



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

해양건축물 냉방부하에 미치는 해수반사
일사의 영향

A Study on Sea Water Reflected Daylight Affect Influenced to
Oceanic Architecture Cooling Load



2013년 2월

한국 해양대학교 해사산업대학원

조선 해양 건축공학과

박 상 고

본 논문을 박상고의 공학석사 학위논문으로 인준함.

위원장 박수용 (인)

위원 도근영 (인)

위원 박동천 (인)



2012년 12월 14일

한국해양대학교 대학원

목 차

표 목차	iii
그림 목차	vi
초 록	vii

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적	1
1.2 연구 내용 및 범위	3

2. 건축물의 부하계산에 대한 이론적 고찰

2.1 건축물의 공조부하 계산법 개요	4
2.2 건축물의 공조부하 계산방법	9
2.2.1 부하계산 조건	9
2.2.2 냉방부하 계산	10
2.2.3 난방부하 계산	19
2.2.4 장치부하 계산	21
2.2.5 열원부하 계산	24
2.3 건축물의 공조부하 계산 사례 검토	28
2.3.1 내륙지역 사례 검토	29
2.3.2 워터프론트 지역 사례 검토	33
2.3.3 사례검토 결과	35

3. 해양건축물의 부하계산

3.1 해양건축물의 개념 및 특징	36
3.2 해양건축물 공조부하 계산방법 비교	41

3.2.1 실내 및 외기 조건	41
3.2.2 상당외기온도 및 인접실 온도	42
3.2.3 환기량	45
3.2.4 냉난방 부하의 계산	47
3.3 해양 건축물 부하계산용 해수온도 설정	50
4. 해수면 반사일사량 분석	
4.1 일사량 관련 이론 정리	53
4.1.1 용어 정의	53
4.1.2 일사량의 계산법	56
4.1.3 일사량의 측정	58
4.2 해수면 반사일사량의 측정 개요	59
4.2.1 수면 반사 일사 실험 시간	59
4.2.2 이론상의 반사율	60
4.2.3 수면 반사 일사의 분리방법	61
4.2.4 계절에 따른 일사량의 차이	63
4.3 해수면 반사일사량 측정실험 개요	68
4.3.1 실험 개요	68
4.3.2 실험 장비	69
4.3.3 실험 장소	70
4.4 실측실험 결과분석	74
4.4.1 데이터 분석	74
4.4.2 연직면 직달 일사량을 이용한 분석	80
5. 결론	84
참고문헌	85

표 목차

표 2-1 실내 부하의 발생요인	4
표 2-2 부하계산을 위한 실내온습도 조건의 기준치	9
표 2-3 우리나라 주요 도시의 외기조건(TAC 2.5%)	9
표 2-4 유리창에서의 표준 일사열 취득[kcal/m ² h]	11
표 2-5 유리의 차폐계수	12
표 2-6 유리의 열 관류율[kcal/m ² ·h·°C]	13
표 2-7 틈새바람에 의한 환기회수 h[회/h]	15
표 2-8 인원·조명 산출용 참고 값	16
표 2-9 실내조도와 조명용 전력의 개략치[W/m ²]	17
표 2-10 인체에서의 발생 열량[kcal/h·인]	18
표 2-11 조명기구 전기기구의 발생열량	18
표 2-12 방위계수	19
표 2-13 kp, KB의 값	20
표 2-14 난방설계용 지역별 지중온도	20
표 2-15 송풍기에 의한 열 부하(실내 현열에 대한 %임)	24
표 2-16 연면적당 장치의 열용량(보온재·물 포함)	27
표 2-17 예열·예냉 개시 시의 배관 내 수온[°C]	27
표 2-18 여름철, 유리창에서의 표준 일사열 취득	29
표 2-19 존 유형A에서의 유리창에 의한 일사 냉방부하	29
표 2-20 A과학관 설계 개요	30
표 2-21 A과학관, 유리를 통한 냉방부하	30
표 2-22 B차량 부품센터	31
표 2-23 존 유형 A에서의 유리창에 의한 일사 냉방부하	31
표 2-24 B차량 부품센터, 유리를 통한 냉방부하	31
표 2-25 C유통단지	32

표 2-26	존 유형A에서의 유리창에 의한 일사 냉방부하	32
표 2-27	C유통단지, 유리를 통한 냉방부하	33
표 2-28	D박물관 설계 개요	33
표 2-29	D박물관, 유리를 통한 냉방부하	34
표 2-30	E아파트 설계 개요	34
표 2-31	E아파트, 유리를 통한 냉방부하	34
표 3-1	해양건축물의 종류	37
표 3-2	다양한 해양건축물의 사례	38
표 3-3	배치형태에 따른 해양건축물의 분류	39
표 3-4	하부 구조형식에 따른 해양건축물의 분류	39
표 3-5	선박의 부하계산을 위한 실내외 온습도 조건	41
표 3-6	선박에서의 상당외기온도	43
표 3-7	인접실과의 온도차(냉방부하계산)	43
표 3-8	선박에서의 부하계산을 위한 인접실 온도	44
표 3-9	선박의 환기량 기준	46
표 3-10	다중이용시설의 환기기준	47
표 3-11	부하계산 시 해양건축물, 육상건축물, 선박의 부하요소 비교	48
표 3-12	해양 건축물의 부하계산을 위한 해수온도 분석 결과	51
표 4-1	실험 개요	68
표 4-2	태양고도별 반사일사 종류	78
표 4-3	실험 1~4의 분석	78

그림 목차

그림 3-1 난방부하계산용 해수온도 설정 예	52
그림 4-1 법선면 직달일사량의 정의	55
그림 4-2 뷰레스터 앵글	59
그림 4-3 실험장치의 각도	60
그림 4-4 봄 법선면 직달 일사량	63
그림 4-5 여름 법선면 직달 일사량	64
그림 4-6 가을 법선면 직달 일사량	64
그림 4-7 겨울 법선면 직달 일사량	65
그림 4-8 봄 수평면 천공 일사량	65
그림 4-9 여름 수평면 천공 일사량	66
그림 4-10 가을 수평면 천공 일사량	66
그림 4-11 겨울 수평면 천공 일사량	67
그림 4-12 실험에 사용된 일사계	69
그림 4-13 MX-100(요코가와)	69
그림 4-14 한국해양대 예섬회관 옥상	70
그림 4-15 태양의 고도 및 방위각 변화	71
그림 4-16 태양고도($0^{\circ}\sim 11^{\circ}$), 방위각($69^{\circ}\sim 79^{\circ}$) 시점	71
그림 4-17 태양고도($11^{\circ}\sim 40^{\circ}$), 방위각($79^{\circ}\sim 97^{\circ}$) 시점	72
그림 4-18 태양고도($40^{\circ}\sim 60^{\circ}$), 방위각($97^{\circ}\sim 127^{\circ}$) 시점	72
그림 4-19 태양고도($60^{\circ}\sim 72^{\circ}$), 방위각($127^{\circ}\sim 160^{\circ}$) 시점	73
그림 4-20 태양고도($72^{\circ}\sim$), 방위각($162^{\circ}\sim$) 시점	73
그림 4-21 실험 1 결과	74
그림 4-22 실험 2 결과	75
그림 4-23 실험 3 결과	76

그림 4-24 실험 4 결과	77
그림 4-25 실험 4 결과 분석 -1	80
그림 4-26 실험 4 결과 분석 -2	81
그림 4-27 실험 4 결과 분석 -3	82
그림 4-28 실험 4의 추정 수면반사 일사 도출(태양고도 11°~40°)	83



A Study on Sea Water Reflected Daylight Affect Influenced to Oceanic Architecture Cooling Load

Park, Sang-kho

Department of Naval Architecture,
Ocean & Architectural Engineering
Graduate School of Korea Maritime University

Abstract

This thesis is a basic research to affect on reflected daylight over sea water surface influenced to ocean architecture cooling load with experimented and measured study.

This research is composed of five chapter.

The first, it was described the background, purpose and necessity of study on sea water reflected daylight is affected by ocean architecture cooling load factor.

The second, it was compared calculated cooling and heating load data sheet, 2 places of area and gathering lots, for compare direct daylight load and architecture builded beside of inland and near waterfront.

The third, it was reviewed about ocean architecture's concept and features and also, it compared load calculation between general

architectures and ships. So it described ocean architecture's load calculation factor.

The fourth, it was suggested direct daylight load at ocean architecture to calculate working range of cooling load at summer and quantitative cooling load factor to convert range of calory.

The final, it was suggested revealed problem and found the trouble shooting.

KEY WORDS: Sea water reflected daylight 해수반사; Cooling load 냉방부하; Waterfront 워터프론트



제 1 장 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

인류(人類)의 주거생활(住居生活)은 바람이 없으면 바다에 나가 고기를 잡고, 풍랑(風浪)이 치면 육지(陸地)의 밭에 나가 식물(植物)을 가꾸는, 자연환경에 적응하는 변경성 군집생활을 하였으며 바다를 관찰(觀察)할 수 있는 조망(眺望)권이 좋은 언덕을 집 자리로 선호(選好)하는 물을 가까이 하는 친수성(親水性) 본능(本能)을 가지고 있었다.

군집생활(群集生活)에서 유리(有利)한 생존전략(生存戰略)의 선택이 규모(規模)와 밀도(密度)의 한계(限界)를 넘어 과밀(過密)현상으로 먹이공급(供給)과 번식(繁殖)의 곤란(困難)을 초래(招來)하는 생물행동(生物行動)의 이상 현상을 도출하는 현실에서 주5일제 근무와 연·월차 휴가(休暇)의 강제사용 등, 사회적 변화와 경제적(經濟的) 여유와 함께 늘어나는 여가(餘暇)로 다양한 삶의 추구하고 질(質)의 변화(變化)를 모색하고 강구하고 있는 현실에 있다. 이에 갑갑한 도심 생활에서 접근할 수 있는 수변(水邊)공간 이용, 해양레저, 크루즈관광, 해양박물관(海洋博物館), 해상(海上)호텔, 해양연구소, 해양 도시(海洋都市)등의 첨단(尖端)해양건축물의 수요(需要) 증가(增加)가 대두 되고 있다.

이러한 수변 환경의 해양건축물들은 도시(都市) 가까이에서 자연을 느낄 수 있는 조망감(眺望感), 개방감(開放感), 자유(自由)로움, 인간본연(人間本然)의 센티멘탈(Sentimental)한 향수(鄉愁) 등을 느낄 수 있는 자연조망(自然眺望)과 개방(開放)을 위한 창(窓)의 확보(確保)가 필요하다.

바다를 향한 넓은 면적의 창(窓)에 대한 요구(要求)는 해수면 반사일사(海水面反射日射)에 의해 하절기(夏節期) 냉방부하(冷房負荷)가 증가(增加)되고 창(窓)주변(周邊)의 열적(熱的), 시각적(視覺的) 쾌적성(快適性) 등이 악화(惡化)될 우려가

높다.

이에 본 연구(本研究)는 해양 건축물의 냉방 부하에 미칠 것으로 예상되는 해수면 반사일사(海水面反射日射)에 대해 실험을 통해 파악하는 것을 연구의 목적으로 한다.



1.2 연구 내용 및 범위

본 연구는 해양건축물 냉방부하에 미치는 해수반사 일사의 영향에 대해서 실험, 계측연구 하였다.

제1장 에서는 해양건축물 냉방부하에 미치는 해수반사 일사의 실험과 영향을 연구, 계측한 배경의 목적과 필요성에 대해서 기술하였다.

제2장 에서는 워터프론트 지역과 내륙지역의 유사 모델로 5개의 건축물을 선별하여 냉·난방 부하계산서를 비교 검토함으로써 워터프론트 지역과 내륙지역에 입지한 건축물의 일사부하 계산방법을 비교하였다.

제3장 에서는 해양건축물의 개념 및 특징을 알아보고 일반 육상건축물과 선박의 부하계산 요소를 비교한 뒤 해양건축물의 부하계산을 위한 필요 요소에 대해 기술하였다.

제4장 에서는 실험결과를 토대로 일사량을 분석하고 여름철 냉방부하의 작용 범위와 부하계산 시 치환해야하는 열량의 범위와 정량적인 냉방부하 요소를 분석 하여 해양건축물에서의 일사부하 고려방법을 제안 하였다.

제5장 에서는 문제와 실험 시 발견된 문제점과 도출 문제에 대한 해결방법 방법 등 실험연구의 전반적인 예상이외의 문제 발생요인 등을 제시하여 그 대책과 이론을 기술 하고자 하였다.

제 2 장 건축물의 부하계산에 대한 이론적 고찰

2.1 건축물의 공조부하 계산법 개요

공조부하(열 부하)란 공조대상 공간의 설계조건으로 규정된 실내 온습도 조건이나 청정도를 유지하기 위한 부하로 냉방을 위해 제거해야만 하는 열량을 냉방부하, 난방을 위해 실내에 공급해야 하는 열량을 난방부하라 한다. 또 공조부하는 크게 실내 부하, 장치 부하, 열원 부하로 나눌 수 있으며 이들 부하는 현열 부하와 잠열 부하로 구성되어 있다.

[표 2-1] 실내 부하의 발생요인

요인	내용	매체	열의종류		열취득 냉방부 하	열손실 난방부 하
			현열	잠열		
일사· 야간복 사	유리면을 투과하는 일사	창유리	○		○	
	외기에 면하는 벽체, 유리의 표면온도를 상승시키는 일사, 하강되는 야간복사	지붕 외벽 유리	○		○	○
주위와 의 온도차	외기와의 온도차에 의한 전도열	지붕 외벽 유리	○		○	○
	옆방, 코어부와의 온도차에 의한 전도열	내벽 바닥 천정	○		○	○
침입공 기	샤시, 문으로부터 침입하는 틈새바람	창문 문·개구 틈새	○	○	○	○
	비 공조 영역으로부터 침입하는 틈새바람	개구 틈새	○	○	○	○

공기조화가 시행되고 있는 실내가 일정한 온습도를 유지하는 과정에는 열의 유출입 현상이 일어난다. 실내외 온도차가 있을 때 외벽, 유리창, 내벽, 천장, 바닥을 통해 출입되는 열을 관류열이라 하고, 유리창 등 투명한 물체를 통해 들어오는 복사열을 투과열이라 한다. 또 외벽 면이 받는 풍압과 건물의 내외 온도차에 의해 발생한 압력차로 창문틈, 외벽의 틈새, 출입구 주변에서 유출입 되는 열을 틈새바람에 의한 침입열이라 한다. 이상 세 가지 경로를 통해 발생하는 열을 총칭하여 외피부하라 하며 실내의 조명기구나 인체, 기타 발열기구에서 발생하는 열을 내부발열부하라 한다. 실내 부하의 요인은 [표 2-11]에 나타난 것과 같으며 공조부하의 크기나 변동 상태에 따라 공조방식이나 공조설비 기기, 덕트·배관 등의 용량, 치수 등이 결정된다.

1) 실내 부하

실내부하는 실내온습도를 일정하게 유지하기 위하여 필요한 열량으로 이는 공조풍량의 산정과 팬코일 유닛 등, 실내설치기기 능력결정의 근거가 된다.

① 유리면 부하

유리면 부하는 투과일사부하와 관류열부하가 있다. 투과일사부하는 유리를 투과한 일사에 의한 부하로서 시간지연 없이 즉시 열부하가 되는 것으로 난방 시에는 일사열취득이 실내부하에 도움이 되므로 일반적으로 무시하지만 부하계산에 일사열취득을 고려하는 경우는 방위특성부하로서 간헐공조시의 축열부하와 같이 방위열부하로 취급한다. 또 관류열부하는 실내외 온도차에 의한 부하이다.

② 구조체 부하

외벽, 지붕, 칸막이, 지하벽 등의 구조체를 통해 외부로부터 실내에 침입하는 부하를 구조체 부하라 한다. 외벽, 지붕의 냉방부하 산출 시에 주기정상계산법에 의해 벽체나 지붕을 통과하여 안쪽으로 도달하기까지는 진폭의 감소와 시간의 지연이 있게 되며 이들을 종합적으로 계산하여 어떤 시각에 있어서의 침입 열량을 간단히 전도식으로 산출할 수 있도록 만든 것을 상당온도차라 한다.

