$ )

$$\begin{aligned} Q_i &= Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ &= 2,729,300 + 1,212 + 18,460 \\ &= 2,749,152 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

(3) 출열

(가) 물의 흡수열( $L_1$ )

$$\begin{aligned} L_1 &= \text{물순환량 (kg/h)} \times \text{물의 비열 (kcal/kg}\cdot\text{°C)} \\ &\quad \times (\text{물공급 온도} - \text{물회수 온도})(\text{°C}) \\ &= 150,000 \times 1 \times (57 - 42) \\ &= 2,250,000 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

(나) 배가스 손실열( $L_2$ )

$$\begin{aligned} L_2 &= \{G_0 + (m-1) \times A_0\} \times C \times (t_g - t_a) \times W \\ &= \{11.853 + (1.83 - 1) \times 10.742\} \times 0.33 \times (106.4 - 8.3) \times 285.8 \\ &= 192,150 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

$G_0$  : 이론연소 가스량 ( $\text{Nm}^3/\text{kg}$ )

$m$  : 공기비

$C$  : 공기비열 ( $\text{kcal}/\text{Nm}^3\cdot\text{°C}$ )

$t_g$  : 배가스온도 ( $\text{°C}$ )

$t_a$  : 외기온도 ( $\text{°C}$ )

$W$  : 연료사용량 ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ )

(다) 불완전연소에 의한 열손실( $L_3$ )

$$\begin{aligned} L_3 &= 3,050 \times [G_0 + (m-1) \times A_0] \times (CO) = 0 \\ &\text{여기서 배기가스 중 CO가스의 vol \% (= 0)} \\ &\text{CO의 발열량} = 3,050 \text{ (kcal}/\text{Nm}^3) \end{aligned}$$

(라) 방열, 전열 및 기타 손실열( $L_4$ )

$$\begin{aligned} L_4 &= Q_i - (L_1 + L_2 + L_3) \\ &= 2,749,152 - (2,250,000 + 192,150 + 0) \\ &= 307,002 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$



(마) 출열합계

$$\begin{aligned} L_i &= L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \\ &= 2,250,000 + 192,150 + 0 + 307,002 \\ &= 2,749,152 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

(4) 성능치

(가) 보일러 부하율(Lf)

$$\begin{aligned} L_f &= (\text{물흡수율} \div \text{보일러용량}) \times 100 \\ &= (2,250,000 \div 6,000,000) \times 100 \\ &= 37.5 \text{ (\%)} \end{aligned}$$

(나) 보일러 효율(E)

$$\begin{aligned} E &= \frac{\text{유효출열}}{\text{입열합계}} \times 100 = \frac{L_t}{Q_i} \times 100 \\ &= \frac{2,250,000}{2,749,152} \times 100 \\ &= 81.9 \text{ (\%)} \end{aligned}$$

## 2. 유인원관 온수보일러 열정산서

### 가. 측정결과

측정항목		단위	측정치	비고
외기온도		℃	20.1	
실내온도		℃	21.6	
연 료	연료명		LNG	
	연료사용량	Nm <sup>3</sup> /h	9.7	
	계량계전온도	℃	21.6	
	압 력	mmAq	170	
	발열량	kcal/Nm <sup>3</sup>	9,550	
	비 열	kcal/kg·℃	0.4	
온수 순환량		kg/h	6,000	
온 수	물의 공급온도	℃	50.1	
	물의 비열	kcal/kg·℃	1	
	물의 비중	kg/Nm <sup>3</sup>	1,000	
	물의 회수온도	℃	36.8	
보일러 입구 온도		℃	21.6	
배 기 가 스	배기가스온도	℃	153	
	배가스비열	kcal/Nm <sup>3</sup> ·℃	0.33	
	CO <sub>2</sub>	Vol %	8.9	
	O <sub>2</sub>	Vol %	6.3	공기비 : 1.43
	CO	Vol %	-	
이론연소공기량		Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup>	10.742	
이론 배가스량		Nm <sup>3</sup> /Nm <sup>3</sup>	11.853	

나. 열정산값

항 목	입 열		출 열	
	kcal/h	%	kcal	%
연료의 연소열	86,905	99.2		
연료의 현열	6	0.1		
공급공기의 현열	65	0.7		
배가스 손실열			6,574	7.6
불완전연소손실열			0	0
방열 및 기타손실열			602	0.7
물의 흡수열			79,800	91.7
합 계	86,976	100	86,976	100

다. 성능 값

항 목	단 위	결 과 치
보일러 효율	%	91.5
부 하 율	%	39.9

라. 열정산 계산식

(1) 기본 계산식

(가) 연료사용량(F)

$$\begin{aligned} F &= \text{연료사용량} \times \frac{273}{(273 + \text{연료온도})} \times \frac{(10,332 + \text{연료공급압력})}{10,332} \\ &= 9.7 \times \frac{273}{(273 + 21.6)} \times \frac{(10,332 + 170)}{10,332} \\ &= 9.1 \text{ (Nm}^3\text{/h)} \end{aligned}$$

(나) 공기비(m)

$$\begin{aligned} m &= 21 \div \frac{21}{21 - O_2} = 21 \div \frac{21}{21 - 6.3} \\ &= 1.43 \end{aligned}$$

(2) 입열

(가) 연료의 연소열(Q<sub>1</sub>)

$$\begin{aligned} Q_1 &= \text{연료의 발열량 (kcal/Nm}^3\text{)} \times \text{연료사용량 (Nm}^3\text{/h)} \\ &= 9,550 \times 9.1 \\ &= 86,905 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

(나) 연료의 현열(Q<sub>2</sub>)

$$\begin{aligned} Q_2 &= \text{연료의 비열 (kcal/kg}\cdot\text{°C)} \times (\text{버너전 온도} - \text{외기온도})(\text{°C}) \\ &\quad \times \text{연료사용량 (Nm}^3\text{/h)} \\ &= 0.4 \times (21.6 - 20.1) \times 9.1 \\ &= 6 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

(다) 공기의 현열(Q<sub>3</sub>)

$$\begin{aligned} Q_3 &= \text{이론연소공기량 (Nm}^3\text{/Nm}^3\text{)} \times \text{공기비} \times \text{비열 (kcal/Nm}^3\cdot\text{°C)} \\ &\quad \times (\text{연소공기온도} - \text{외기온도})(\text{°C}) \times \text{연료사용량 (Nm}^3\text{/h)} \\ &= 10.742 \times 1.43 \times 0.31 \times (21.6 - 20.1) \times 9.1 \\ &= 65 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

(라) 총입열량( $Q_i$ )

$$\begin{aligned} Q_i &= Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ &= 86,905 + 5.5 + 65 \\ &= 86,976 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

(3) 출열

(가) 물의 흡수열( $L_1$ )

$$\begin{aligned} L_1 &= \text{물순환량 (kg/h)} \times \text{물의 비열 (kcal/kg}\cdot\text{°C)} \\ &\quad \times (\text{물공급 온도} - \text{물회수 온도})(\text{°C}) \\ &= 6,000 \times 1 \times (50.1 - 36.8) \\ &= 79,800 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

(나) 배가스 손실열( $L_2$ )

$$\begin{aligned} L_2 &= \{G_0 + (m-1) \times A_0\} \times C \times (t_g - t_a) \times W \\ &= \{11.853 + (1.43 - 1) \times 10.742\} \times 0.33 \times (153 - 20.1) \times 9.1 \\ &= 6,574 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

$G_0$  : 이론연소 가스량 ( $\text{Nm}^3/\text{kg}$ )

$m$  : 공기비

$C$  : 공기비열 ( $\text{kcal}/\text{Nm}^3\cdot\text{°C}$ )

$t_g$  : 배가스온도 ( $\text{°C}$ )

$t_a$  : 외기온도 ( $\text{°C}$ )

$W$  : 연료사용량 ( $\text{Nm}^3/\text{h}$ )

(다) 불완전연소에 의한 열손실( $L_3$ )

$$\begin{aligned} L_3 &= 3,050 \times [G_0 + (m-1) \times A_0] \times (CO) = 0 \\ &\text{여기서 배기가스 중 CO가스의 vol \% (= 0)} \\ &\text{CO의 발열량} = 3,050 \text{ (Kcal}/\text{Nm}^3) \end{aligned}$$

(라) 방열, 전열 및 기타 손실열( $L_4$ )

$$\begin{aligned} L_4 &= Q_i - (L_1 + L_2 + L_3) \\ &= 86,976 - (79,800 + 6,574 + 0) \\ &= 602 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

(마) 출열합계

$$\begin{aligned} L_i &= L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \\ &= 79,800 + 6,574 + 0 + 602 \\ &= 86,976 \text{ (kcal/h)} \end{aligned}$$

(4) 성능치

(가) 보일러 부하율(Lf)

$$\begin{aligned} L_f &= (\text{물흡수량} \div \text{보일러용량}) \times 100 \\ &= (79,800 \div 200,000) \times 100 \\ &= 39.9 \text{ (\%)} \end{aligned}$$

(나) 보일러 효율(E)

$$\begin{aligned} E &= \frac{\text{유효출열}}{\text{입열합계}} \times 100 = \frac{L_t}{Q_i} \times 100 \\ &= \frac{79,800}{86,976} \times 100 \\ &= 91.5 \text{ (\%)} \end{aligned}$$

### 3. 태양광 발전사업 (발전차액 지원제도)

#### 가. 태양광 발전 사업

발전차액제도란 신·재생에너지 설비의 투자 경제성 확보를 위해 신·재생 에너지 발전에 의하여 공급한 전기의 전력거래가격이 산업자원부 장관이 정하여 고시한 기준가격보다 낮은 경우, 가격과 전력거래 가격과의 차액(발전차액)을 지원해주는 제도이다.

태양광 발전소에서 생산된 전력은, 2006년 8월 30일 ‘산업자원부 고시 제2006-89호 발전차액 지원제도 개정’의 내용대로 kWh당 기준가격 711.25원 30[kW]미만, 677.38원 30[kW]이상에 한전 및 전력거래소에 판매(\*15년 동안 정부 의무구매. 매년 4%씩 감소)가능하다.

여기서 만들어진 매 전 수익으로 이익창출이 가능한 수익 구조를 갖는 사업이다.

#### 나. 발전차액 기준가격(산업자원부고시 제 2006-89호)

대상 전원	적용설비 용량기준	구분	기존 [원/kWh]	기준가격[원/kWh]		비고
				고정요금	변동요금	
태양광	3[kW] 이상	30[kW]이상	716.40	677.38	-	감소율 4% [3년 이후]
		30[kW]미만		711.25	-	

#### 다. 개정고시 주요 변경내용(산자부 고시 제2006-089호)

- ▶ 기준가격의 재설정
  - 5년간의 제도운영 실적을 종합하여 기준가격 재설정
  - 기준가격의 변화(716.40원/kWh → 677.38 및 711.25원/kWh)
- ▶ 기준가격 분류체계의 세분화 및 변동요금제 도입
  - 고정가격제도 이외에 SMP에 연동하는 변동요금제 도입
  - 세분화에 따른 적용요금 규정을 위한 총괄관리기관 선정  
(에너지관리공단)
- ▶ 연차 별 감소율 적용
  - 3년 이후부터 매년 4%의 감소율 적용

- ▶ **기준가격 적용기간의 일원화**
  - 전원 별 구분 없이 15년간 기준가격 보장
- ▶ **기준가격 적용용량 제한범위의 확대**
  - 태양광(20MW → 100MW)
- ▶ **사업자 별 지원용량 폐지(사업자당 3MW → 폐지)**
- ▶ **차액지원 보장기간(15년) 이후 전력구매 단가**
  - 일반발전기와 같은 SMP 구매, SMP의 경우 매년 5원/kWh 정도씩 증가하는 추세에 있음
  - 5년 평균 SMP = 61.6원/kWh

**라. 연도별 발전차액 기준가격(감소율 적용)**

상업운전시점	시설용량	
	30[kW]이상	30[kW]미만
2007년	677.38	711.25
2008년	677.38	711.25
2009년	650.28	682.80
2010년	624.27	655.49
2011년	599.30	629.27
2012년	575.33	604.10
2013년	552.32	579.93
2014년	530.22	556.74
2015년	509.02	534.47
2016년	488.65	513.09
2017년	469.11	492.56
2018년	450.34	472.86
2019년	432.33	453.95
2020년	415.04	435.79



## 마. 용자지원제도

### ▶ 용자지원제도란?

상용화가 완료된 분야의 신·재생에너지시설 설치자 및 생산자를 대상으로 장기저리의 용자를 지원해 드리는 제도입니다.