1) 한미공조 냉방부하(2005)

난방부하에 있어서는 일사에 의한 영향을 무시하여 정상계산법에 의해 산출하며 지하벽체 등의 관류열부하는 난방시에만 고려하며 냉방시에는 부하에 도움이 되므로 무시한다.

③ 내부칸막이 부하

인근 공간이 공조를 하지 않을 경우 발생하는 온도차에 의한 부하를 말한다.

④ 투습 부하

벽체의 틈새로 실내외의 수증기분압차에 의해 발생하는 수분 유입·유출에 기인하는 부하를 말하며 부하량이 매우 적어 일반적인 공조에서는 무시하는 경우가 많다.

⑤ 틈새바람 부하

틈새바람 부하는 창, 출입문의 틈새, 출입문 개폐 시 공조공간으로 외기의 침입이 발생하여 생기는 부하이다. 틈새바람의 풍량은 창, 출입문의 구조 외에 외부풍속과 실내외 온도차에 의해 영향을 받는다.

⑥ 실내발열부하

실내의 조명기구와 기타 기기류, 인체로부터의 발열에 의한 부하이다. 난방시에는 무시하나 24시간 공조의 경우는 난방부하를 줄이는 쪽으로 고려한다.

⑦ 간헐공조시의 축열부하

간헐공조의 경우 공조운전 정지 중에 각 실의 열취득, 열손실이 존재하며 이는 건물 구조체, 기기류 등에 축열되어 있다가 다음번 공조운전을 개시할 때 축열부하로 표시된다. 축열부하는 냉방시에는 작고 또 최대부하가 운전 개시시점에서 발생하는 경우가 적어 냉방부하에서는 축열부하를 무시하지만 난방부하에서는 방위 축열부하로 취급한다.

2) 장치부하

실내부하에 덕트계통에서의 손실, 외기부하, 재열부하를 더한 열량을 장치부하라 한다. 이는 공조기 용량을 산정할 때 근거가 되며 제습 등의 목적으로 재열을 하는 경우 재열부하도 장치부하에 포함한다.

① 송풍기 부하

송풍기(전동기 포함)에서 발생하는 열취득에 의한 부하로서 난방부하에서는 무시한다.

② 덕트 통과 열부하

덕트 내의 공기온도와 주위온도와의 차이에 의한 부하로서 난방부하에서는 무시한다.

③ 외기부하

일반적으로 보건공조에서는 분진, 취기, CO₂ 등을 제거하여 실내환경을 양호하게 유지하기 위해 건물 외부로부터 실내온습도와 다른 상태의 외기를 실내로 도입한다. 외기부하는 도입외기를 실내온습도와 동일한 상태로 만들기 위한 부하이다.

④ 재열부하

재열에 의해 습도제어를 할 경우 제습시에는 공급공기를 과잉으로 생각하므로 이에 따른 부하를 말한다. 재열제어는 냉방시기에 주로 진행하므로 난방 부하에는 고려하지 않는다.

3) 열원부하

장치부하에 배관계에서의 열부하, 장치축열부하를 더한 열량을 열원부하라 한다. 이는 냉동기와 보일러 등의 용량산정 근거가 된다.

① 펌프 부하

열매 반송 펌프 부분에서 발생하는 열취득에 의한 부하를 말하며 난방부하에서는 무시한다.

② 배관통과 열부하

공조설비를 구성하고 있는 배관계에서 배관내 열매온도와 배관 주위와의 온도차이에 의해 발생하는 부하를 말하며 통상적으로 무시하지만 배관길이가 긴 경우에는 고려한다.

③ 장치 축열부하

간헐공조 운전의 경우 운전 정지 시 기기와 배관의 내부 보유 수량 등에는 각기 다른 형태의 열에너지를 보유하고 있으며 이는 운전 개시 시에 장치축열 부하로 표시된다. 일반적으로 무시하고 있지만 설비규모가 크고 예열, 예냉의 시간제약이 있는 경우에는 고려한다.



2.2 건축물의 공조부하 계산방법

2.2.1 부하계산 조건

1) 실내조건

부하계산을 위한 실내온습도 조건의 일반적인 기준은 [표 2-2]와 같이 건물의 용도에 따라 실내온도조건이 설정되어 있으며 습도는 여름에 50~60%, 겨울에 35~50%로 설정되어 있다.

[표 2-2] 부하계산을 위한 실내온습도 조건의 기준치

구분	여름	겨울
일반건물 (사무실, 주택 등)	25~27[°C] 50~60[%]	20~22[°C] 35~50[%]
영업용 건물 (은행, 백화점 등)	26~27[°C] 50~60[%]	20~22[°C] 35~50[%]
공업용 건물 (공장 등)	27~29[°C] 50~60[%]	18~20[°C] 35~50[%]

[표 2-3] 우리나라 주요 도시의 외기조건(TAC 2.5%)

도시명	여름철		겨울철
	건구온도[°C]	습구온도[°C]	건구온도[°C]
서울	31.1	25.8	-11.9
인천	29.7	25.9	-11.2
광주	31.9	26.3	-7.4
대구	32.9	26.4	-8.2
울산	32.2	26.8	-7.0
부산	29.7	26.0	-5.8

주) 건설교통부, 2003

2) 실외조건

최대공조부하를 계산하기 위한 외기조건으로 냉방설계의 경우 온도, 습도, 일사량이 반드시 필요하다. 부하계산을 위한 설계 외기조건은 과거의 기상관측 값을 기준으로 결정하며 국내에서는 ASHRAE에서 제안한 일정기간 관측기록의 초과확률에 의한 통계기법(TAC)에서 위험률 2.5%값을 주로 택하고 있으며 우리나라 주요도시의 외기조건은 [표 2-3]에 나타낸 것과 같다.

2.2.2 냉방부하 계산

각 실과 건물 전체의 냉방부하는 외기조건에 영향을 받아 매기각별로 변동한다. 따라서 9, 12, 14, 16시의 4회 정도 시간대별로 계산한 후에 최대부하 발생시간을 결정한다.

1) 유리면 부하

유리창의 유리면에서 발생하는 부하는 일사투과에 의한 투과 일사부하와 실내외 온도차에 기인하는 전도열 부하가 발생한다.

가) 투과 일사부하

유리면을 투과한 일사에 의한 열취득은 다음의 식에 의해 구한다.

$$q_{GR} = I_{GR} \times K_s \times A_g \quad (\text{식 2-1})$$

q_{GR} : 유리면을 투과한 일사에 의한 부하 [kcal/h]

I_{GR} : 유리면에서의 표준일사열 취득 [kcal/m²·h]

k_s : 내부차폐계수

A_g : 유리창면적 중 새시면적을 제외한 유리면적

면적 = 창 전면적 × (1-새시 면적율) [m²] 단, 새시 면적율 = $\frac{\text{새시면적}}{\text{창 전면적}}$

① 유리면으로부터의 표준일사열취득 I_{GR}

유리면으로부터의 표준일사 열취득은 투과일사에 의한 열량과 유리면 자체에서 흡수되어 실내에 방사되는 열량의 합이다. [표 2-4]는 3mm보통유리에 대한 표준일사 열취득이다.

② 내부차폐계수

유리의 종류와 실내측 차폐물에 의한 차폐효과를 내부차폐계수라 한다. 사용하는 유리·차폐물의 효과를 표준 일사열취득에 대한 계수로 표시하며 차폐계수는 대류성분과 복사성분으로 나눌 수가 있으나 이의 합계치를 차폐계수로 이용한다.

[표 2-4] 유리창에서의 표준일사 열취득[kcal/m²h]

방위	시각(태양시)				일일합계
	오전		오후		
	9시	12시	14시	16시	
수평	518	726	629	379	5,718
N·그늘	34	43	39	28	567
NE	288	43	39	28	1,626
E	435	43	39	28	2,394
SE	354	103	39	28	1,935
S	53	156	101	28	868
SW	34	103	312	343	1,935
W	34	43	312	493	2,394
NW	34	43	101	349	1,626

③ 유리면적 A_g

투과일사 열취득 계산의 경우 창 전체면적에서 새시면적을 뺀 유리면적을 이용하는 것이 바람직하나 안전율을 고려하여 창 전체면적으로 하기도 한다.

[표 2-5] 유리의 차폐계수

종류	블라인드	차폐계수
보통 단층유리	없음	1.0
	밝은색	0.65
	중간색	0.75
흡열 단층유리	없음	0.8
	밝은색	0.55
	중간색	0.65
보통 이중유리(중간블라인드)	밝은색	0.4
보통 복층유리	없음	0.9
	밝은색	0.6
	중간색	0.7
외측 흡열 / 내측 보통	없음	0.75
	밝은색	0.55
	중간색	0.65
외측 보통 / 내측 거울	없음	0.65

나) 전도 열부하

유리창을 통과하는 전도열은 다음의 식에 의해 구하며 냉방부하의 계산에서만 고려한다. 유리의 열관류율은 [표 2-6]과 같다.

$$q_n = K \times A \times \Delta t_n \quad (\text{식 2-2})$$

q_n : 유리면 전도열부하 [kcal/h]

K : 유리면 열관류율 [kcal/m²·h·°C]

A : 유리창 전면적 [m²]

Δt_n : 내외온도차 [°C]

[표 2-6] 유리의 열관류율[kcal/m²·h·°C]

종류	열관류율	종류	열관류율
단층유리(여름)	5.11)	유리블록(평균)	2.7
단층유리(겨울)	5.52)	흡열유리	
복층유리		글루페인 3~6mm	5.72)
공기층 6mm	3.0	그레이페인 3~6mm	5.72)
공기층 13mm	2.6	그레이페인 8mm	5.42)
공기층 20mm	2.7	서모페인 12mm	3.02)

주) 1) 평균풍속 : 3.5[m/s], 2) 평균풍속 : 7[m/s]

2) 구조체 부하

외벽 지붕을 통과하여 침입하는 냉방부하는 다음 식을 이용해서 구한다.

$$q_n = K \times A \times ETD_n \quad (\text{식 2-3})$$

q_n : 벽체 관류열부하 (복사+전도열) [kcal/h]

K : 벽체의 열관류율 [kcal/m²·h·°C]

A : 벽체의 면적[m²]

ETD_n : 상당온도차 [°C]

가) 열관류율

다음 식에 의한 열관류율 K 는 단위시간, 단위온도차, 단위면적당의 관류열량을 표시한다. n 개의 복수재료 층으로 구성되어진 벽체의 경우 다음 식과 같다.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \frac{1}{a} + \frac{1}{c} + \frac{d_1}{\lambda_1} + \frac{d_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{d_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_0}} \quad (\text{식 2-4})$$

K : 열관류율 [kcal/m²·h·°C]

α_i, α_o : 벽체의 실내측 및 실외측 표면열전달률 [$\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$]

c : 열전달률 [$\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$]

λ : 구조체를 구성하는 각 재료의 열전도율 [$\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$]

d : 구조체를 구성하는 각 재료의 두께 [m]

나) 상당온도차

상당외기온도차는 구조체를 통해 실내로 전달되는 일사열의 영향을 반영한 온도차로 상당온도차의 값은 계절, 시각, 방위, 구조체에 따라서 달라지므로 대상이 되는 구조체 형태, 단면구성에 따라 다르므로 구조체에 적합한 값을 찾아 적용한다.

3) 내부칸막이 부하

실내에 있는 비공조실과 접한 벽, 바닥, 천장을 통과하는 열부하는 다음 식에 의해 구한다.

$$q = K \times A \Delta t \quad (\text{식 2-5})$$
$$\Delta t = r(t_o - t_r)$$

K : 벽체의 열통과율 [$\text{kcal}/\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}$]

A : 벽체의 면적 [m^2]

r : 인접공간 온도차 계수 (일반적으로 냉방시 0.4)

t_o : 외기온도 [$^\circ\text{C}$]

t_r : 공조실 온도 [$^\circ\text{C}$]

4) 틈새바람 부하

틈새바람의 풍량을 계산하는 방법은 환기회수법, 극간길이법, 외벽면적법이 있으며 환기회수법에 의한 방법은 아래의 식을 이용하여 틈새바람의 풍량 Q_i 를 구할 수 있다.

$$Q_i = n \times V \quad (\text{식 2-6})$$

Q_i : 극간풍 풍량 [m^3/h]

n : 환기회수 [회/h]

V : 공간의 체적 [m^3]

[표 2-7] 틈새바람에 의한 회기회수 n [회/h]

건축구조	환기회수 n	
	난방시	냉방시
콘크리트(대규모 건축)	0~0.2	0
콘크리트(소규모 건축)	0.2~0.6	0.1~0.2
양식 목조	0.3~0.6	0.1~0.3
일식 목조	0.5~1.0	0.2~0.6

또, 틈새바람에 의한 부하는 아래의 식에 의해 구한다.

$$q_{is} = C_p \times \gamma \times \Delta t \times Q_i \quad (\text{식 2-7, 8})$$

$$q_{iL} = r \times \gamma \times \Delta x \times Q_i$$

q_{is} : 극간풍에 의한 현열부하 [kcal/h]

q_{iL} : 극간풍에 의한 잠열부하 [kcal/h]

C_p : 공기의 정압비열 (=0.24) [$\text{kcal/kgf(DA)} \cdot ^\circ\text{C}$]

γ : 물의 증발잠열 (=0.597) [kcal/g]

Δt : 실내외 건구온도차 [$^\circ\text{C}$]

Δx : 실내외 절대습도차 [kgf/kgf(DA)]

5) 실내발열 부하

실내발열 부하는 조명기구, 인체, 장비·기구 등에서 발생한 열에 의한 것으로 이는 하절기 냉방시의 냉방부하가 된다.

가) 조명부하

조명부하의 근거가 되는 조명용 전력은 조명계획이 완료되어 있는 경우 계획 내용에 따라 계산하며 계획의 확정되지 않았을 때에는 용도별로 조도, 조명기구 형식을 근거로 계산하는 것이 바람직하다. 조명부하의 계산식은 다음과 같다.

$$q_E = (1 - a)f \times W \quad (\text{식 2-9})$$

q_E : 단위바닥면적당 냉방부하 [kcal/m²·h]

W : 단위면적당 조명용 전력 [W/m²]

a : 흡입형 트로퍼 조명기의 열 제거율

f : 환산계수

[표 2-8] 인원·조명 산출용 참고 값

실 종류	인원 [㎡/인]	조명 [W/㎡]
일반 사무실	5.0	20~30
은행 영업실	5.0	60~70
식 당	1.5	20~30
상 점	3.0	25~35
호텔 로비	6.5	20~40
호텔 객실	18.0	15~30
백 화 점(평균)	3.0	25~35
극 장	0.5	-

[표 2-9] 실내조도와 조명용 전력의 개략치[W/m²]

분류		조도		조명전력	
		일반	고급	일반	고급
사무소	사무실 은행영업장	400~500	700~800	20~30	50~55
		750~850	1000~1500	60~70	70~100
극장	관객석 로비	100~150	150~200	10~15	15~20
		150~200	200~250	10~15	20~25
상가		500~600	800~1000	30~40	55~70
백화점 슈퍼마켓	1층, 지하 2층 이상	800~1200		80~100	
		600~1000		60~80	
학교	교실	150~200	250~350	10~15	25~35
병원	병실 진료실	100~150	150~200	8~12	15~20
		300~400	700~1000	25~35	50~70
호텔	객실 로비	80~150	80~150	15~30	15~30
		100~200	100~200	20~40	20~40
공장	작업실	150~250	300~450	10~20	25~40
주택	거실	200~250	250~350	15~30	25~35

나) 인체발열부하

인체에 의한 발열성분에는 인체표면에서 대류와 복사에 의해 발산되는 현열과 땀·호흡 등으로 체외로 배출되는 잠열이 있으며 다음의 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$q_{HS} = N \times h_s \quad (\text{식 2-10, 11})$$

$$q_{HL} = N \times h_L$$

q_{HS} : 현열량

q_{HL} : 잠열량

h_s : 발생현열량

h_L : 발생잠열량

[표 2-10] 인체에서의 발생 열량[kcal/h·인]

작업 상태	실온		28		26		24	
	적용 장소	전 발열량	현열	잠열	현열	잠열	현열	잠열
정좌	극장	80	40	40	48	32	52	28
가벼운 작업	학교	91	41	50	48	43	55	36
사무실 안에서의 가벼운 보행	사무소·호텔·백화점	102	41	61	49	53	56	46
앉은 동작	식당	125	43	82	56	69	64	61
보행	공장의 중작업	227	61	166	57	152	87	140

다) 기기발열부하

실내기구·장치에서의 발열량은 [표 2-11]을 참고한다.

[표 2-11] 조명기구 전기기구의 발생열량

종류	발열량
백열등 전열기	860 kcal/h
형광등(20W, 30W)	1,030 kcal/h
형광등(40W)	970~1,020 kcal/h
형광등(40W 래피드형)	970~1,100 kcal/h
메탈할라이드(메탈할로겐)등	900~980 kcal/h
고압 나트륨등	900~1,040 kcal/h
수은등	900~1,070 kcal/h
냉장고·선풍기 등(kw 당)	
0~0.4kw	1,400 kcal/kW
0.4~3.7kw	1,100 kcal/kW
5.5~17kw	1,000 kcal/kW
복사기	180~480 kcal/대

2.2.3 난방부하 계산

1) 유리면 부하

유리면의 투과일사부하는 난방부하에 있어서 난방부하를 줄여주는 여유율쪽에 해당되므로 일반적으로 무시하며 유리면의 관류열 부하는 냉방부하와 같은 방법으로 구한다.

2) 구조체 부하

가) 외벽 지붕

$$q_T = K \times k_1 \times k_2 (t_r - t_o - \Delta t_a) A \quad (\text{식 2-12})$$

q_T : 관류에 의한 손실열량 [kcal/h]

k_1 : 방위계수

k_2 : 천장 높이에 따르는 환증계수

K : 벽의 열관류율 [kcal/m²h°C]

Δt_a : 대기복사에 의한 외기온도에 대한 증가분 [°C]

t_r, t_o : 실내, 실외온도

A : 벽, 지붕, 유리의 면적 [m²]

[표 2-12] 방위계수 k_1

방위	N·NW·W	SE·E·NE·SW	S
k_1	1.1	1.2	1.0

나) 지면에 접하는 바닥 콘크리트 또는 지하층 주변벽의 열손실

열손실량 q_{TB} 는 주변길이 l_p 당의 열손실량 kp [kcal/m·h·°C]를 사용하여 계산한다.

$$q_{TB} = k_p l_p (t_r - t_o) \quad (\text{식 2-13})$$

또 지하층 바닥면과 지하 2.4m 이상의 지하층 주변 벽은 [표 2-13]에 표시하는 열 관류율 K_B 와 그 면적 A_B [m²]를 사용하여 다음 식으로 계산한다.

t_g 는 지중온도를 표시한다.

$$q_{TB}' = K_B \cdot A_B (t_i - t_g) \quad (\text{식 2-14})$$

k_p , K_B , 지하 3, 5, 10m의 지중온도 t_g 의 값을 표 2-13, 표 2-14에 표시한다.

[표 2-13] k_p , K_B 의 값

지면부터의 깊이[m] k_p [kcal/m·h·°C]	+0.6(지상) 1.34	0 0.89	-0.6(지하) 1.12
	지하층바닥면		
K_B [kcal/m·h·°C]	0.244		
지면부터의 깊이[m] k_p [kcal/m·h·°C]	-1.2(지하) 1.34	-1.8(지하) 1.56	-2.4(지하) 1.79
	지하층벽면으로서 지하 2.4m이하 부분		
K_B [kcal/m·h·°C]	0.391		

[표 2-14] 난방설계용 지역별 지중온도

지명	월평균 지표면 온도		동결심도	깊이에 따른 지중온도(1월)		
	최저	최고		0.5m	2m	3m
서울	-2.5	27.0	77	-0.2	5.6	8.1
인천	-1.3	27.0	65	-1.0	6.0	8.3
대전	-0.7	27.2	87	-2.1	5.6	8.2
대구	-0.1	28.9	59	-0.7	6.9	9.4
울산	2.4	28.4	37	0.9	7.9	11.0
광주	1.3	28.7	42	0.9	7.8	10.2
부산	3.0	28.4	7	2.8	9.1	11.2
제주	4.9	30.1		5.9	11.6	13.5

3) 내부칸막이 부하

$$q = K \times A \Delta t$$
$$\Delta t = r(t_r - t_o)$$

(식 2-15)

r : 인접실 온도차 계수

t_o : 외기온도 [°C]

t_r : 공조실온도 [°C]

인접실이 고온의 경우 난방부하의 안전측에 해당되므로 무시한다. 다만 운전 시간대가 다르거나 인접실에서의 발열이 기대되지 않는 경우에는 내부칸막이 부하로 계산한다.

4) 틈새바람 부하

냉방부하와 동일하게 계산한다.

5) 실내발열 부하

실내발열은 일반적으로 부하의 안전 측에 해당되므로 고려하지 않는다.

2.2.4 장치부하 계산

1) 장치부하

장치부하는 다음 식에 의해 구한다.

$$q_T = q_S + q_L + q_F + q_D + q_R$$

(식 2-16)

q_T : 장치부하 [kcal/h]

q_S : 실내현열부하 [kcal/h]

q_L : 실내잠열부하 [kcal/h]

q_F : 외기부하 [kcal/h]

q_D : 덕트에 의한 열부하* [kcal/h]

q_B : 송풍기 부하* [kcal/h]

q_R : 재열부하* [kcal/h] (*난방부하는 계산하지 않음)

장치부하의 요소는 공조시스템에 따라 다르며 덕트계통에서의 열부하 ($q_D + q_B$)는 일반적으로 실내 현열부하에 대해 몇 %와 같이 간략하게 구한다. 예를 들면 급기덕트가 짧은 경우는 5%, 일반의 경우 10%, 고속덕트 등과 같이 송풍기 정압이 높은 경우 15%로 구한다.

상세히 검토하는 경우는 덕트 재료통과 열부하량을 계산하고, 송풍기에 의한 부하의 계산은 [표 2-15]를 참고한다. 코일의 능력은 코일 내·외면에 오염물질의 부착 등으로 인한 열 교환성능의 저하와 장래의 부하 증가에 대비하여 10~15%의 여유를 두는 것이 바람직하다.

2) 외기 부하

냉난방 부하계산 시 외기부하는 (식 2-17)의 엔탈피 값을 이용하여 구한다.

$$q_F = r \cdot Q_F \cdot \Delta h (1 - \eta) \quad (\text{식 2-17})$$

현열, 잠열을 구분하면 다음과 같다.

$$q_{FS} = C_p \cdot \gamma \cdot \Delta t \cdot Q_F (1 - \eta) \quad (\text{식 2-18})$$

$$q_{FL} = r \cdot \gamma \cdot \Delta x \cdot Q_F (1 - \eta) \quad (\text{식 2-19})$$

$$q_F = q_{FS} + q_{FL} \quad (\text{식 2-20})$$

Q_F : 외기량[m³/h]

q_F : 외기부하(전열) [kcal/h]

q_{FS} : 외기부하(현열) [kcal/h]

q_{FL} : 외기부하(잠열) [kcal/h]

γ : 공기의 비중량(=1.2) [kgf(DA)/m³]

C_p : 공기의 정압비열(=0.24) [kcal/kg(DA)°C]

r : 물의 증발잠열(0.597) [kcal/g]

Δh : 실내의 엔탈피 차 [kcal/kg(DA)°C]

Δt : 실내외 건구온도차 [°C]

Δx : 실내외 절대습도차 [kgf/kgf(DA)]

η : 배기회수율을 고려한 전열교환기 효율

증기가습방식의 경우 q_{FL} 은 열원부하는 되나 공조기 가열코일 부하는 되지 않음에 주의하여야 한다.

3) 덕트재료 통과 열부하

덕트에 의한 열부하는 덕트재료(보온재포함)를 통한 손실 열량과 공기누설에 의한 손실이 있다. 전자는 덕트재료의 열통과율, 덕트길이, 덕트 표면면적 등에 의해 정상 전열식으로 계산가능하나 계산이 복잡하여져 일반적으로 실내 현열 부하에 대하여 1~3%정도 추정한다.

덕트에서의 누설은 시공의 정밀도에 따라 크게 차이가 있으나 평균 5%정도 많은 경우 10%되는 경우도 있으므로 무시해서는 안 되며 누설에 대하여는 송풍량을 여유있게 하여 대응하여야 한다. 다만 덕트에서 누설은 공조실 통과 부분에 대한 손실은 무시하고 비공조실 통과 부위에 대한 손실만 고려하며 이에 대한 풍량 할증율을 설정한다.

4) 송풍기부하

송풍기의 발열량은 [표 2-15]와 같이 송풍기 전압이 높은 경우에는 실내 현열부하의 10% 이상이 되기도 한다.

5) 재열부하

재열부하의 유무와 크기는 공조시스템에 따라 다르므로 공기선도상의 주기를 검토하여 재열 부하를 계산한다. 그 외에 흡입 트로퍼의 제거열은 여기에 포함한다.

[표 2-15] 송풍기에 의한 열 부하(실내 현열에 대한 %임)

송풍기전압 [mmAq]	실온과 급기온도차[°C]					
	5	7.5	10	12.5	15	17.5
15	1.5	1.1	0.8	0.7	0.6	0.5
20	2.3	1.6	1.2	0.9	0.8	0.7
25	3.0	2.0	1.5	1.2	1.0	0.9
30	3.9	2.7	2.0	1.5	1.3	1.2
40	5.1	3.7	2.7	2.2	1.8	1.5
50	6.7	4.7	3.5	2.8	2.3	2.0
75	11.0	7.7	5.8	4.6	3.9	3.3
100	16.7	11.5	8.5	6.9	5.5	4.8
125	20.5	14.0	10.4	8.6	7.2	6.2
150	27.0	19.0	13.6	11.0	9.0	7.8
200	-	28.0	21.2	17.2	14.2	12.3

2.2.5 열원부하 계산

1) 열원부하

가) 열원부하

열원부하는 다음 식에 의해 구한다.

$$q_{RM} = q_T + q_P + q_{PM} + q_{SA} \quad (\text{식 2-21})$$

q_{RM} : 열원부하[kcal/h]

q_T : 장치부하[kcal/h]

q_P : 배관의 열손실[kcal/h]

q_{PM} : 펌프부하*[kcal/h]

q_{SA} : 장치 축열부하[kcal/h] (* 난방부하 계산 시에는 포함하지 않음)

배관계의 열부하와 장치 축열부하($q_P + q_{PM} + q_{SA}$)는 일반적으로 장치부하의 2~3% 정도로 하며 상세하게 검토하는 경우는 아래의 내용을 참고한다.

나) 공조조닝과 열원부하

대규모 건물에는 다수의 공조존을 하나의 열원 시스템으로 담당하며 각기

존의 부하변동 패턴은 동일하지 않다. 따라서 열원부하는 각 공조존 최대부하의 합계치가 아니라 각 존 부하를 매 시간마다 집계하여 이의 최대치를 기초로 하여 결정한다.

2) 배관재 통과 열부하

배관에서 주위로의 단위길이 당 열손실은 다음 식에 의하여 구한다.

$$q_p = (t_1 - t_r) / R \quad (\text{식 2-22})$$

$$R = \frac{1}{2\pi} \left\{ \frac{1}{r_0 \cdot \alpha_1} + \frac{1}{\lambda_0} \ln\left(\frac{r_1}{r_0}\right) + \frac{1}{\lambda_1} \ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right) + \dots + \frac{1}{\lambda_n} \left(\frac{r_n + 1}{r_n}\right) + \frac{1}{n + 1 \cdot \alpha_2} \right\} \quad (\text{식 2-23})$$

q_p : 단위길이당 배관으로부터의 열손실[kcal/m·h]

t_1, t_r : 배관내 온도·주위온도[°C]

R : 배관의 관류열저항[m·h·°C/kcal]

α_1, α_2 : 배관내·외측의 표면 열전달률[kcal/m·h·°C]

$r_0 \cdot r_1$: 원관의 내외반경[m]

r_n : 각 보온재의 외반경[m]

λ_0 : 배관의 열전도율[kcal/m·h·°C]

λ_n : 각 보온재의 열전도율[kcal/m·h·°C]

통상 내부유체가 물·포화증기이고 배관재가 금속인 경우 $\frac{1}{r_0 \cdot \alpha_1}$ 과 $\frac{1}{\lambda_0} \ln\left(\frac{r_1}{r_0}\right)$ 는 0으로 한다.

3) 펌프의 부하

펌프가 소비하는 에너지는 전량 배관대의 물에 전달되어지므로 송풍기와 같이 다음 식에 의해 구한다.

$$q_{PM} = 860 \times \frac{r \times Q \times H}{\eta_p \times 6120} \quad (\text{식 2-24})$$

q_{PM} : 펌프에서의 열부하 [kcal/h]

r : 물의 비중량[kg/m³]

Q : 수량[m³/min]

H : 양정 [m]

η_p : 펌프효율

4) 장치축열부하

장치축열부하는 다음 식에 의해 구한다.

$$q_{SA} = C_W \cdot (t_{W1} - t_{W2}) / \Delta\tau + C_A \cdot (t_{A1} - t_{A2}) \Delta\tau \quad (\text{식 2-25})$$

q_{SA} : 장치축열부하

C_W : 기기와 배관의 열용량

C_A : 공조계통(덕트 등)의 열용량

t_{W1}, t_{A1} : 각기 운전개시전의 장치 내 수온과 덕트 내 공기온도 [°C]

t_{W2}, t_{A2} : 각기 정상운전 후의 장치 내 수온과 덕트 내 공기온도 [°C]

$\Delta\tau$: 장치의 예냉 또는 예열시간

배관 내의 t_{W1} 은 배관계의 평균을 이용하여 [표 2-17]으로부터 구한다. 냉동기 내의 t_{W1} 은 배관계의 t_{W1} 와 같은 값으로 한다. 야간의 보일러실의 공기온도와 운전시의 보일러 내의 증기 또는 온수의 온도는 평균온도를 택하며 덕트 내의 t_{A1} 은 주위온도와 같은 온도로 하며(여름 : 28°C 전후, 겨울 : 20°C 전후) t_{A2} 는 공조시의 송풍온도로 한다. C_W 와 C_A 는 열원장치, 공조장치의 내용에 따라 많은 차이가 있으나 각종 건물로부터의 통계적으로 구한 값은 [표 2-16]과 같다.

[표 2-16] 연면적당 장치의 열용량(보온재·물포함) ($kcal/m^2 \cdot ^\circ C$)

C_W	냉동기 또는 보일러	배관	합계
냉방시	0.08	0.87	0.95
난방시	0.96	0.57	1.53
C_A	공조기	덕트	합계
	0.06	0.57	0.63

[표 2-17] 예열 예냉개시시의 배관내 수온 $t_{w1}[^\circ C]$

	운전정지시간[h]	배관 평균 관경(A)			
		100	150	200	250
예냉	12	26.1	22.8	20.3	18.5
	14	26.7	24.0	21.4	19.5
	16	27.1	24.7	22.4	20.5
예열	12	22.9	27.8	31.6	34.3
	14	22.0	26.0	29.9	32.7
	16	21.4	24.9	28.4	31.3

조건 : 냉방시 $t_W=8^\circ C$, $t_A=28^\circ C$
 난방시 $t_W=50^\circ C$, $t_A=20^\circ C$
 압면 50mm 보온으로 한다.