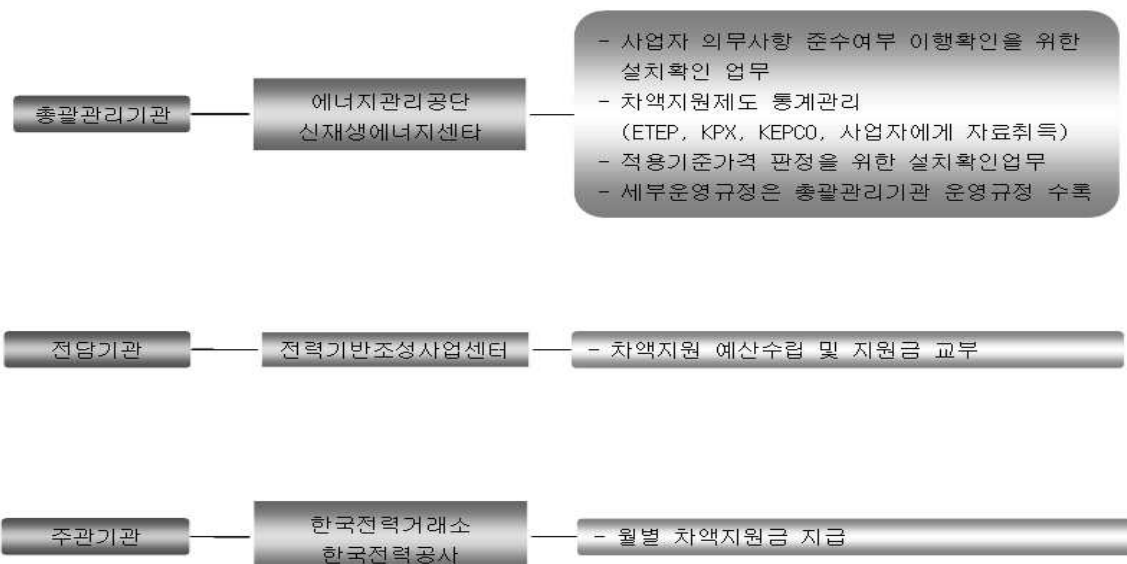
### ▶ 지원대상 및 지원내용 (2007년)

사업명		이자율 [분기별변동금리]	대출기간	당해연도 동일사업자당 지원한도액
신·재생 에너지 보급사업	중대형 신·재생 에너지보급사업	3.5%	5년기치 10년분할 상환	150억원이내
	소형 신·재생 에너지보급사업			5억원이내
	신·재생에너지 설비 등 공용화 품목지원			
	신·재생에너지 기술사업화지원			

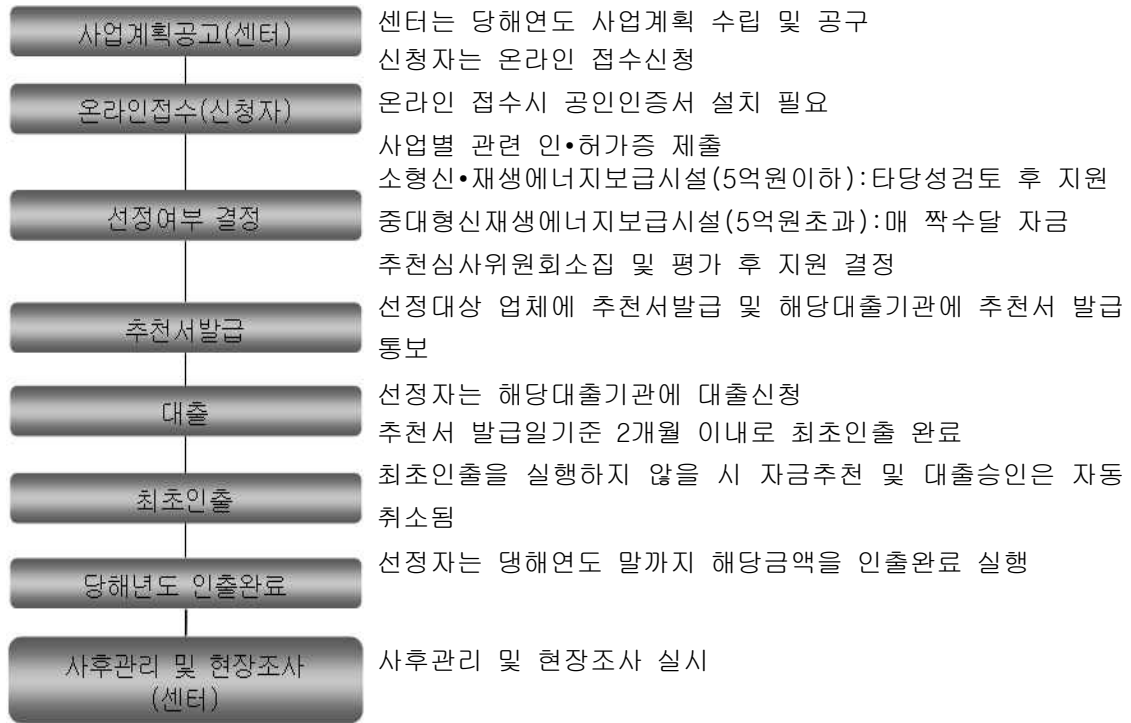
※ 중대형신재생에너지보급사업 :용자신청금액이 5억원 초과인 시설을 지원

※ 소형 신재생에너지보급사업 :용자신청금액이 5억원 이하인 시설을 지원

### ▶ 기관별 업무 분장내용



▶ 용자지원 흐름도



바. 발전사업 허가기관

- ▶ 3,000kW 초과설비(산자부 전기위원회),  
3,000kW이하설비(광역시도지사체)

사. 발전사업 추진절차(3,000kW이하)



**아. 사후관리**

- ▶ 관리기관 : 에너지관리공단 신재생 에너지 센터
- ▶ 관련근거 : 산업자원부 고시 2006-89호 “대체 에너지 이용발전 전력의 기준 가격 지침” 제10조



**자. 태양광 발전사업 세부내용(1)**

- ▶ 발전부지 선정 및 매입
  - 제4차 국토종합개발계획(2006년~2020년)의 기본방향에 따라 발전사업 종료 후 토지의 가치 판단
  - 부지관련 개별 법률조사, 부지현황 및 자료조사 (접근성, 지형조건, 전력수급현황, 기상현황, 지형지질현황조사)
- ▶ 발전사업 허가 신청접수
  - 제출처 : 광역시도지사
  - 구비서류 : 사업허가신청서, 송전관계일람도, 발전원가명세서 및 기술인력확보계획서
- ▶ 개발행위 허가 및 환경영향평가
  - 개발행위 허가 : 해당 기초지자체에 복합민원 사전심사 청구
  - 환경영향평가 : 환경정책기본법 시행령 별표 2에 해당하는 경우

<주요대상>

- 보전관리지역 : 사업계획 면적이 5,000㎡ 이상
- 생산관리지역 : 사업계획 면적이 7,500㎡ 이상
- 농림지역 : 사업계획 면적이 7,500㎡ 이상
- 자연환경보존지역 : 사업계획 면적이 5,000㎡ 이상
- 개발제한구역 : 사업계획 면적이 5,000㎡ 이상
- 자연유보지역 : 사업계획 면적이 5,000㎡ 이상

차. 태양광 발전사업 세부내용(2)

(1) 사업허가

- 허가소요일 : 60일이내
- 절차 : 사업신청(발전사업자) -> 접수(광역 시도지사) -> 검토 -> 허가 -> 허가서 교부

(2) 용자지원 : 발전 사업 허가서 교부 후 추천서 발급 (시설자금의 90% 까지 용자지원)

(3) 전기설비의 시설계획 신고

- 신고기관 : 광역시도지사체
- 구비서류 : 공사계획신고서, 공사계획서, 기술자료, 공사공정표, 기술시방서등....,

(4) 태양광 발전설비 설계 : 에너지관리공단 등록 전문업체

- 착공 : 에너지관리공단 등록 전문업체

(5) 사용전 검사

- 검사기관 : 한국전기안전공사
- 구비서류 : 사용전검사신청서 및 공사계획인가서 사본, 전기안전관리 담당자 선임신고필증 사본

(6) 발전전력수급 계약서 체결

- 체결기관 : 한국전력공사 - 설비용량 200KW 이하 설비, 한국전력거래소
- 설비용량 200KW 이하 설비, 한국전력거래소 - 설비용량200KW 초과설비

(7) 사업개시 신고 후 전력시장 공급 : 신고기관 : 광역시도지사체

(8) 사후관리(차액지원 대상 발전사업자)

- 관리기관 : 에너지관리공단 신재생에너지 센터
- 관련근거 : 산업자원부고시 2006-98호 "대체에너지 이용 발전전력의 기준가격지침" 제10조

카. 태양광 발전설비 형태 비교

설치 형태별 사진			
특징	타 유형의 설치보다 발전효율은 다소 떨어지나 초기 투자비용이 작게 들고 비교적 작은 부지에서 설치가 가능	고정식과 양축트랙커의 중간형으로 일반 경사고정형의 태양광 발전 효율보다 15 ~ 20% 이상 향상시켜 보다 많은 전력을 생산할 수 있다.	태양광 발전 설비의 발전 효율을 40 ~ 45% 이상 향상시켜 보다 많은 전력을 생산함. 기존설비에 비해 투자비용이 높으나 발전효율 높아 타 유형보다 초기 투자비회수가 빠름
발전 시간	3.8시간/일 평균	4.3시간/일 평균	5.0시간/일 평균 5.3시간/일 평균(당사기준)
설치 비용	708만원/kWp	784만원/kWp	1,100만원 /kWp 888만원/kWp(당사트랙커기준)
설치 면적	6평/kWp	8평/kWp	18평/kWp 10평/kWp(당사트랙커기준)

※ 단 설치 비용은 100kWp 기준임 (설치 용량 및 형태가 변경 될 시에는 변경 될 수 있음)

## 다. 형태별 면적 및 발전량 비교

구분	형태	모듈 수	설치면적	발전량	수익[년]	
		[EA]	[평]	[kWh/년]	일반[원]	발전사업[원]
30[kWp]	경사고정	142	180	41,360	2,481,620	28,016,667
	Single Axis		240	46,802	2,808,149	31,703,071
	Dual Axis		540	54,422	3,265,290	36,864,036
	Dual Axis(당사)		300	57,687	3,461,207	39,075,878
50[kWp]	경사고정	238	300	69,322	4,159,336	46,957,512
	Single Axis		400	78,444	4,706,617	53,136,133
	Dual Axis		900	91,214	5,472,810	61,786,201
	Dual Axis(당사)		500	96,686	5,801,179	65,493,373
100[kWp]	경사고정	476	600	138,645	8,318,671	93,915,025
	Single Axis		800	156,887	9,413,233	106,272,265
	Dual Axis		1,800	182,427	10,945,620	123,572,401
	Dual Axis(당사)		1,000	193,373	11,602,357	130,986,745
300[kWp]	경사고정	1,428	1,800	415,934	24,956,014	281,745,075
	Single Axis		2,400	470,662	28,239,700	318,816,795
	Dual Axis		5,400	547,281	32,836,860	370,717,204
	Dual Axis(당사)		3,000	580,118	34,807,072	392,960,236

※ 단 적용 모듈 : 210W 급 / 발전시설 30kw미만[711.25원/kwh], 발전시설 30kw이상[677.38원/kwh]

각 형태별 단위용량에 대하여 면적 및 발전량의 비교는 경사고정형에 비해 단축 및 양축 트렉커의 설치면적이 더 넓게 요구되는 것은 태양을 따라 회전하기 때문에 회전에 의한 타 어레이 (Array)에 그림자 간섭을 주므로 이를 피하기 위한 면적을 포함하기 때문이다. 그리고 같은 발전량을 건물내에서 사용과 발전차액제도 적용의 경우를 비교해 보면 수익률에서 많은 차이가 있다. 이는 설치투자비용 회수기간이 다르기 때문이다.

파. 발전시설 용량별 경제성 비교

- ▶ 시설용량 1kWp당 시설비용 : 경사고정 - ₩7,080,000원, 양축 트랙커 - ₩8,880,000원

구분	형태	시설비용[원]
30[kWp]	경사고정	212,400,000
	양축 트랙커	266,400,000
50[kWp]	경사고정	354,000,000
	양축 트랙커	444,000,000
100[kWp]	경사고정	708,000,000
	양축 트랙커	888,000,000
300[kWp]	경사고정	2,124,000,000
	양축 트랙커	2,664,000,000

※ 단 설치 비용은 100kWp 기준임 (설치 용량 및 형태가 변경 될 시에는 변경 될 수 있음)

▶ 발전자금 대출시 예상 수익구조(경사고정형)

- 예) 200kWp 용량 설치시 (100% 자부담시)

년별	연간수익	투자금액	이자금액	운전비용	순이익
01	187,905,205	1,542,800,000	-	9,256,800	178,648,405
02	187,905,204		-	9,441,936	178,463,268
03	187,905,204		-	9,630,775	178,274,429
04	187,905,204		-	9,823,390	178,081,814
05	187,905,204		-	10,019,858	177,885,346
06	183,207,576		-	10,220,255	172,987,321
07	183,207,576		-	10,424,660	172,782,916
08	183,207,576		-	10,633,153	172,574,423
09	183,207,576		-	10,845,817	172,361,759
10	183,207,576		-	11,062,733	172,144,843
11	178,509,948		-	11,283,988	167,225,960
12	178,509,948		-	11,509,667	167,000,281
13	178,509,948		-	11,739,861	166,770,087
14	178,509,948		-	11,974,658	166,535,290
15	178,509,948		-	12,214,151	166,295,797
합계	2,748,113,641	1,542,800,000	-	160,081,702	2,588,031,939