2.3 건축물의 냉방부하 계산 사례 검토

여름철, 건축물의 냉방부하 계산 시에 고려되는 요소 중 하나인 일사에 의한 부하는 벽, 지붕, 창으로 구분되나 주로 유리창을 통해서 들어오게 되며 이렇게 창을 통해 들어오는 일사 성분은 크게 직달 일사, 반사 일사, 천공 일사 3가지로 나누어 볼 수 있다.

본 논문에서는 위 3가지 종류의 일사 성분 가운데 반사 일사량에 주목하였으며, 그 중에서도 특히 수면에 반사되는 일사의 양이 지면에 반사되는 일사의 양에 비해 클 것으로 예측, 수면을 접하고 있는 지역 건축물의 냉방부하에 많은 영향을 미칠 것으로 보고 있다.

따라서 대상 건축물의 사례 검토를 내륙지역과 워터프론트 지역으로 구분 하였으며 다양성을 위해 문화 및 집회시설 2곳, 교육 및 연구시설 1곳, 종합도매 시장 1곳, 공동주택 대단위 APT 1곳을 선정하였다. 또한 하나의 지역에만 국한되는 것이 아닌 부산, 울산, 대구 3개 지역의 사례를 선정하였으며 특히 워터프론트 지역 사례지의 경우 직접적으로 바다에 인접하고 있는 장소로 제한, 선정하여 수면에 반사되는 일사의 양에 대한 특별한 고려가 포함되었는지에 대해 주목하였다.

현재 여름철, 일사에 의한 냉방부하 계산 시 유리창을 통해서 들어오게 되는 표준 일사열 취득에 관한 값은 다음의 [표 2-18]을 참조하여 계산을 하고 있다. [표 2-18] 계절별(대표일), 방위별, 시각별로 구분되어 있으나 내륙지역과 워터프론트 지역의 구분은 없는 실정이며 [표 2-19]의 경우는 유리의 존 유형에 따른 일사 냉방부하를 나타낸다.

[표 2-18] 여름철, 유리창에서의 표준 일사열 취득

하계, 7월 23일 (kcal/m ² ·h)											
방 위	시						각				
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
수평	243	440	602	732	816	844	816	732	602	440	243
N 그늘	53	33	40	45	49	50	49	45	40	33	53
NE	447	406	277	117	49	50	49	45	40	33	24
E	554	573	506	363	159	50	49	45	40	33	24
SE	323	339	412	363	255	120	49	45	40	33	24
S	24	38	62	117	164	181	164	117	62	33	24
SW	24	38	40	45	49	120	255	363	412	399	323
W	24	38	40	45	49	50	159	363	506	573	554
NW	24	38	40	45	49	50	49	117	277	406	447

주)일본 공기조화, 위생공학, Vol.46 No.3, 유리창에서의 표준 일사열 취득

[표 2-19] 존 유형A에서의 유리창에 의한 일사 냉방부하

북위 36° 지역, 하계, 7월 21일 (kcal/m ² ·h)											
방 위	시						각				
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
N	83	75	87	98	105	108	111	105	98	87	89
NE	349	427	341	227	157	135	122	111	100	87	70
E	414	498	492	419	290	181	146	122	105	89	70
SE	243	338	384	379	321	232	157	129	108	92	73
S	46	65	98	143	189	216	213	183	141	103	78
SW	46	65	81	94	103	154	243	330	381	389	344
W	46	65	81	94	103	108	178	311	430	508	517
NW	46	65	81	94	103	108	108	152	251	349	400
수 평	178	325	463	581	665	754	716	679	679	482	335

주)대한설비공학회 저, 2011, 설비공학편람. 제2권, 대한설비공학회

2.3.1 내륙지역 사례 검토

내륙지역의 사례분석을 위해서 대구에 위치하고 있는 A과학관, 울산에 위치하고 있는 B차량 부품센터, C유통단지 3곳을 선정해서 분석하였다. 각 사례지의 설계 개요는 다음의 [표 2-20], [표 2-22], [표 2-25]와 같으며 [표 2-23], [표 2-26]은 존 유형A에서의 유리창에 의한 일사 냉방부하를 나타낸다.

1) A과학관(과학관동)

A과학관의 설계 개요는 다음의 [표 2-20]과 같으며 유리창을 통해 들어오는 일사에 의한 냉방부하는 [표 2-21]과 같다. [표 2-21]은 안전율 10%가 고려된 값이다.

[표 2-20] A과학관 설계 개요

구분	내용	
프로젝트 이름	국립A과학관(과학관동)	
건물 위치	대구광역시	
건설 규모	건축면적(㎡)	15,226
	연면적(㎡)	21,154
	층수(동수)	지하1층 ~ 지상3층
위도 / 일교차	위도 : 35.6 °N / 일교차 : 9°C	
태양 적위	12.3° (8월 21일)	
적용 태양 시	9, 11, 13, 15, 17, 19 (h)	
유리 특성	관류율(K) (kcal/㎡·h)	3.8
	차폐계수(SC)	0.71

[표 2-21] A과학관, 유리를 통한 냉방부하 (kcal/h)

시각	9	11	13	15	17	19
태양 고도(°)	47.7	65.7	60.7	39.2	14.8	-9.1
태양 방위(°)	-68	-23	44	76	95	112
냉방 부하 (kcal/h)						
면적 1,269.0(㎡)	113,396	121,140	132,197	228,315	263,328	67,378
단위 면적 (kcal/㎡·h)	89.1	95.1	104.5	179.9	207.5	53.1

2) B차량 부품센터

B차량 부품센터의 설계 개요는 다음의 [표 2-22]와 같다. 유리창을 통해 들어오는 일사에 의한 냉방부하는 [표 2-24]와 같으며 이는 안전율 10%가 고려된 값이다. [표 2-23]은 건축물 대상지역에서 존 유형A의 창을 투과하는 일사량에 관한 값이다.

[표 2-22] B차량 부품센터

구 분	내 용	
프로젝트 이름	B차량 부품센터	
건 물 위 치	울산광역시	
건 설 규 모	건축면적(㎡)	6,590.51
	연 면 적(㎡)	16,491.76
	층수(동수)	지하1층 ~ 지상3층
위도 / 일교차	위도 : 35.5 °N / 일교차 : 9°C	
적용 태양 시	20.6 (7월 21일)	
태 양 적 위	9, 11, 13, 15, 17, 19	
유 리 특 성	관류율(K) (kcal/㎡·h)	2.67
	차폐계수(SC)	0.58

[표 2-23] B차량 부품센터,

존 유형A에서의 유리창에 의한 일사 냉방부하 (kcal/m²·h)

방 위	시각					
	9	11	13	15	17	19
N	86.8	105.8	111.3	97.7	89.6	32.6
NE	325.5	157.4	122.1	100.4	70.6	19.0
E	493.7	290.3	146.5	105.8	70.6	19.0
SE	385.2	322.8	157.4	108.5	73.3	19.0
S	97.7	189.9	214.3	141.1	78.7	19.0
SW	81.4	103.1	244.1	382.5	344.5	86.8
W	81.4	103.1	179.1	431.3	518.1	143.8
NW	81.4	103.1	108.5	252.3	401.5	116.7
수 평	463.8	667.3	718.8	599.4	336.4	76.0

[표 2-24] B차량 부품센터, 유리를 통한 냉방부하 (kcal/h)

시 각	9	11	13	15	17	19
태양 고도(°)	48.0	70.1	70.1	48.0	23.7	0.4
태양 방위(°)	-82	-45	45	82	99	115
냉방 부하 (kcal/h)						
면 적 86.0(㎡)	5066.9	10806.6	12853.2	9114.7	5563.7	1858.5
단 위 면 적 (kcal/m ² ·h)	58.9	125.7	149.5	106.0	64.7	21.6

3) C유통단지

C유통단지의 설계 개요는 설계 개요는 다음의 [표 2-25]와 같다. 유리창을 통해 들어오는 일사에 의한 냉방부하는 [표 2-27]과 같으며 이는 안전율 10%가 고려된 값이다. [표 2-26]은 건축물 대상지역에서 존 유형A의 창을 투과하는 일사량에 관한 값이다.

[표 2-25] C유통단지

구분	내용	
프로젝트 이름	C유통단지	
건물 위치	울산광역시	
건설 규모	건축면적(㎡)	13,368.32
	연면적(㎡)	45,099.86
	층수(동수)	지하1층 ~ 지상3층
위도 / 일교차	위도 : 37.34 °N, 일교차 : 8°C	
적용 태양 시	20.6 (7월 21일)	
태양 적 위	9, 11, 13, 15, 17, 19	
유리 특성	관류율(K) (kcal/㎡·h)	2.4
	차폐계수(SC)	0.61

[표 2-26] C유통단지,

존 유형A에서의 유리창에 의한 일사 냉방부하 (kcal/m²·h)

방위	시각					
	9	11	13	15	17	19
N	86.8	105.8	108.5	97.7	89.6	32.6
NE	320.1	154.6	122.1	100.4	70.6	19.0
E	493.7	287.5	143.8	105.8	70.6	19.0
SE	390.6	330.9	160.1	111.3	73.3	19.0
S	100.4	200.8	225.2	146.5	78.7	19.0
SW	81.4	103.1	252.3	390.6	347.2	86.8
W	81.4	103.1	179.1	431.3	518.1	143.8
NW	81.4	103.1	108.5	246.9	398.7	119.4
수평	463.8	664.5	713.4	596.7	336.4	76.0

[표 2-27] C유통단지, 유리를 통한 냉방부하 (kcal/h)

시 각	9	11	13	15	17	19
태양 고도(°)	47.7	68.8	68.8	47.7	24.0	1.2
태양 방위(°)	-80	-42	42	80	98	115
냉방 부하 (kcal/h)						
면 적 16.8(m ²)	890	1,084	1,112	1,001	918	334
단 위 면 적 (kcal/m ² ·h)	57.0	76.8	86.1	81.7	74.9	32.2

유리창을 통해 들어오는 일사에 의한 냉방부하는 각 사례지 별로 [표 2-21], [표 2-24], [표 2-27]과 같으며 3개의 사례 모두 공통적으로 전체 냉방부하에 대하여 안전율 10%가 추가적으로 고려되어있다.

2.3.2 워터프론트 지역 사례 검토

워터프론트 지역의 사례분석을 위해서 부산에 위치하고 있는 D박물관, E대규모 아파트 단지 2곳을 선정해서 분석하였다.

각 사례지의 설계 개요는 다음의 [표 2-28], [표 2-30]과 같으며 유리창을 통해 들어오는 일사에 의한 냉방부하는 각각 [표 2-29], [표 2-31]과 같으며 2개의 사례 모두 공통적으로 전체 냉방부하에 대해 안전율 10%가 추가되어있으며 별도로 부하계산 시 워터프론트 지역이라는 특수 사항에 대한 고려는 없는 것으로 나타났다.

[표 2-28] D박물관 설계 개요

구 분	내 용	
프로젝트 이름	D박물관	
건 물 위 치	부산광역시	
건 설 규 모	건축면적(m ²)	15,119.59
	연 면 적(m ²)	26,674.63
	층수(동수)	지하1층 ~ 지상4층
위도 / 일교차	위도 : 35.1 °N / 일교차 : 9°C	
태 양 적 위	20.6 (7월 21일)	
적용 태양 시	8, 10, 12, 14, 16, 18	
유 리 특 성	관류율(K)(kcal/ m ² ·h)	1.77

[표 2-29] D박물관, 유리를 통한 냉방부하 (kcal/h)

냉방 부하 (kcal/h)						
시 각	8	10	12	14	16	18
면 적 4,072.2 (㎡)	239651.2	227361.3	215816.8	205628.6	175336.4	104815.8
단 위 면 적 (kcal/m ² ·h)	58.85	55.83	53.0	50.50	43.06	25.74

2) E아파트

D박물관의 설계 개요는 다음의 [표 2-30]과 같으며 유리창을 통해 들어오는 일사에 의한 냉방부하는 [표 2-31]과 같다. [표 2-31]은 안전율 10%가 고려된 값이다.

[표 2-30] E아파트 설계 개요

구 분	내 용	
프로젝트 이름	E아파트 신축공사	
건 물 위 치	부산광역시	
건 설 규 모	건축면적(㎡)	46,522.15
	연 면 적(㎡)	666,123.80
	층수(동수)	지하2~4층 / 지상23~47층
위도 / 일교차	위도 : 35.1 °N / 일교차 : 9°C	
태 양 적 위	20.6 (7월 21일)	
적용 태양 시	9, 11, 13, 15, 17	

[표 2-31] E아파트, 유리를 통한 냉방부하 (kcal/h)

냉방 부하 (kcal/h)						
시 각	7	9	11	13	15	17
면 적 358 (㎡)	27,810	14,634	22,665	27,994	27,126	30,052
단 위 면 적 (kcal/m ² ·h)	77.68	40.88	63.31	78.20	75.77	83.94

2.3.3 사례검토 결과

위의 사례지 5곳의 검토 결과, 내륙지역 및 워터프론트 지역의 건축물 모두 공통적으로 전체 냉방부하에 대하여 안전율로서 추가적으로 10%를 더하는 것을 알 수 있었으며 [표 2-18] 및 [표 2-19]의 값과 같은 기존의 값을 사용하는 것을 알 수 있었다.

즉, 현재의 부하계산은 내륙지역과 워터프론트 지역의 구분이 없음을 알 수 있었으며 이러한 계산방법은 해수면 반사일사량이 크다면, 여름철 냉방부하에 많은 영향을 미쳐 재실자의 쾌적한 환경 조성에 문제가 발생 할 수 있을 것이다. 따라서 워터프론트 지역의 건축물이나 해양건축물의 부하계산 시에는 해수면 반사일사량의 추가적인 계산을 통한 전체냉방부하 산정 또는 내륙지역과의 안전율(10%)을 동일하게 가져가는 것이 아닌 그 이상의 추가가 필요할 것으로 예상된다.



제 3 장 해양건축물의 부하계산

3.1 해양건축물의 개념 및 특징

최근 사회적, 산업적으로 해양에 대한 관심이 증가하면서 연안개발, 해양공간 개발, 해양자원개발 등 다양한 분야에서 해양건축물이 계획되거나 활용되고 있지만 국내에서는 여전히 해양건축물에 대한 명확한 개념이 정의되지 않은 생소한 용어이다.

한국해양학회(2005)에서는 “해양건축(Oceanic Architecture)이란 해양에서 인간의 활동 환경을 안전하고 쾌적하게 정비하는 행위를 말하며, 해양건축물(ocean structure)은 해양건축을 목적을 구현한 구조물을 말한다.”라고 정의하고 있으며, 일본건축학회(1998) 「해양건축계획지침」에서는 ‘해양건축’을 광의의 개념으로 바다가 가지는 고유의 자질 즉, 물리적 환경조건으로서 해상(海象), 기상(氣象), 지상(地象)조건에 영향을 주거나 이것으로부터 영향을 받는 인간의 생활, 생산, 경제, 역사 등의 총체적 활동을 의미하며 연안역 및 해양에서 인간이 이용하는 공간을 안전하고 쾌적하도록 계획·설계하여 정비하는 것이라고 하였다.

일반적으로 건축(建築)은 인간의 생활에 필요한 안전하고 쾌적한 공간이나 장소를 의미하거나 또는 이러한 공간이나 장소를 만드는 인간의 행위를 의미하며 이러한 행위를 통해 만들어진 구축물을 건축물(建築物)이라 할 수 있다.

따라서 해양건축은 해양 또는 연안²⁾에서 해양환경에 직접적인 영향을 받거나 해양환경에 영향을 미치는 인간의 총체적 활동을 쾌적하고 안전하게 영위할 수 있는 공간이나 장소를 정비 또는 만드는 행위를 의미하며 이러한 행위를 통해 만들어진 구축물을 해양건축물(海洋建築物)이라 할 수 있다.