※ 경사고정형으로 200kWp 발전시설 조건

※ 발전시간 : 3.8시간

※ 자부담금 : ₩ 1,542,800,000원

※ 총수익 : ₩ 2,748,113,641원

※ 5년간 총수익 : ₩ 891,353,262원

※ 실제수익 : ₩ 1,045,231,939원

※ 경년변화 : 6년 이후 2.5%감소, 11년 이후 5%감소

※ 운전비용 : 총투자금액의 0.6%, 매년 2%씩 증가

※ 단, 토지구입비, 인허가, 개발행위, 시스템 설계비 별도



▶ 발전자금 대출시 예상 수익구조(양축형)  
 - 예) 200kWp 용량 설치시 (100% 자부담시)

년별	연간수익	투자금액	이자금액	운전비용	순이익
01	262,078,320	1,776,000,000	-	10,656,000	251,422,320
02	262,078,320		-	10,869,120	251,209,200
03	262,078,320		-	11,086,502	250,991,818
04	262,078,320		-	11,308,232	250,770,088
05	262,078,320		-	11,534,397	250,543,923
06	255,526,356		-	11,765,085	243,761,271
07	255,526,356		-	12,000,387	243,525,969
08	255,526,356		-	12,240,394	243,285,962
09	255,526,356		-	12,485,202	243,041,154
10	255,526,356		-	12,734,906	242,791,450
11	248,974,404		-	12,989,605	235,984,799
12	248,974,404		-	13,249,397	235,725,007
13	248,974,404		-	13,514,385	235,460,019
14	248,974,404		-	13,784,672	235,189,732
15	248,974,404		-	14,060,366	234,914,038
합계	3,832,895,400	1,776,000,000	-	184,278,650	3,648,616,750

- ※ 양축형으로 200kWp 발전시설 조건
- ※ 발전시간 : 5.32시간
- ※ 자부담금 : ₩ 1,776,000,000원
- ※ 총수익 : ₩ 3,832,895,400원
- ※ 5년간 총수익 : ₩ 1,254,937,348원
- ※ 실제수익 : ₩ 1,872,616,750원
- ※ 경년변화 : 6년 이후 2.5%감소, 11년 이후 5%감소
- ※ 운전비용 : 총투자금액의 0.6%, 매년 2%씩 증가
- ※ 단, 토지구입비, 인허가, 개발행위, 시스템 설계비 별도

## 하. 기대효과

### ▶ 수익률 확보의 안전

- 유지 보수비중 모듈의 수명이 약 25-30년으로 유지 보수비용이 낮음  
(모듈 : 전체 재료비의 60% 이상 차지)
- 기자재(모듈 및 인버터) 성능 보증(보증서 발급)

### ▶ 사업 기대효과

- 안정적인 수익창출 : 국책사업으로 판로 및 납품대금 정부 (한전 및 전력거래소)와 거래
- 관광 자원화 : 태양광 발전소 시설 및 쏠라 테마파크를 프로그램으로 개발
- 부대시설 수익효과 : 기존 관광사업과 연계한 친 환경 관광단지 조성
- 지자체의 이미지 제고 및 지역경제 활성화
- 정부의 신재생에너지 보급목표 조기 달성 기여

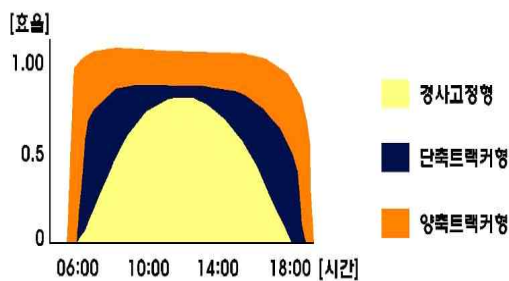
## SUNEVER TRACKER

### 가. 추적식 태양광 발전 시스템

태양의 빛을 받아 발전하는 태양전지(모듈)는 태양이 움직이는 방향을 향해 있어야 합니다.

계절별로 고도 및 방위각이 다르므로 최대의 전력을 생산하려면 태양을 따라 움직이는 tracking 시스템이 필요합니다. 국내에 시판되고 있는 양축 트랙커의 경우 단위면적당 효율성은 인정받았으나 설치비용 및 트랙커의 기술적 한계성으로 인하여 국내에서는 경사 고정형이나 단축형(Single Axis Horizontal Type)이 주로 사용되고 있습니다.

하지만 다올이엔씨(주)는 기술적 한계를 극복한 양축형 SUNEVER 트랙커(Dual Axis)로 이러한 문제를 말끔히 해소시켜 드립니다.



<시설형태별 발전효율>

구 분	발전시간(Hour)
경사고정형	3.8 ~ 4.0H
단축트랙커	4.3 ~ 4.5H
SUNEVER MARX 트랙커	5.0 ~ 5.5H

<시설형태별 발전시간 비교>

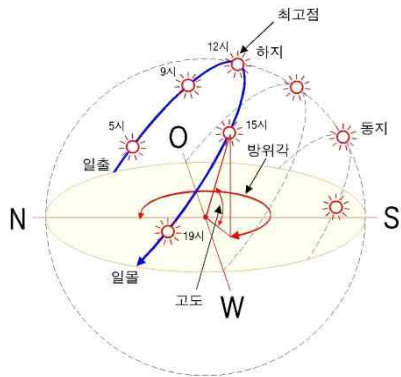
### 나. 추적식 태양광 발전 시스템의 필요성

태양은 계절에 따라 일출과 일몰의 방위각 및 고도가 다르게 나타납니다.

여름철(하지)에 태양의 남중 고도각이 최고 높음을 알 수 있습니다.

이렇게 시시각각 변화하는 태양의 위치를 고정된 발전시스템이 효율적으로 발전하는 것에는 한계가 있습니다.

이러한 태양의 변화를 효과적으로 반영하기 위해 발전시스템이 항상 태양과 최대 입사각이 되도록 유지하도록 하는 트랙커는 이제 선택이 아닌 필수라고 해도 과언이 아닙니다.



<태양고도의 변화 및 방위각변화>

지역	최고 고도각			태양의 하루 방위범위		
	동지	춘추분	하지	동지	춘추분	하지
서울	28°	52°	74°	120°	180°	240°

<계절에 따른 태양의 고도각 변화>

구분	경사고정형	당사트랙커
설치비용(%)	100	121.33
비용회수율(%)	100	140


<설치형태별 비교(1MWp기준)>

## 다. 트랙커의 종류

### (1) 단축 트랙커

구분	단축 트랙커	
	A사 단축 트랙커	B사 단축 트랙커
사진A		
사진B,C		
특징	경사 고정형의 타입대비 15~20% 효율상승. 1섹션당 18장의 모듈을 사용 최대4섹션 가능. 방위각 : 동서구간 90° , 설치 용이	모듈을 일정각(30° ~35° )으로 고정 후 축을 좌우로 움직이는 방식 (설치형태 : 양축) 방위각 : 동서구간 90° , 최대용량 : 2.5~5 kWp

(2) 양축 트랙커

구분	양축 트랙커	
	A사 양축 트랙커	SUNEVER MARX 트랙커
사진A		
사진B,C		
특징	<p>좌우 : 웜 기어, 상하 : 액츄레이터                      방위각 : 동서구간 270° ,                      고 도 : 남북구간 75°                      최대설치용량 : 2.5~5 kWp</p>	<p>좌우 : 모터, 상하 : 모터                      방위각 : 동서구간 270° ,                      고 도 : 남북구간 15° ~70°                      최대설치용량 : 7~8kWp , 15~16kWp                      센 서 : Wind sensor - 풍속 80 km/h                      에서 보호</p>

라. 국내 트랙커의 비교

제작사	Daulenc (Loeseke&Marx)	Etasolar(Lorentz)	Symphony (Degeberergie)	Seoul Marin (WattSun)
제조국	독일	독일	독일	미국
모델명	SE-700T SE-1500T SE-1800T	Active 1200	5000NT	단축 : N-SAZ-125 양축 : AZ-225
형태	양축	단축	양축	단축, 양축
효능	40%	20%	30%	15%, 25%
회전각도	동서 : 270° 고도 : 15° ~70°	동서 : 90 고도 : 0° ~45°	동서 : - 고도 : 10° ~90°	동서 : 270° 고도 : 15° ~75°
구동방식	기어방식	액츄레이터 방식	기어+액츄레이터	기어+액츄레이터
풍압	44m/s	32m/s	-	13.8m/s

마. 설치 형태별 경제성 분석표

구분 \ 형태	경사고정	경사변동	단축트랙커	타사양축트랙커	당사양축트랙커
시설용량 [MW]	1MWp	1MWp	1MWp	1MWp	1MWp
발전시간 [kW/h]	3.8	4	4.5	5.0	5.3
설치비용 [천원]	6,894,000	7,044,000	7,664,000	9,500,000,000	8,365,000
년간수익 [천원]	939,526	988,974	1,112,596	1,236,218	1,310,391
총발전수익 [천원]	14,092,890	14,834,622	16,688,940	18,079,695	19,655,874
투자비회수 기간[년]	7.34	7.12	6.88	7.6	6.38
설치비용[%]	100	102.17	111.16	137	121.33
발전효율[%]	100	105.2	120	131	140
설치면적[m <sup>2</sup> ] (6,000평)	20,000m <sup>2</sup> (6,000평)	20,000m <sup>2</sup> (6,000평)	24,000m <sup>2</sup> (8,000평)	48,000m <sup>2</sup> (18,000평)	27,000m <sup>2</sup> (9,000평)

## 바. SUNEVER MARX 트렉커

### (1) SUNEVER MARX 트렉커의 종류

품명	SE-700T	SE-15000T	SE-18000T
용량	7~8kWp	15~16kWp	20kWp
모듈면적	50~55m <sup>2</sup>	100~110m <sup>2</sup>	120~130m <sup>2</sup>



SUNEVER MARX 트렉커(7kWp용)



SUNEVER MARX 트렉커(15kWp용)-Spain 5.5M제

### (2) SUNEVER MARX 트렉커의 특징

#### (가) 대용량 설치가능 - 1set 당 최대 20kWp까지 설치

기존 트렉커 대비 3배 ~ 6배의 용량을 트렉커1대에 설치가능하여 추적식 태양광발전의 중요 자재인 트렉커 비용 및 트렉커 설치비용을 절감할 수 있음. 또한, 설치 부지 및 설치기간 단축의 이점이 있음.



<트렉커(7kWp)>

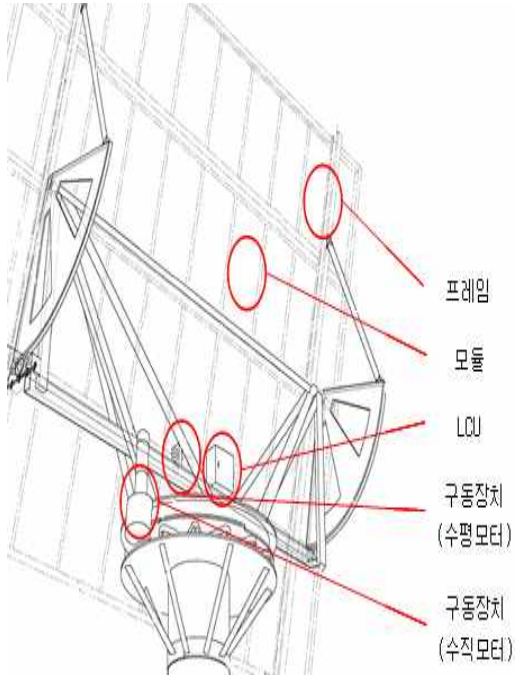
(나) 자동안전제어 - Wind Sensor가 풍속 80km/h (22m/s)이상 시 감지하여 트렉커가 5°로 누워 와류현상 최소화 (시스템 파손 최소화)

(다) 최대풍속 - 최고 160km/h (44m/s)까지 견딤.

(라) Sabotage Sensor 장착 - 모듈 손상 시 Alarm이 작동 파손여부를 즉시 확인.

(마) 두대의 모터 사용

### (3) SUNEVER MARX 트렉커의 종류



태양전지 (모듈)	하나의 트렉커에 최대한 많은 용량을 설치해야 최대의 전력을 생산할 수 있다. SUNEVER MARX 트렉커는 바람의 영향과 구조적인 문제를 해결하여 설치용량이 7kW~20kW정도 이다.
프레임	태양전지를 지지하는 받침대로 태양전지를 풍압에 견딜수 있도록 지지하며 아연 도금강을 사용한다. SUNEVER MARX 트렉커는 규격화하여 현장에서 설치를 간단하게 할 수 있다
구동장치	두개의 모터를 사용하여 거대한 프레임을 자유롭게 태양의 움직임을 효과적으로 추적한다.
센서	트렉커의 움직임을 광센서 및 피라노 센서 등을 이용 효과적으로 추적한다.