2) 연안(沿岸)이란 바다·호수·하천 등과 접해 있는 육지 부분을 말한다.

해양건축물의 계획 또는 건설 시에는 해양건축의 목적을 명확히 하고 해상이나 기상의 상황을 파악하는 것은 물론 해양경관이나 생태계 등을 비롯한 해양환경에도 충분히 배려할 필요가 있다. 이를 위해 해양에 부담을 주는 여러 가지 영향을 함부로 확대시키지 않도록 해양개발의 대상이 되는 해양공간의 영역은 최소한으로 억제하는 것이 바람직하다.

이러한 정의에 따라 해양건축물을 용도별 이용목적에 따라 [표 3-1]과 같이 사회기반시설, 산업시설, 거주시설로 분류할 수 있으며 해양건축물의 사례를 [표3-2]와 같이 나타내었다.

[표 3-1] 해양건축물의 종류

구 분	이용목적	종 류
사회기반시설	교통시설	항만시설, 해상공항, 교통중계기지
	관측 및 감시	해양기상관측 및 감시시설
	연구시설	해양연구기지
	정보통신	텔레포트
산업시설	에너지 생산 및 저장	신재생에너지 플랜트, 해상발전소, 에너지비축기지, 해상저유소
	플랜트	각종 생산플랜트(해양플랜트)
	식량자원육성	어초, 해양목장
	자원채취	석유생산플랫폼
거주시설	레크레이션	마리나, 공원, 해상레스토랑, 낚시시설, 해중전망대, 해양레저기지
	도시	해양도시
	거주	커뮤니티시설, 해양주거시설, 해상호텔, 선박거주구

출처: 日本建築學會(1988), 海洋乾縮計劃指針

[표 3-2] 다양한 해양건축물의 사례

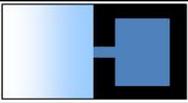
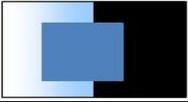
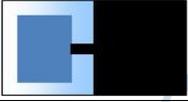
사회기반시설	
	
· 간사이국제공항 (교통 시설)	· 이어도 해양과학기지 (관측 시설)
산업시설	
	
· 해양플랜트 (플랜트)	· Energy Island (해상 발전소)
거주시설	
	
· Salt & Sill (해상 호텔)	· Floating Ecopolis (해양 도시)

출처:

- 1) http://article.joinmsn.com/news/article/article.asp?total_id=3339741&cloc=
- 2) <http://iftachkozik.wordpress.com/2012/08/24/seaorbiter-scientific-observation-vessel-by-jacques-rougerie/>
- 3) <http://www.aecc.co.in/Offshore.aspx#nogo>
- 4) http://www.rechargenews.com/energy/wave_tidal_hydro/article185357.ece
- 5) <http://www.saltosill.se>
- 6) <http://archinect.com/features/article/76244/showcase-lilypad-a-floating-ecopolis-for-ecological-refugees>

해양건축물은 일반 육상건축물과 달리 연안, 해역에 위치하기 때문에 바다와의 관계에 따라서 다양 [표 3-3]과 같이 분류할 수 있다. 또한 하부구조물의 구조형식에 따라서 [표 3-4]와 같이 분류할 수 있다.

[표 3-3] 배치형태에 따른 해양건축물의 분류

구분	배치형태	특성
육역독립형		건축물이 육역에 단독으로 위치하고 수역과 밀접한 관계를 맺고 있는 형태로 해상의 물리적 환경 변화에 직접적인 영향을 받지 않음
접안착지형		건축물의 일부가 수제선으로부터 해역으로 돌출되어 건축물의 일부가 해상 또는 해중에 설치되는 형태로 해양의 환경적 변화에 영향을 받음
접안접지형		건축물이 수상에 위치하고 일부가 육지에 접하고 있는 형태로 해양환경에 직접적인 영향을 받음
이안연결형		건물이 수상에 위치하고 잔교 등으로 육지에 연결되어 있는 형태로 해양환경에 직접적인 영향을 받음
이안독립형		건축물이 수역에 단독으로 위치하고 선박 등에 의해 육상과 연결되는 형태로 해양환경에 직접적인 영향을 받음

[표 3-4] 하부 구조형식에 따른 해양건축물의 분류

구분	배치형태	특성
부유식	부체식	기반면적이 크고 진동고유주기가 반잠수식에 비해 짧음 선박식과 바지식이 있으며 정온수역에서 수심의 깊이와 관계없이 이용할 수 있음
	반잠수식	기반면적이 작으나 무게중심이 낮고 수심이 비교적 깊고 파도가 큰 해역에 적합함 탑재 중량의 변화가 큰 용도에는 적합하지 않음
고정식	착저식	큰 부력을 이기는 중량이 요구되며 이동과 재설치가 가능 해저지반의 지내력이 풍부하고 평활한 곳에 사용
	말뚝식	상부구조물이 비교적 가벼운 건축물에 적당 말뚝을 지지할 수 있는 지반이 있을 시 수심에 크게 문제가 되지 않으나 수심이 깊으면 건설비용이 과다
	매립식	수심이 낮은 곳에서 대규모 면적이 필요할 경우 이용 매립지반의 침하, 액상화 등을 고려해야 하며 해류의 흐름 변화, 생태계 변화 등 기존 해양환경에 큰 영향을 미침

출처: 小林理市(2000), 해양건축물의 설계, 도서출판李集

해양건축물은 해양에 위치한다는 입지적 특성과 구조적 특성으로 인하여 파도, 해류, 바람, 염분, 지질 등과 같은 해양의 해상(海象), 기상(氣象), 지상(地象) 조건에 많은 영향을 받으며 이러한 자연환경은 해양건축물 자체의 거주 성능에 많은 영향을 미친다.

해양건축물은 해양에서 인간이 안전하고 쾌적하게 일상생활을 할 수 있는 공간을 제공해 주는 것을 목적으로 하고 있다. 따라서 해양건축에서는 구조물 자체의 안전뿐만 아니라 이용자들의 쾌적성에 대한 부분도 중요한 고려 대상이 되고 있다.

해양건축물의 쾌적성을 확보하는 방법은 여러 가지가 있을 수 있으나 효과적인 방법 중 하나가 실내 환경의 질을 높여 주는 것으로 육상의 환경과 다른 온습도 환경을 생활하기에 적합하도록 만들어 주는 것이다. 이를 위해 다양한 설비들이 해양건축물에 설치되는데 육상의 조건과 다른 해양의 조건에 적합한 부하계산 방법의 부재로 인해 냉난방 설비를 적정하게 설치하는데 어려움이 따른다. 육상의 건축물들이 주변 환경에 의해 바람, 일사 영향에 비교적 직접적으로 노출되지 않는 반면 해양에 위치하는 해양건축물들은 이러한 기후환경에 직접적으로 노출되는 경향이 있다. 특히 육상건축물에서는 고려하지 않는 수면반사광에 대한 고려가 필요하며 일반적으로 적용되는 부하계산법과는 다른 해양건축물에 적합한 새로운 방법에 대한 고려가 필요하다.

3.2 해양건축물 공조부하 계산방법 비교

연안역의 육역에 건설되는 해양건축물이나 해역에 고정형으로 건설되는 해양건축물은 일반 육상건축물과 큰 차이가 없지만 부유식 해양건축물은 선박에 가까운 바지위에 건축물을 세운 것으로 주로 연안에 계류되어 이용되지만 때에 따라서는 계류 장소를 이동하는 경우도 있다.

본 절에서는 일반 육상건축물과 큰 차이가 없는 해양건축물과 선박과 건축물의 중간적 성격을 가지고 있는 부유식 해양건축물의 부하계산 방법을 검토하기 위해 일반 육상건축물과 선박의 공조부하 계산법을 비교 분석하였다.

3.2.1 실내 및 외기 조건

[표 3-5] 선박의 부하계산을 위한 실내외 온습도 조건

구분	외기조건		실내조건		해수 온도 (°C)	적용항로	
	온도 (°C)	상대 습도 (%)	온도 (°C)	상대 습도 (%)			
야방	35	70	30	50	32 ³⁾	페르시아 만, 인도, 동남아시아	
	32		27			열대 해역	
	30		26			일반 해역	
야방 ¹⁾	35	H	27	(H-20)	32	페르시아 만에 정기적으로 취항하는 선박	
	32					30 ²⁾	인도, 파키스탄, 벵갈 만 및 열대지방 ²⁾ 에 정기적으로 취항하는 선박
	30					일반 해역	
난방	-20	-	20	-	-	북미	
	-10					유럽, 홋카이도	
	0					일반 해역	

1) 일본의 外航2船主團體와 日本海員組合과의 勞動協約書(1973.6)

2) 하계 냉각시의 해수온도는 32°C로 하지만 JIS F 0502, 1967 「船用熱交換機計劃上の海水溫度基準」에 준하여 근해구역에 대해 30°C, 연안구역에 대해 28°C로 하여도 좋다.

3) 열대지방은 북위 10°~남위 10°의 지역임

일반적으로 육상에 건축물을 건설할 경우 공조부하의 계산에 이용하는 외기 조건은 건축물의 이동이 없기 때문에 [표 2-3]에 나타난 건설대상지의 외기조건³⁾만을 생각하면 된다. 이에 비해 선박의 경우는 한 장소에 고정되어 이용되는 것이 아니라 정해진 항로를 따라 이동하기 때문에 항로상의 외기조건에 항상 대응할 수 있어야 된다. 따라서 선박의 공조부하의 계산에 있어서는 선박의 항로와 기항지 중에서 가장 큰 부하에 맞출 필요가 있으며 일반적으로 [표 3-5]에 나타내는 것과 같이 항로에 따른 외기조건⁴⁾으로 설정하여 공조부하를 계산한다.

또 육상건축물의 공조부하계산을 위한 실내조건은 [표 2-2]에 나타난 것과 같지만 선박의 경우는 [표 3-5]에 나타난 것과 같이 선박의 항로에 따라 실내조건을 설정하고 있다. 이에 비해 해양건축물은 특별히 부유체 위에 건설하고 계류장소를 이동하는 경우를 제외하면 연안역에 건설되거나 해상에 건설된다고 하더라도 장소의 이동이 없기 때문에 [표 2-2]와 [표 2-3]에 준하여 실내외조건을 설정하면 된다. 만일 장소이 이동이 있다면 이동할 장소들의 외기조건을 기준으로 부하계산을 하고 큰 값을 설비용량산정을 위한 부하로 사용할 필요가 있다.

한편, 육상건축물과는 달리 선박의 경우 냉각탑을 이용하지 않고 해수를 이용하여 냉각하기 때문에 [표 3-5]에는 냉방 시의 해수온도조건도 포함되어 있다. 따라서 해양건축물에서 냉각탑을 사용하지 않을 경우에는 대상지역의 해수온도도 고려해야 한다.

3.2.2 상당외기온도 및 인접실 온도

일반적인 육상건축물의 경우, 냉방부하를 계산할 때 일사의 영향을 고려하기 위해 상당외기온도를 사용하고 있으며 상당외기온도에 대해서는 지역 및 벽의 종류 벽의 방위 등에 따라 상세한 기준에 정해져 있다. 또한, 난방부하 계산에 있어서는 벽체의 방위에 따른 열손실의 차를 고려하기 위해 방위계수를 이용하고 있다. 이는 건설된 건축물은 방위가 변하지 않기 때문이지만 선박의 경우는

3) 건설교통부(2003), 고시 제2003-314호, 건축물의 에너지절약 설계기준

4) 造船テキスト研究會(1995), 新訂 商船設計の概要, 成山堂書店

항로의 이동, 기항지의 정박형태 등에 따라 일사의 영향을 받는 면이 달라지기 때문에 [표 3-2]에 나타내는 것과 같이 갑판과 강벽에 대해 일사에 대한 폭로유무로 간단히 설정되어 있다⁵⁾.

한편, 난방부하 계산에 있어서 인접실과의 온도차에 대해서는 인접실이 난방되고 있을 경우는 인접실과의 온도차가 없는 것으로 하며 난방이 되지 않을 경우는 외기온과 실내설정온도의 중간온도로 보고 계산한다. 또 냉방부하 계산에 있어서는 [표 3-3]에 나타낸 것과 같은 온도차를 적용한다⁶⁾. 그러나 선박의 경우는 인접구획의 온도를 [표 3-4]와 같이 설정하고 있다⁷⁾.

[표 3-6] 선박에서의 상당외기온도

장 소		냉방시(°C)	난방시(°C)
폭로 갑판		외기온도 + 25	외기온도
차양 갑판	어어닝에 의함	외기온도 + 7	
	구조체에 의함	외기온도 + 2	
폭로 강벽		외기온도 + 15	
차양 강벽		외기온도 + 2	

[표 3-7] 인접실과의 온도차(냉방부하계산)

인접실·상층·하층의 상태	Δt
인접실·상층·하층이 공조되고 있는데 저온일 때	0
인접실·상층·하층이 $t(^{\circ}\text{C})$ 일 때 ($t > \text{실온}$)	$t - \text{실온}$
인접실·상층·하층이 공조가 안 된 일반실·복도	$(\text{외기온} - \text{실온})/2$
인접실·상층·하층이 보일러실·주방일 때	15~20
지면상 바닥·바닥 밑에 통풍이 없는 바닥	0

5) 대한조선학회 편(2000), 선박의장, 동명사
 6) 김정태 외 4명 공저(2002), 건축설비시스템, 기문당
 7) 대한조선학회 편(2000), 선박의장, 동명사

따라서 연안역에 건설되는 해양건축물과 방위를 일정하게 설정한 부유식 해양건축물의 경우는 육상건축물과 동일하게 취급하면 되지만 부유식 해양건축물 중 이동이나 회전을 상정한 경우에는 모든 면을 부하가 가장 크게 되는 상당외기온도를 적용하는 것이 타당하다. 단, 해양건축물의 목적으로 선박을 계류하여 이용하는 경우에는 운항하는 선박과는 달리 벽체의 방위가 어느 정도 고정되는 점, 엔진이 가동되지 않는 점, 일반 육상건축물과의 벽체 재료·구조에 차이가 크다는 점 때문에 [표 3-2]~[표 3-4]에 나타난 상당외기온도 및 인접실 온도를 그대로 적용하기는 어려우며 이에 대한 검토가 필요하다.

또한 지중온도는 냉방기에 냉방용 실내온도 기준보다 낮기 때문에 냉방부하 계산에는 제외하지만 난방기에는 난방용 실내온도 기준보다 낮기 때문에 지면에 접하는 바닥, 지중벽 등에서 발생하는 난방부하를 계산하며 지하층이 없는 건축물의 바닥인 경우 깊이 1m의 설계용 지중온도를 이용하며 지하에 접하는 수직외벽은 각 층 층고의 1/2에 해당하는 지중온도를 이용하고 있다.

[표 3-8] 선박에서의 부하계산을 위한 인접실 온도

장 소			냉방(°C)	난방(°C)
거주구 내 통로	리턴 에어가 통과함	엔진 casing에 접하지 않음	실내온도 + 2	실내온도 - (6~8)
		엔진 casing에 접함	실내온도 + 3	실내온도 - (6~8)
	리턴 에어가 통과하지 않음		외기온도	0~10
spot 냉난방 구획			외기온도 - 2	10~15
세면소, 변소, 목욕실, 세탁실, 배전실, 락커실 등의 제실			외기온도	0~10
조 리 실			외기온도 + 5	3~10
보 기 실			42	3~10
기관실	디젤선		45	10~15
	터빈선		50	10~15
보일러실	디젤선		50	-
	터빈선		55	-
가열되는 연료유 탱크			55	0~10

[주] 난방할 때의 낮은 값은 외기온도가 -20°C인 때 높은 값은 외기온도가 0°C인 때를 표시한다.

한편 해양건축물 중 매립이 아닌 연안역에 건설된 것은 일반 육상건축물과 동일하게 취급해도 되지만 매립지에 건설된 해양건축물은 지하수위가 높으며 지하수의 온도가 해수온도의 영향을 받으며 또, 부유식 해양건축물은 해수면 위에 떠 있기 때문에 해수온도의 직접적인 영향을 받게 된다. 해수온도는 지중 온도와 달리 난류·한류의 영향을 받기 때문에 여름에는 실내온도 기준보다 높고 겨울에는 실내온도 기준보다 낮아질 가능성이 높으므로 지역에 따라서는 냉방과 난방부하의 계산에 모두 해수온도의 영향을 고려할 필요가 있다. 그러나 아직 부하계산을 위한 설계용 해수온도가 아직 정비되지 않아 설계용 해수온도를 설정할 필요가 있다.

3.2.3 환기량

선박의 경우 구조가 매우 밀실하기 때문에 육상의 건물에 비해 자연 환기량이 매우 작다. 또한 풍우가 강한 해상에서는 현창을 열 수 없으며 날씨가 좋더라도 수면 근처의 선실에서는 창을 열 수 없으며 현창, 문 등을 닫고 통로에 면한 통기구만을 열어 놓은 상태에서는 환기회수가 0.3회/h였다는 보고⁸⁾도 있다. 이와 같이 선박의 경우는 환기불량의 상황이 수시로 발생할 수 있으므로 자연 환기장치에 의존해서는 공기오염을 방지할 수 없다. 이 때문에 일부 공간을 제외하고 기계환기를 통하여 [표 3-5]에 나타내는 것과 같이 통풍시의 환기회수를 만족시키도록 정하고 있다⁹⁾. 단, [표 3-5]의 표준환기회수는 비공조시에 해당하며 냉난방시에는 재순환공기(RA)량과 외기도입(OA)량의 비를 7:3으로 하는 것을 표준으로 하고 있다¹⁰⁾.

8) 神田寛(1964), 船舶の居住性能—人間工學的研究, 成山堂書店

9) 造船テキスト研究會(1979), 商船設計の基礎(下卷), 成山堂書店

10) 造船テキスト研究會(1995), 新訂 商船設計の概要, 成山堂書店

[표 3-9] 선박의 환기량 기준

구 획		매시환기회수(회/h)		구 획		매시환기회수(회/h)	
		급 기	배 기			급 기	배 기
식당	승무원실	15(12~20)		조 타 실	자연통풍		
	객 실	15		해 도 실	10		
살롱, 흡연실		15(12~20)		욕실, 샤워실, 화장실	(10)	10	
거실	승무원실	10(10~18)					
	객 실	10		오일스킨 락커		10	
병 실		10(12)		식품저장실	(10~20)	10	
의 료 실		12		건 조 실	(10)	10	
조 리 실		20(20)	40(40)	세 탁 기 실	(10)	10	
배 식 실		(10)	10	통 로	자연통풍(4)		
무 선 실		10		냉 동 기 실		10	
자 이 로 실		10		전 지 실	자연통풍		

()는 DOT(1953)의 요구치를 나타냄,

한편 육상건축물에 대해서는 최근 새집증후군 등의 이유로 「다중이용시설 등의 실내공기질관리법 시행규칙」¹¹⁾에 실내공기질 유지기준 및 권고기준을 정하고 있으며 일반 육상건축물은 상기와 같은 실내공기질 유지 및 권고기준을 만족시키기 위해 [표 3-6]과 같이 1인당의 필요 환기량을 시설의 종류에 따라 정하고 있다¹²⁾.

11) 환경부령(2008). 제302호, 다중이용시설 등의 실내공기질관리법 시행규칙

12) 국토해양부령(2010), 제306호, 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙

[표 3-10] 다중이용시설의 환기기준

다중이용시설 구분		필요 환기량(㎡/인·h)	비고
지하시설	지하역사	25 이상	
	지하도상가	36 이상	매장(상점) 기준
문화 및 집회시설		29 이상	
판매 및 영업시설		29 이상	
의료시설		36 이상	
교육연구 및 복지시설		36 이상	
자동차 관련 시설		27 이상	
그 밖의 시설(찜질방·산후조리원)		25 이상	

비고

가. 필요 환기량은 예상 이용인원이 가장 높은 시간대를 기준으로 산정한다.

나. 의료시설 중 수술실 등 특수 용도로 사용되는 실의 경우에는 소관 중앙행정기관의 장이 달리 정할 수 있다.

다. 자동차 관련 시설 중 실내주차장(기계식 주차장을 제외한다)은 단위면적당 환기량(㎡/㎡·h)으로 산정한다.

연안역에 건설된 해양건축물의 경우에는 건축물의 용도에 맞는 환기량을 [표 3-6]에서 찾아 적용하면 된다. 반면 부유식 해양건축물의 경우, 1층 부분은 윌파에 의한 해수의 침수를 방지하기 위한 수밀구조가 되어야 하므로 기밀성이 우수하기 때문에 환기량의 확보에 주의할 필요가 있다.

3.2.4 냉난방 부하의 계산

상기의 조건을 근거로 냉난방 부하를 계산하지만 냉난방 부하계산에 고려하는 부하요소는 냉방기 및 난방기에 차이가 있다. [표 3-7]은 일반적인 육상 건축물, 선박, 해양건축물의 부하계산에 있어서 고려해야할 부하요소들을 비교한 것이다. 선박의 경우는 냉방부하계산에 있어서는 객실의 외부에 면한 문이 없으며 창이 기밀성이 높기 때문에 틈새바람에 의한 부하를 고려하지 않으며 또 유리의 면적이 적기 때문에 유리창을 통한 일사부하는 고려하지 않는다¹³⁾. 또

13) (社)日本造船學會造船設計委員會第2分科會 編(1970), JSDS-I·6 造船艦裝設計基準 船用空氣調和裝置設計基準 船舶の通風裝置設計基準, 海文堂

한 난방부하의 계산에는 전열부하와 환기부하만을 고려하고 있어 육상의 건축물과는 상당한 차이를 보이고 있다.

한편 연안역의 육역에 건설되는 해양건축물은 일반 육상건축물의 부하계산에 준하여 계산하면 되며 부유식 해양건축물의 경우에도 일반 육상건축물의 부하계산에 준하여 계산하면 되지만 1층 부분은 월파에 의한 해수의 침수를 방지하기 위한 수밀구조로 해야 하기 때문에 기밀성이 우수하여 침입외기에 의한 부하는 고려하지 않아도 될 것으로 생각된다.

[표 3-11] 부하계산 시 해양건축물, 육상건축물, 선박의 부하요소 비교

부 하 구 성 요 소		냉방부하				난방부하			
		육상 건축물	선박	해양건축물		육상 건축물	선박	해양건축물	
				연안역	부유식			연안역	부유식
실 내 부 하	유리창 투과 일사부하	○	×	○	○	△	×	△	△
	전열부하	○	○	○	○	○	○	○	○
	투습 열부하	△	×	△	△	△	×	△	△
	틈새바람 열부하	○	×	○	△	○	×	○	△
	실내발열부하	○	○	○	○	△	×	△	△
	간헐공조에 따른 축열부하	△	—	△	△	○	—	○	○
장 치 부 하	실내부하	○	○	○	○	○	○	○	○
	송풍기에 의한 부하	○	○	○	○	×	×	×	×
	덕트 통과 열부하	○	○	○	○	○	×	○	○
	재열부하	○	○	○	○	—	—	—	—
	외기부하	○	○	○	○	○	○	○	○
열 원 부 하	장치부하	○	—	○	○	○	—	○	○
	펌프에 의한 부하	○	—	○	○	×	—	×	×
	배관통과 열부하	○	—	○	○	○	—	○	○
	장치 축열부하	×	—	×	×	△	—	△	△

○ 고려 × 무시 △ 무시(영향이 크다고 생각될 때는 고려)

주) 연안역 해양건축물은 연안역의 육역에 건설된 해양건축물을 말함

또, 일사 부하의 계산방법은 일반 육상건축물과 동일하지만 수면에 면한 벽체나 유리창을 통해 실내로 유입되는 일사량은 해수면으로부터의 반사에 의해 육상건축물에서 반영하는 일사량과 차이가 있을 것으로 생각된다. 특히 태양고

도가 낮은 동측이나 서측을 향한 벽체와 유리창을 통한 해수면 반사일사량은 공조부하에 큰 영향을 미칠 수 있을 정도라 생각되나 이에 대한 자료는 아직 미미한 상황이므로 태양고도와 해수면 반사일사량에 대한 DB를 시급히 구축할 필요가 있다.



3.3 해양건축물 부하계산용 해수온도 설정

본 절에서는 해양건축물의 부하계산을 위해 시급히 정비해야 하는 해수온도 및 수면반사 일사량 데이터 중, 현재 일부 지점에서 장기간 측정하고 있는 해수온도 자료를 이용하여 부하계산을 위해 필요한 해수온도를 설정하기 위한 방법을 검토한다. 수면 반사일사량 데이터에 대해서는 다음 장에서 검토한다.

「건축물의 에너지절약 설계 기준」¹⁴⁾에는 ‘난방 및 냉방설비 장치의 용량계산을 위한 외기조건은 각 지역별로 위험률 2.5%(냉방기 및 난방기를 분리한 온도출현분포를 사용할 경우) 또는 1%(연간 총시간에 대한 온도출현 분포를 사용할 경우)로 하거나 [표 2-3]에서 정한 외기온습도를 사용한다’고 정하고 있다. 해수온도의 영향을 고려하기 위한 해양건축물 부하계산용 해수온도를 설정에도 상기의 「건축물의 에너지절약 설계 기준」에서 제시한 방법을 적용하는 것이 타당할 것으로 생각된다.

위험률이란 냉난방 기간 동안 또는 연간 총시간에 대한 온도출현분포 중에서 가장 높은(낮은) 온도쪽으로부터 총시간의 일정 비율에 해당하는 온도를 제외시키는 비율을 말하며 이와 같은 방법은 ASHRAE의 기술자문위원회인 TAC (Technical Advisory Committee)에서 제안한 온도로 TAC 온도라 한다.

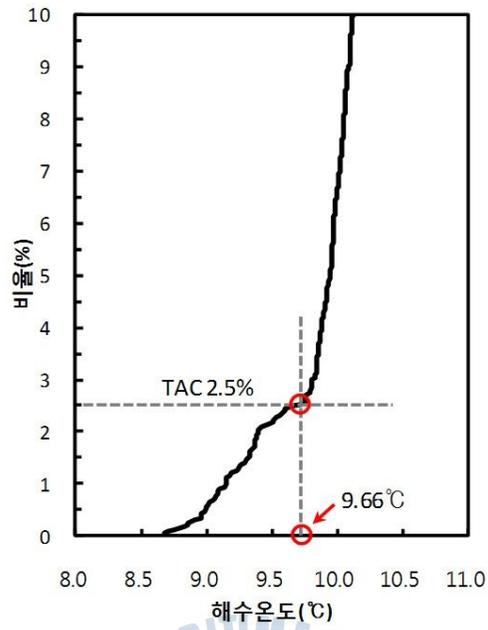
부하계산용 해수온도의 설정에서 난방부하용 해수온도는 12월~3월을, 냉방부하용 해수온도는 6월~9월을 대상으로 위험률 2.5%를 기준으로 설정하였다. [그림 3-1]은 부하계산용 해수온도의 설정 예로 통영 비산도의 난방기의 경우이며 TAC 2.5%를 적용할 경우 9.85°C가 난방기용 설계온도가 된다. 이와 같은 방법으로 각 지점의 부하계산용 해수온도를 설정한 결과를 [표 3-8]에 나타낸다. 단 부하계산용 해수온도를 설정하기 위해서는 장기간 측정한 해수온도 데이터가 필요하지만 해수온도를 장기간 측정하고 있는 지점이 많지 않은 관계로 [표 3-8]에 나타낸 11개 지점을 대상으로 하였으며 지속적인 연구가 필요하다고 생각된다.

14) 건설교통부(2003), 고시 제2003-314호, 건축물의 에너지절약 설계기준

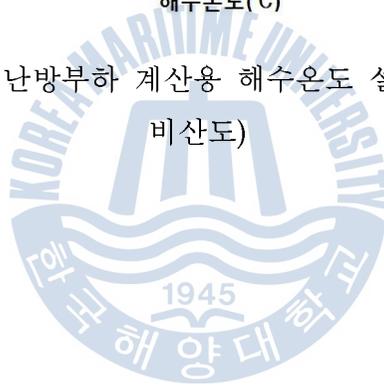
난방기의 부하계산용 해수온도는 난방기 실내의 온도조건보다 낮게 나타나 난방부하계산에 해수온도를 고려해야 한다. 또한 냉방기 부하계산용 해수온도도 모든 지점에서 25℃를 넘고 있으며 이는 [표 2-2]의 육상건축물의 냉방 설계용 실내조건에 근접하고 있어 지역에 따라, 실내조건을 조금 낮게 설정할 경우 부유식 건축물의 부체의 내부 또는 1층에 실내공간을 계획될 경우에는 냉방부하 계산에도 해수온도의 영향을 고려할 필요가 있는 것으로 나타났다.

[표 3-12] 해양건축물의 부하계산을 위한 해수온도 분석 결과

지 역	관측기간	난방기	냉방기
군산	2004.12~2008.05	2.27℃	27.31℃
목포	2006.07~2010.12	4.17℃	25.77℃
완도 노화도	2008.07~2009.12	6.43℃	25.43℃
완도 신지	2005.10~2009.12	8.68℃	25.31℃
여수 자봉	2008.07~2010.09	7.31℃	25.72℃
통영 비산도	2008.08~2009.12	9.66℃	25.20℃
통영 사랑	2005.11~2009.12	7.03℃	26.30℃
통영 영운	2005.10~2009.12	8.42℃	25.73℃
통영 학림	2005.01~2008.12	9.53℃	25.78℃
통영 풍화	2005.01~2008.12	7.97℃	26.69℃
기장	2005.10~2010.12	2.83℃	25.84℃



[그림 3-1] 난방부하 계산용 해수온도 설정 예(통영 비산도)



제 4 장 해수면 반사일사량 분석

4.1 일사량 관련 이론 정리

4.1.1 용어정의

1) 태양상수

지구대기권 표면에 도달되는 평균일사량을 태양상수라 하며 $1,353 \text{ W/m}^2$ ($1.97 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{min}$, $428 \text{ but/ft}^2 \cdot \text{h}$, $4.87 \text{ MJ/m}^2 \cdot \text{h}$)이다. 이 값은 태양 자체의 복사량에 따라 $\pm 2\%$ 정도 변화하며 태양과 지구거리에 따라 $\pm 3.5\%$ 정도 변화한다.

한편, 지표면에 도달하는 일사량의 강도는 해발고도와 태양고도에 따라 증감하며 지구상에 어느 지점에 입사되는 일사량은 코사인 법칙, 대기투과율, 일조 시간에 영향을 받는다.

① 코사인 법칙

일사량은 일사방향에 수직인 면에서 가장 크고 입사각의 코사인값에 따라 점점 작아진다.

② 대기 투과율

일사량의 세기는 공기분자, 수증기, 먼지 등에 의하여 산란, 흡수되어 감소된다. 태양의 고도가 낮을수록(입사각이 클수록), 대기를 통과하는 경로가 길수록 대기투과율이 낮아지는데, 특히 대기의 아래층, 밀도가 높은 층, 오염된 층에서는 대기투과율이 낮아진다. 대기투과율의 값은 0.2~0.7 정도의 범위에 있다.

대기를 통과하는 태양광선의 통과거리는 “대기질량(air mass)”이라는 개념으로 정의된다. 이것은 식 4-1과 같이 천정을 통과하는 태양광선의 수직거리(AC)에 대해 실제로 통과하는 태양광선의 경로(BC)와의 비율을 말한다.

$$\text{대기질량}(m) = \frac{BC}{AC} = \text{cosec}(\gamma) \quad (\text{식 4-1})$$

대기질량(m)은 해수면에서 태양이 천정(천정각 $\gamma=90^\circ$)에 있으면 1, 천정각 $\gamma=30^\circ$ 이면 2이고 천정각 γ 이 해수면에서 $0\sim30^\circ$ 미만의 범위에 있을 때는 $m=(\cos\gamma)^{-1}$ 에 의해서 구한다.