<SUNEVER MARX 트렉커 구성(7kWp용)>

<트렉커의 일반적인 구성>

### (4) SUNEVER MARX 트렉커의 우수성

#### ① Pyrano Sensor

- ㉠ 프로그램 추적방식 - 광량과 무관하게 일률적으로 작동
- ㉡ 광센서 추적방식 - 광량이 부족하면 멈추는 현상

SUNEVER MARX 트렉커 : Pyrano Sensor가 작은 광량이라도 태양을 정확히 추적 효율을 극대화 함

#### ② LCU 및 CCU의 2중제어

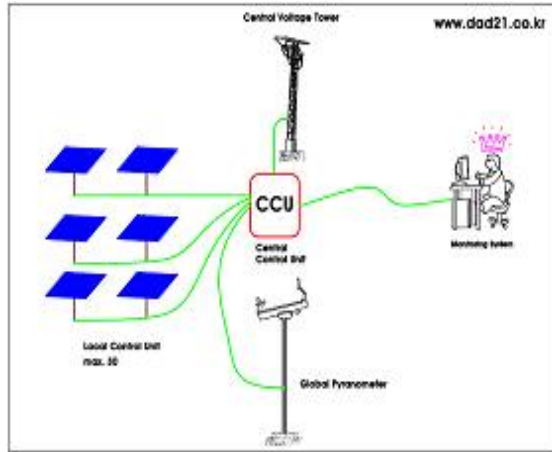
기존 타사의 트렉커와 달리 LCU에 의한 자체 컨트롤과 병행으로 CCU로 중



양에서 2차 컨트롤을 함으로써 시스템의 신뢰성 확보와 발전효율 상승의 이  
 득이 있음.



<Pyranometer>



<SUNEVER MARX 트랙커 시스템 구성도>

③ 빠르고 간편한 시공

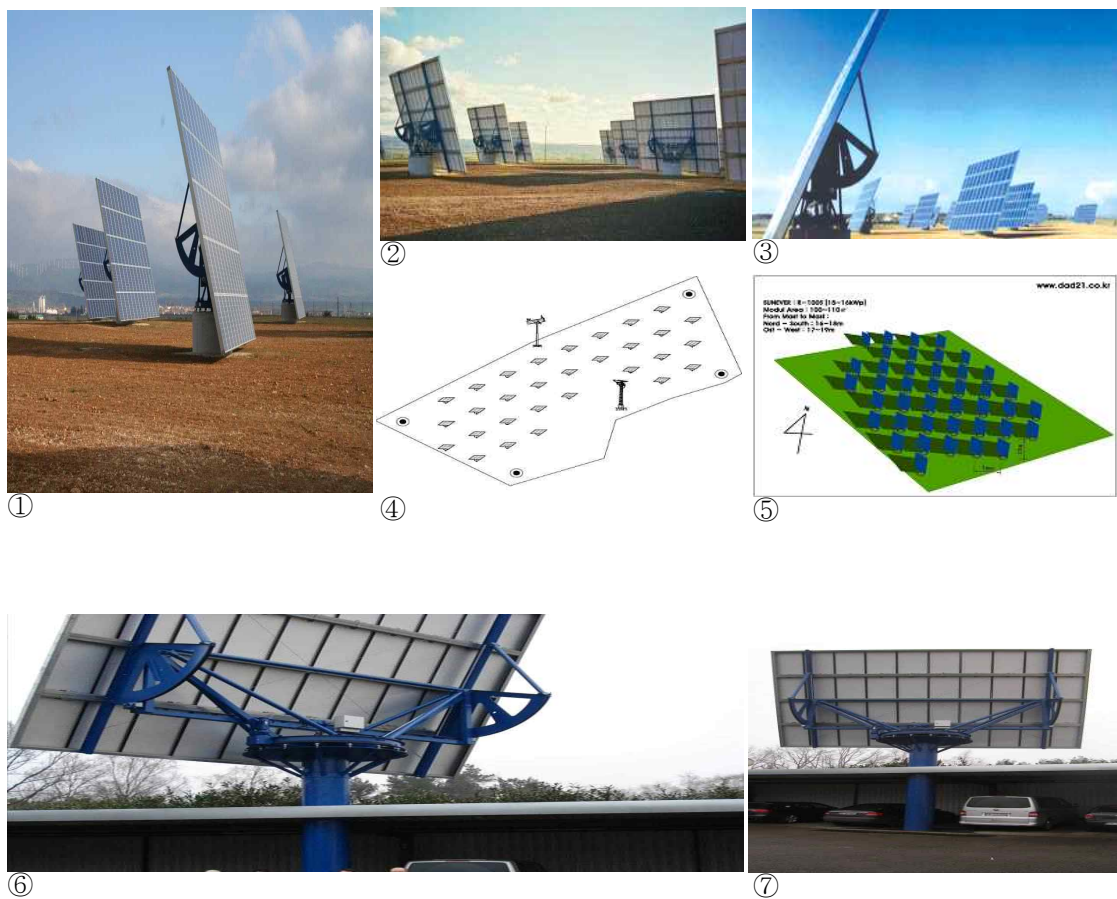


<SUNEVER MARX 트랙커 (15kWp) 설치 순서>

- ④ Sabotage Sensor 장착 - 모듈 손상 시 Alarm이 작동 파손여부를 즉시 확인
- ⑤ 토크분배방식 - 시스템 내구성증대
- ⑥ 트랙커 모니터링 시스템 - 운영 및 유지보수의 효율적 관리
- ⑦ 동서 270°의 방위각과 남북 15° ~ 70°의 고도로 트래킹하여 최대 일사  
 량을 확보

- ⑧ 10분마다 제어장치가 작동하여 태양을 추적하므로 경사 고정형보다 40% 효율확보
- ⑨ 유럽에서 7년이상 Field Test와 실험실 풍동 Test로 안정성이 입증
- ⑩ LCU동파 방지 히터 장착
- ⑪ 특허 획득