청명일 때 지상에 직접 도달하는 일사(direct 또는 beam radiation)의 대기투과율(P)은 지표면에 떨어지는 태양복사에너지 강도와 대기권 밖의 법선면이 받는 복사강도의 비율로 정의된다.

$$P = \frac{G_{nb}}{G_{sc}} \quad (\text{식 4-2})$$

G_{sc} : 대기권 밖의 법선면 일사량, 태양상수

G_{nb} : 태양광선에 대한 법선면 일사량

이때 G_{nb} 값은 태양고도와 대기상태에 따라 변화되는 직달일사를 말한다. P 값은 입사되는 지점의 고도에 따라서도 달라지며, 해발 1,500m 지점에서의 오차는 3% 미만이다.

③ 일조시간

낮의 길이로서 구름량과 대기오염 영향 및 지역적으로 길이가 변화되고, 지구의 수열면적은 $124 \times 10^{12} \text{m}^2$ 이므로 전일사 에너지량은 다음과 같다.

$$1.353 \times 124 \times 10^{12} = 155 \times 10^{15} \text{W} \quad (\text{식 4-3})$$

2) 전일사의 종류

청명일에 지상에 도달하는 일사량은 직달일사, 천공일사, 반사일사 성분으로 나눌 수 있다.

① 직달일사(直達日射; direct 또는 beam radiation)

대기의 산란없이 태양으로부터 직접 지표면에 도달하는 태양복사를 말한다.

② 천공일사(天空日射; sky radiation)

확산일사(diffuse radiation)라고도 하며 일사가 대기 중의 입자에 의해 산란되어 천공 전체로부터 복사하여 지면에 도달하는 일사로 수평면이 받는 천공일사량은 태양고도가 높을수록, 대기혼탁도가 클수록 크다. 또, 천공일사성분은 청명일에 대기권에서 산란에 의하여 일사의 방향이 달라진 후 지표면에 도달하는 일사량과 담천일에 구름에 반사된 일사량으로 나눌 수 있다.

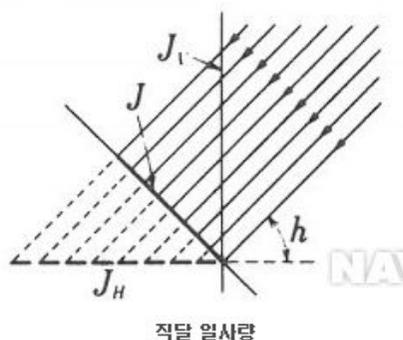
③ 반사일사(反射日射; reflected radiation)

직달일사와 천공일사가 지면으로부터 다시 반사되어 받는 일사를 말한다.

이상에서 직접 지표면에 도달하는 직달일사량은 대기권 밖의 면이 받는 일사량의 26%에 해당하고, 대기 중에서 확산 또는 산란·반사되어 지표면에 도달하는 확산일사량은 약 25%에 해당한다. 직달일사량과 확산일사량의 합계를 전일사량(全日射量; global radiation : 51% 해당)이라고 하며, 보통 일사량이라 할 때는 전일사량값을 의미한다.

3) 법선면 직달 일사량

직달 일사를 일사의 방향으로 수직인 면, 즉 법선면에 받는 일사량을 나타낸 것이다. 단위는 kcal/m²h 혹은 MJ/m²h로 나타난다. 단 본 절에서는 태양고도별 일사량을 자세히 나타내기 위해 MJ/m²s (초단위) 적산일사량으로 나타냈다.



J_H 수평면 직달 일사량

J_v 연직면 직달 일사량

J 법선면 직달 일사량

h 태양고도

*화살표 방향이 태양 복사 에너지가 지면으로 오는 방향

[그림 4-1] 법선면 직달일사량의 정의

4) 수평면 산란 일사량

직달 일사를 제외하고 수평면에서 받는 일사량을 말한다. 산란 일사란 천공 일사와 반사일사, 구름에서의 일사로 나눌 수 있다. '천공일사'는 대기의 분자나 부유입자 때문에 산란된 태양 빛이 또 다른 태양이 되어 일부가 지표에 도달한 것을 말한다. '반사일사'는 수면, 지표면, 건물, 초목 등에 반사된 일사를 뜻하며 이 반사 일사가 구름에서 재 반사하여 지표면에 도달한 것을 '구름에서의 일사'라고 한다.

4.1.2 일사량의 계산법

일사량은 에너지 밀도, 즉 일사의 세기(irradiance; G)로 정의되고 단위는 W/m^2 이며 열류($W=J/S$)의 난수량이다. 또 어느 표면 위의 단위면적당 일정기간(시간, 일, 월, 년)에 받는 일사량을 표시할 때는 그 기간 동안의 입사에너지를 적분한 값으로 나타내고 이것을 적산일사량(irradiation 또는 radiant exposure; D)이라 하며 단위로는 J/m^2 을 주로 사용한다. 보통 기상대에서 측정된 일사량 값은 적산일사량이다¹⁵⁾.

만일 1W의 열류가 1시간 동안 계속되면 입사에너지는 $1Wh=3,600J$ 이 되며, 1시간의 평균 일사 세기(G)가 $1W/m^2$ 이면 1시간의 적산일사량(D)은 $1Wh/m^2=3,60J/m^2$ 이 된다. 보통 D 는 하루에 받는 일사량을 표시하는 데 사용하고 G 는 시간당 일사량을 표시할 때 사용한다.

1) 법선면 직달일사량

청명한 날의 법선면 직달일사량 G_{nb} [W/m^2]는 여러 가지 방식으로 나타낼 수 있다. 여기에서 얻어진 결과는 실제 측정값으로 대응될 수 없으나 자료가 없는 경우에는 이용할 수 있다.

$$G_{nb} = 910(\sin \gamma) + 0.25[910 \times \sin 2\gamma] \quad (\text{식 4-4})$$

$$G_{nb} = 950[1 - e^{-0.075 \gamma}]$$

$$G_{nb} = 1,370(\sin \gamma) - 2,889(\sin \gamma)^2 + 3,290(\sin \gamma)^3 - 1,824(\sin \gamma)^4 + 371(\sin \gamma)^5$$

15) 이경희 : 건축설비계획 일진사 p264

하루의 전일사량은 다음과 같다.

$$D_n = D_0 (0.29 \cos \phi + 0.52 \frac{n}{N}) [Wh/m^2] \quad (\text{식 4-5})$$

D_0 : 같은 기간 동안의 대기권 밖의 일사량(9,380 Wh/m²day)

ϕ : 위도

n : 같은 기간 동안 실제로 태양이 비치는 시간

N : 같은 기간 동안 태양이 비칠 수 있는 가능 시간

2) 경사면 일사량

경사면의 일사량은 수평면 일사량, 직달일사량, 확산일사량에 의해서나 법선면 직달일사량과 수평면 확산성분에 의해서 구할 수 있다. 직달일사량은 벡터량이며 입사각(θ)에 의한 코사인 법칙으로 각 면에 대해 변환시킨다.

법선면 일사량(G_{nb})이 주어지면 주어진 면의 직달일사량을 구할 수 있다.

$$G_{pb} = G_{nb} \times \cos \theta \quad (\text{식 4-6})$$

수평면 직달일사량(G_{hb})이 주어지면

$$G_{nb} = \frac{G_{hb}}{\cos(90 - \gamma)} = \frac{G_{hb}}{\sin \gamma} \quad (\text{식 4-7})$$

$$G_{pb} = G_{hb} \frac{\cos \theta}{\sin \gamma} \quad (\text{식 4-8})$$

경사면의 확산일사량은 천공에 대하여 그 면이 노출되는 비에 좌우되고 경사각을 ϕ 로 해서 다음 식에 의해 구한다.

$$G_{pd} = G_{hd} \frac{1 + \cos \phi}{2} \quad (\text{식 4-9})$$

$\phi=0^\circ$ (수평면)에서는 $(1+1)/2=1$ 이며, $\phi=90^\circ$ (수직면)에서는 $(1+0)/2=0.5$ 이다. 즉, 수직면은 수평면이 받는 확산일사량의 1/2만을 받는다.

반사일사량은 확산일사와는 반대의 방법으로 계산되며 지면의 반사율(ρ)에 의해 지면에 입사된 수평면 전일사량의 일부가 된다. 정확한 자료가 없을 때는

아래의 반사율을 적용한다.

$$G_{pr} = \rho G_h \frac{1 - \cos \phi}{2} \quad (\text{식 4-10})$$

$\rho = 0.2$: 고온 다습하거나 온난한 기후지역으로 초목으로 덮여 있는 곳

$\rho = 0.5$: 고온 건조 기후지역으로 황무지, 사막

이상에서 경사면의 전일사량은 식 A로 계산하며 수직면 전일사량은 식 B로 계산한다.

$$G_p = G_{pb} + G_{pd} + G_{pr} = G_{hb} \frac{\cos \theta}{\sin \gamma} + G_{hd} \frac{1 + \cos \phi}{2} + \rho G_h \frac{1 - \cos \phi}{2} \quad (A) \quad (\text{식 4-11})$$

$$G_v = G_{hb} \frac{\cos \theta}{\sin \gamma} + 0.5 G_{hd} + \rho 0.5 G_h \quad (B) \quad (\text{식 4-12})$$

4.1.3 일사량의 측정

일사량은 지역별로 측정된 자료를 사용하지만 자료가 없을 때에는 태양고도의 함수로 표시된 값에 의해 맑은 날의 조건으로 사용한다. 자료를 이용할 때는 그 지역대기의 혼탁 정도, 구름의 상태를 고려하지 않으면 안 된다. 따라서 태양에너지 이용 등의 경우에는 적당하지 않으나 건물의 부하계산에 사용하기에는 충분하다.

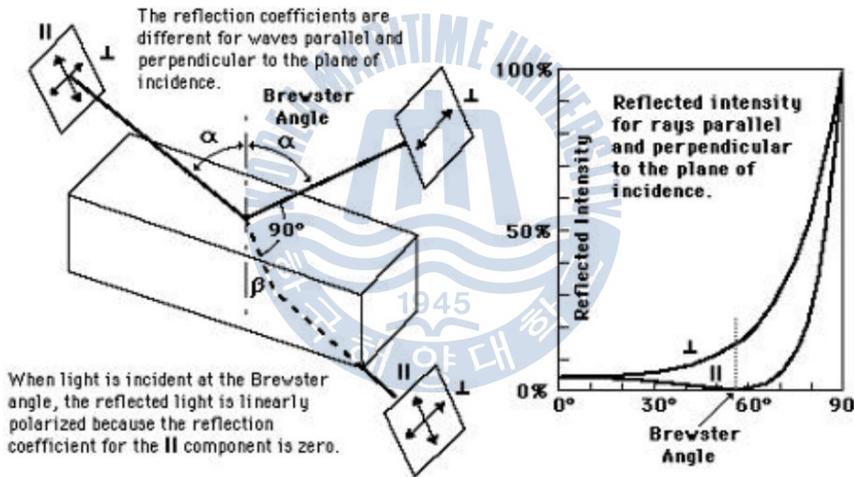
일사량 자료가 없을 때 일사량의 범위를 신속히 구하기 위해서는 도식적 방법을 사용하며 태양궤적도를 일사량 선도(sunpath overlay)와 같이 사용하여 구한다. 태양열을 실제 이용하기 위해서는 실측치를 이용하는 것이 가장 정확하지만 실측치에 없는 값이나 좀 더 자세한 값을 원할 경우 이론식을 이용하기도 한다. 그러나 일사에 의해 발생하는 냉방부하(冷房負荷)와 일사에 의한 온도 상승을 구하기 위해서는 건물 자체가 가진 열관성 효과를 고려하여야 한다.

4.2 해수면 반사일사량의 측정 개요

4.2.1 수면반사일사 실험 시간

1) 브레스터 앵글(Brewster's angle)

굴절률의 비가 n 인 서로 다른 두 균등 매질의 경계면에 $\tan\theta=n$ 인 입사각 θ 로 입사하는 평면 전자파의 반사파는 완전히 입사면에 수직인 직선 편파가 되고, 또 반사파와 굴절파는 서로 수직인 방향으로 진행하게 된다. 이와 같은 광학적 현상은 1815년에 Brewster에 의해서 발견되었으므로 이 입사각 θ 를 브루스터 각이라 한다. 굴절률이 1.57인 유리의 편광각은 약 57.5° 이다.

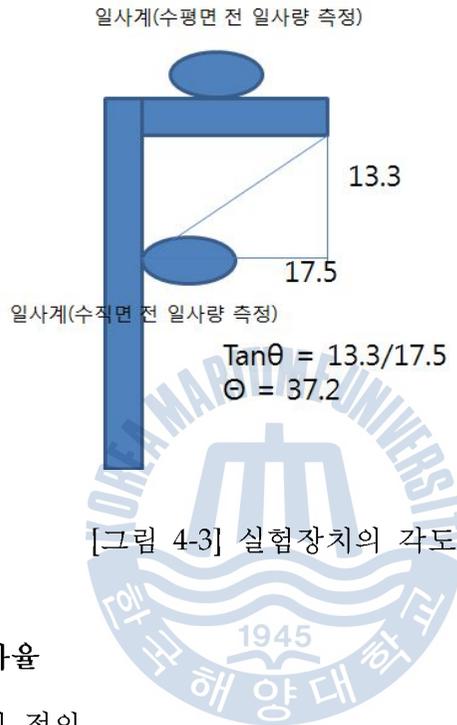


[그림 4-2] 브레스터 앵글

2) 실험 시간 결정

브레스터 각 이론에 따르면 태양 천정각이 높은 시점 즉 태양고도가 낮을 때 반사율이 높다. α 값이 클수록 수직, 수평 편광성분의 값이 증가한다. α 값이 $60\sim 90$ 도 사이에 반사율이 급격하게 높으므로 태양고도가 $0\sim 30$ 도 사이일 때 반사가 많이 일어난다는 것을 알 수 있다. 즉 태양고도가 낮은 시점인 일출시간대가 수면 반사 일사를 실험하기에는 최적의 시간대라고 할 수 있다. 따라서 0

도에서 30도 사이에서는 반드시 직달일사가 수직면 전 일사량을 측정하는 일사계에 측정이 되어야만 한다. 실험에서 쓰인 차폐막은 30도를 상회한 37.2도로 맞추어 반사율이 급격하게 내려가기 전까지 충분한 직달 일사를 받을 수 있도록 하였다.



[그림 4-3] 실험장치의 각도

4.2.2 이론상의 반사율

1) 알베도 이론의 정의

대기상단에 도달한 태양복사에너지는 대기를 통과하면 산란과 흡수과정에 의하여 감쇠되어 지표면에 도달하게 된다. 이렇게 지표면에 도달한 태양복사에너지는 지표면의 성질에 따라 그 일부를 반사하게 되는데 어떤 면에서 입사한 태양복사에너지량에 대하여 반사된 태양복사에너지량을 그 면의 알베도라 한다. 일반적으로 알베도는 그 어느 특정 파장에 대해 정의하는 것이 아니라 태양복사에너지의 전파장에 걸친 평균값으로 정의한다.

2) 수면 반사 일사 결과값 추정

알베도 이론에 의하면 태양의 천정각이 높을 때, 즉 태양고도가 낮을 때 10~50%의 반사율이고 반대로 태양의 천정각이 낮을 때는 5%이다. 따라서 수면

반사 일사를 실험에서 도출했을 때 태양고도가 낮은 시점에는 10~50% 정도의 수면 반사 일사량이 측정되리라 예상할 수 있다.

4.2.3 수면 반사일사의 분리방법

해수면을 면한 수직면에 비치는 일사는 직달일사, 천공일사 및 반사일사의 3 종류이며 반사일사에도 해수면으로부터의 반사일사와 지면 및 기타의 면으로부터의 반사일사로 나눌 수 있다.