사. SUNEVER MARX 트렉커 설치현장 사진



①~③ : 스페인현장 설치, ④~⑤ : 시스템 배치 예시, ⑥~⑦: 주차장설치예시

<SUNEVER MARX 트렉커 설치 사례>

에너지관리기준 준수상황 점검표						
관리항목		해당내용	관리실태	비 고	채 점	
<b>가. 건축물부문 (제12장)</b>						
단열강화 (제40조)	단열미흡 및 훼손부위 열손실방지조치	건축단열				
	열관류율 기준에 의한 단열두께 준수	건축단열두께	○	설계기준	2	
기밀성강화 (제41조)	문, 창호와 벽체부위 등 기밀성능 보완	기밀성능				
	훼손된 방풍, 방수재 교체	방풍실등	○	방풍실등점검	2	
	커튼과 블라인드 청결관리 및 유지관리	관리여부	○	정기청소	2	
	기밀성 창호, 단열성능 우수제품으로 교체	기설치됨				
<b>나. 기계설비부문 (제13장)</b>						
난방 및 급탕설비 (제42조)	연료, 연소계통, 연료소비량, 급수량 점검관리	연료소비, 급수	○	4회/일	2	
	압력, 급수, 배가스, 표면온도관리	압력, 급수	○	4회/일	2	
	수질 및 배가스 분석, 공기비, 온수온도관리	수질, 배가스	△	1회/년	1	
	연소효율, 열효율 최적 운전관리	보일러	△	고, 저부하운전	1	
	열발생·사용기기 스케일 예방기기 도입	보일러	△	수질관리	1	
	연소 제어장치 설치	부하율	△	고, 저부하운전	1	
	열전달표면, 필터, 유니트 등 주기적 청소	세관, 청소	△	1회/년	1	
	배관의 공기분리기 및 배출기 설치	공기분리기	○	설치	2	
	열발생설비 비례제어 운전	보일러	○	제어운전	2	
	응축수의 회수이용 급수활용	응축수탱크	○	전량회수	2	
	실내온도 조절장치 설치 운용	온수조절	△	부분운전	1	
	급탕설비 급탕온도 적정화	급탕공급온도	○	60℃	2	
	급탕설비 축열·방열시간 관리	급탕탱크	△	자동운전	1	
	급탕설비 누수, 단열 등 기밀 관리	누수, 단열	△	옥외배관	1	
	급탕설비 배관손실 보상시스템	보상시스템	○	순환펌프	2	
	급탕설비 휴일, 야간 스케줄 제어	스케줄제어	○	쇼닝구성	2	
	급탕설비 폐열회수 시스템		×	미설치	0	
	급탕설비 대체 산·재생에너지설비 채택					
	냉방설비 (제43조)	냉동기 성적계수 유지				
		냉동기 부하율냉동기 대수제어	대수제어			
냉동기 냉매, 증발기/응축기 성능관리		성능관리	○	1회/일	2	
냉동기 냉수 입·출구온도 관리		온도관리	○	4회/일	2	
냉각수 온도제어 및 냉각팬 가동제어		온도, 운전제어				
냉각수 순환펌프 운전제어(수량, 양정)		운전제어				
냉각탑 온도, 유량 정기적 점검 관리		냉각탑관리	△	냉각수온도	1	
냉각코일 스케일제거, 냉각수 수처리 고효율기자재 적용						
신·재생에너지 이용시설 대체						
공조설비 (제44조)	적정 냉·난방 실내온도 유지 및 관리	실내온도유지	○	온도조절	2	
	공조설비 설정온도, 습도의 적정 관리	온, 습도관리	△	자동제어	1	
	온도조절 및 제어 등 온도조절시스템 도입	온도조절	○	자동제어	2	
	냉·난방용 코일핀의 청소와 주기적 필터교체	청소, 필터	○	1회/년	2	
	순환수 수질관리, 스케일 제거 및 예방	수질관리				
	외기취입, 이코노마이저 시스템 도입	외기냉방	△	일부적용	1	
	배기계통 열회수설비 설치	열회수				
	변풍량제어 시스템 도입	VAV	○	사무동적용	2	
	송풍기 대수제어, 가변익 제어	제어	△	대수, 인버터	1	
	급환기 풍량측정장치, 제어장치 도입	풍량측정, 제어	△	제어	1	
	유량조절장치 설치 공조구획 효율관리	유량조절	○	2-WAY	2	
	용량가변 개별공조기 고효율기자재 채택	용량가변	△	공조기일부	1	

관리항목		해당내용	관리상태	비고	채점
반송설비 (제45조)	펌프, 팬의 대수제어	대수제어	○	대수제어	2
	펌프, 팬의 회전수제어	VVVF	△	일부적용	1
	배관회로 방식(개방형·밀폐형)	밀폐형	○	밀폐형	2
	송풍기의 청결유지로 효율향상	청결유지	△	간헐청소	1
	펌프의 누수방지 및 기계적 밀봉실시	누수, 밀봉	○	메카니컬씰	2
제어설비 (제47조)	중앙감시반 원격 운전, 조작 가능	원격운전제어	○	자동제어	2
	빌딩자동화시스템(BAS)등 도입, 관리기능 포함	BAS, 관리	△	자동제어	1
	팬코일유니트 방위별, 용도별 통합제어	자동제어	△	공조조닝제어	1
<b>다. 전기설비부문 (제14장)</b>					
수변전설비 (제48조)	변압기별 전력량계설치 부하감시, 예측가능	전력량계	○	구분설치	2
	경부하 또는 계절적 변압기의 대수제어	대수제어	○	심야전력	2
	수요제어장치로 최대수용전력 제어	전력제어	○	시스템제어	2
	변압기 교체 시 저손실형 변압기 채택				
배전 및 동력설비 (제49조)	배전의 전압 강하 최소화	전압강하	○	5%이내	2
	역률 개선용 콘덴서를 설치 역률 개선	역률개선	○	95%	2
	전동기 전류 및 무부하특성 부합 기동방식	기동방식	○	직입, Y-△기동	2
	고효율 유도전동기 채택	고효율전동기	△	일부운용	1
조명설비 (제50조)	조도자동조절조명기구로 적정 조도 관리				
	회로분할로 부분조명 또는 부분점멸 시스템	회로분할	○	반영	2
	자연채광시스템 도입	자연채광	○	로비및라운지	2
	조명기구 고효율조명기기 도입	고효율조명	○	고효율조명	2
	사무기기 에너지절약형 기기 도입	에너지절약형	△	사무기기사용	1
자동판매기 에너지절약형 기기 도입	에너지절약형	△	절전기능	1	
승강설비 (제51조)	승강기 가동대수 제어				
	승강기 시간대운전 스케줄관리				
	승강기 버튼누름 취소기능 설치				
	승강기 정지 층수의 저감				
	에스컬레이터 시간대운전 스케줄관리				
에스컬레이터 인체감지센서 설치	인체감지센서				
<b>라. 폐열회수 및 산·재생에너지 설비부문 (제15장)</b>					
폐열회수설비 (제52조)	열 발생설비 폐열회수설비 설치, 이용효율향상				
	폐열회수설비 정기적인 정비 보수				
	폐열회수설비 전열면 등 보완 조치				
	회수열 수송설비 기밀, 단열 등 조치				
산·재생에너지 설비(제53조)	폐열발생 및 회수이용계획 수립 및 실시				
	자연에너지 등 산·재생에너지 설비 채택				
<b>마. 기준치 준수</b>					
난방설비	[별표 1] 기준 공기비	1.3 이하	△	1.5	1
	[별표 8] 기준 배가스 온도	220℃이하	○	169℃	2
전기설비	수전단축 역률 90%이상	90%이상	○	90-96%	2
※특기사항				합계	88
				만점	112
				평균	78

- ※1. “해당내용” 란에는 “관리항목” 중에서 사업장에 해당되는 내용을 기재한다.  
2. “관리상태” 란에는 “해당내용” 관리상태의 상, 중, 하에 따라 ○, △, ×으로 한다.  
3. “비고” 란에는 “관리상태” 의 구체적인 근거사항을 기재한다.  
4. “채점” 란에는 “관리상태” 에 따라 ○은 2점, △는 1점, ×는 0점으로 한다.  
5. “특기사항” 란에는 관리자나 지도자의 의견을 기재한다.