기상청에서 측정하는 일사량은 수평면 전천일사량이며 이를 근거로 경사면 또는 연직면에 입사하는 일사량을 계산하기 위해 직산분리의 식을 이용한다. 직산분리란 수평면에서 측정한 전천일사량을 법선면 직달 일사량과 수평면 산란 일사량으로 분리하는 식으로 Erbs model, Uthigawa(宇田川) model, Bouguer model, Berlage model, Reindl model 등이 있다.

Uthigawa(宇田川) model은 실측치와의 오차가 가장 작다는 장점이 있지만 청명한 기상 조건에서 더 적합하다는 Erbs model을 본 장에서는 적용하였다¹⁶⁾. 전천일사량으로부터 법선면 직달 일사량, 수평면 산란 일사량을 분리하는 Erbs model의 식은 아래와 같다.

$$(K_t \leq 0.22) ; \frac{H_{Diff}}{H_{Tot}} = 1.0 - 0.09K_t \quad (\text{식 4-13})$$

$$(0.22 < K_t < 0.80) ; \frac{H_{Diff}}{H_{Tot}} = 0.9511 - 0.160K_t + 4.388K_t^2 - 16.638K_t^3 \quad (\text{식 4-14})$$

$$(K_t \geq 0.80) ; \frac{H_{Diff}}{H_{Tot}} = 0.165 \quad (\text{식 4-15})$$

$$K_t = \frac{H_{Tot}}{H_{Ext} \sin(h)} \quad (\text{식 4-16})$$

$$H_{DN} = \frac{H_{Tot}}{\sin(h)} \left(1 - \frac{H_{Diff}}{H_{Tot}} \right) \quad (\text{식 4-17})$$

16) 서울지역 실측일사량을 이용한 일사량 직산분리 모델의 정밀성 검증 연구

$$H_{Ext} = 1,382 \left(1 + 0.033 \cos \frac{2\pi n}{365} \right) \quad (\text{식 4-18})$$

H_{DN} : 법선면 직달일사량

H_{Tot} : 수평면 전천일사량

H_{Diff} : 수평면 천공일사량

H_{Ext} : 대기권밖 일사량

해수면 반사일사를 분리하기 위해서는 2개의 일사계를 이용하여 수평면 전천일사량과 해수면을 향한 연직면 일사량을 측정한다. 해수면을 향한 연직면에 입사하는 일사는 앞에서 설명한 것과 같이 직달일사, 천공일사 및 반사일사로 구성되며 천공일사는 천공을 바라보는 면이 수평면에 비해 50%이므로 천공일사 성분도 수평면의 50%가 된다. 한편, 반사일사는 해수면, 지면, 기타 대항면으로부터의 반사성분이 있으며 지면과 기타 대항면의 반사성분을 최소로 하기 위해 바다에 근접하고 대항면이 없는 위치를 선정하여 측정하면 반사성분의 대부분이 해수면으로부터의 반사성분으로 취급할 수 있다.

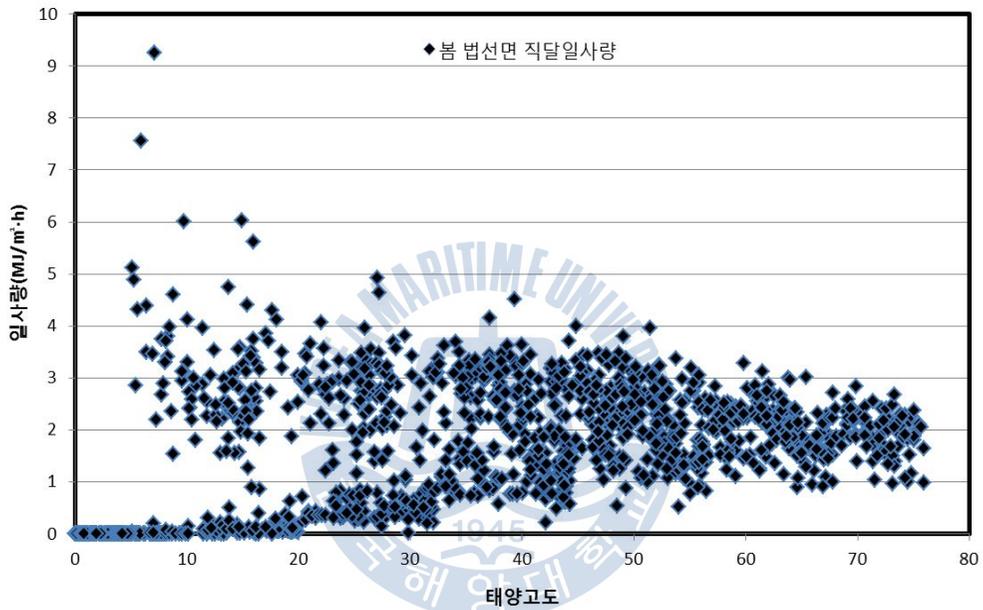
따라서 수평면에서 측정한 수평면 전천일사량과 상기의 직산분리식을 이용하여 법선면 직달일사량 및 수평면 천공일사량으로 분리하고 또 법선면 직달일사량을 이용해 연직면 직달일사량을 계산하면 다음과 같이 해수면 반사일사량을 계산할 수 있다.

해수면 반사일사량

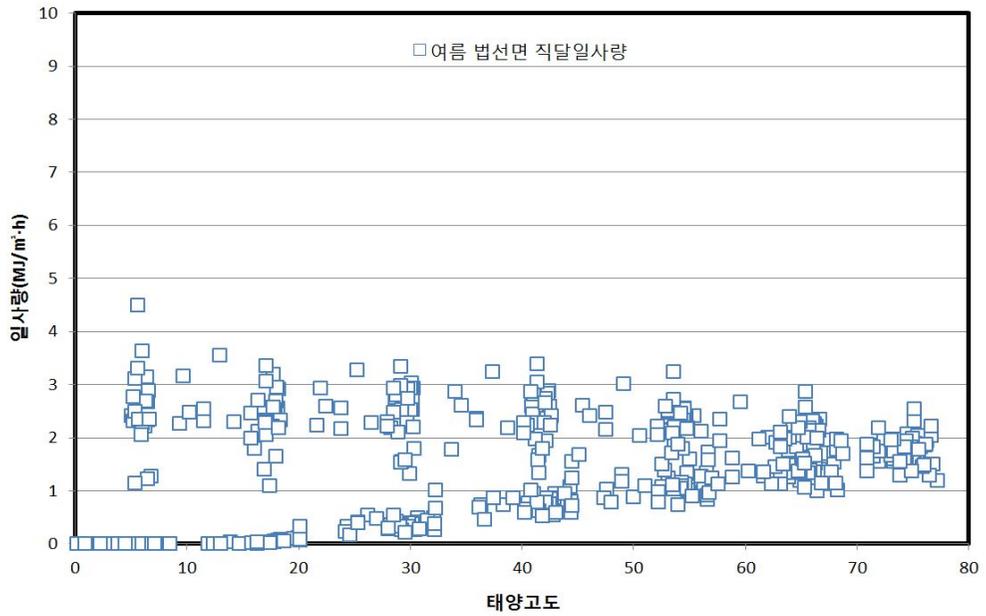
$$= \text{연직면 측정일사량} - \text{연직면 직달일사량} - \text{수평면 천공일사량} / 2 \quad (\text{식 4-19})$$

4.2.4 계절에 따른 일사량의 차이

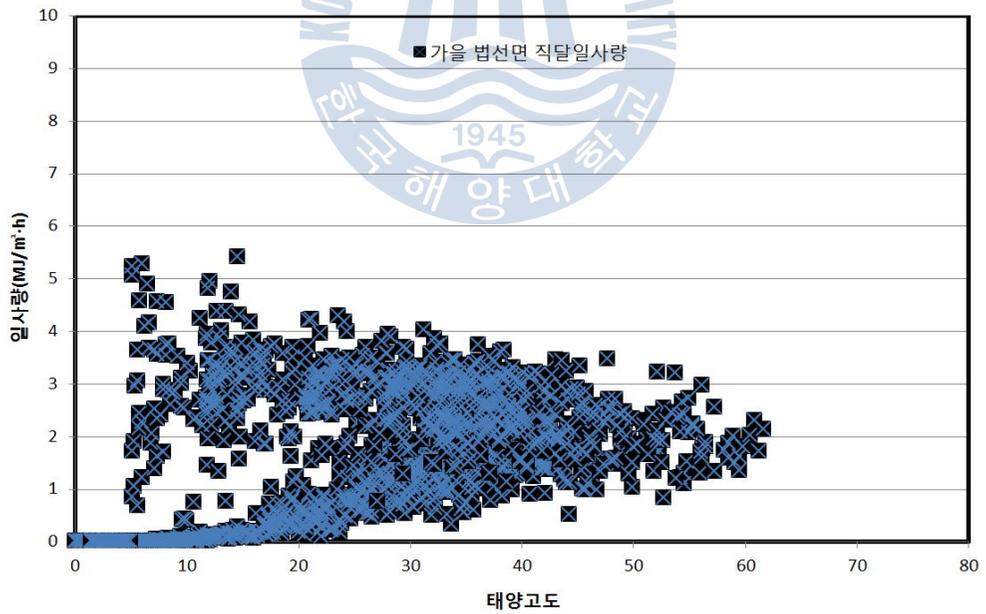
본 연구는 일사량이 냉방부하에 가장 영향을 끼치는 하절기에 실험을 하였다. 실험을 통해 도출한 결과 값을 사계절 모두 적용하려면 먼저 각 계절마다 법선면 직달 일사량, 수평면 천공 일사량의 비교가 필요하다. [그림 4-4]~[그림 4-11]는 94년도부터 2003년까지 총 10년 동안의 태양고도별 일사량을 宇田川의 식으로 직산분리한 그래프이다. 운량은 0~2인 날짜만 추출하였다.



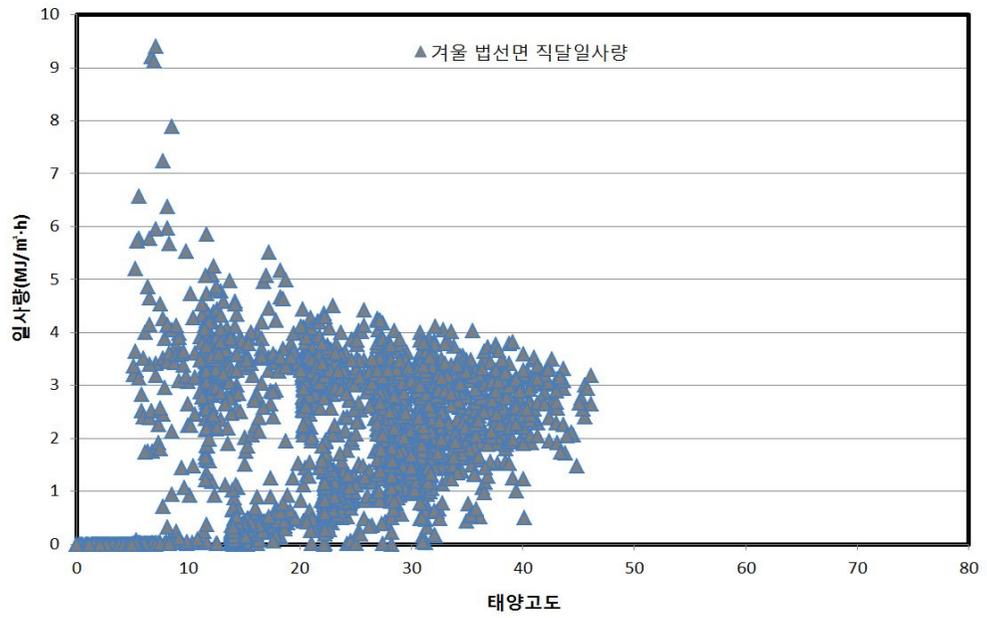
[그림 4-4] 봄 법선면 직달 일사량



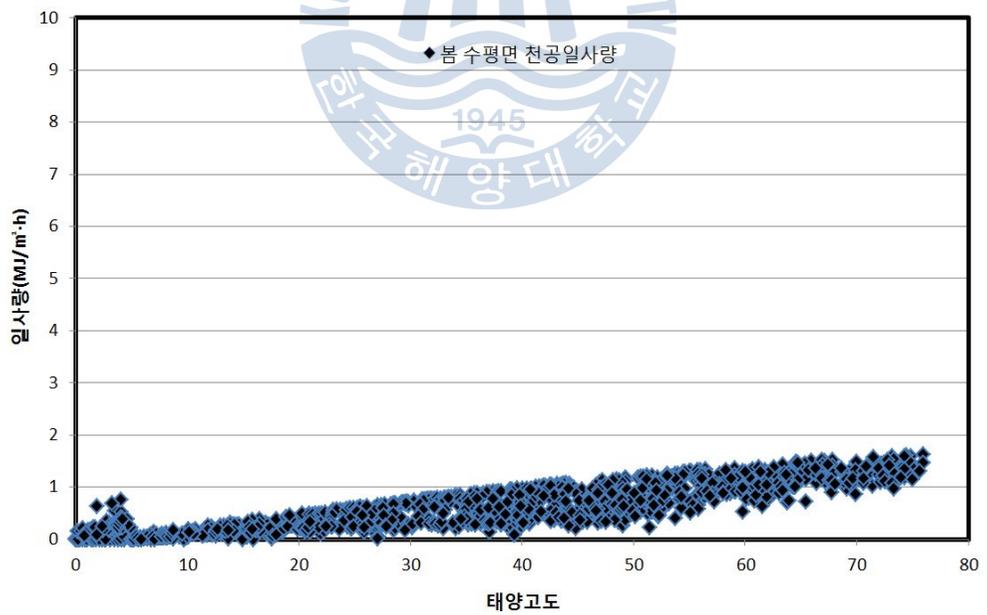
[그림 4-5] 여름 범선면 직달 일사량



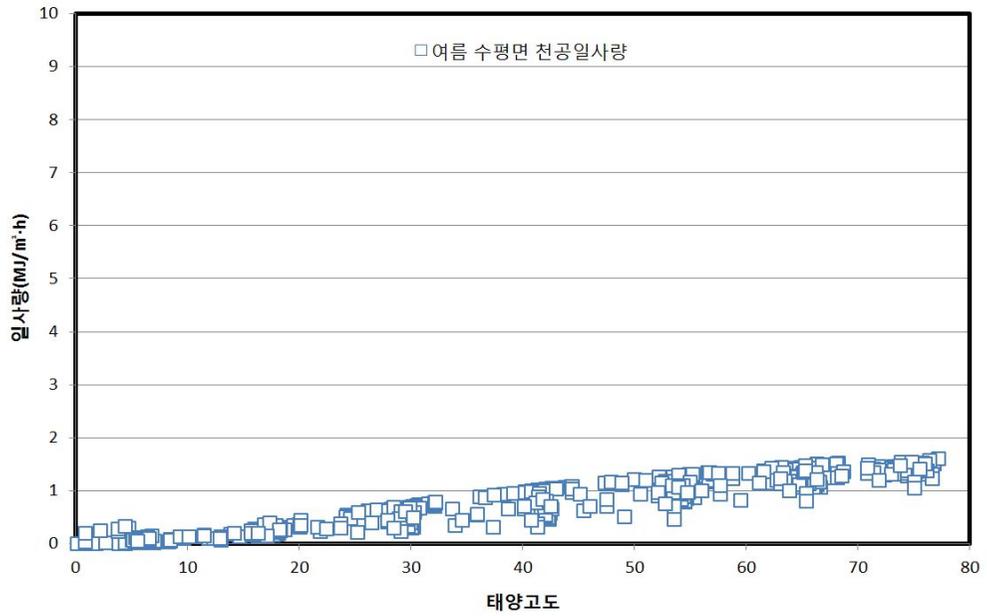
[그림 4-6] 가을 범선면 직달 일사량



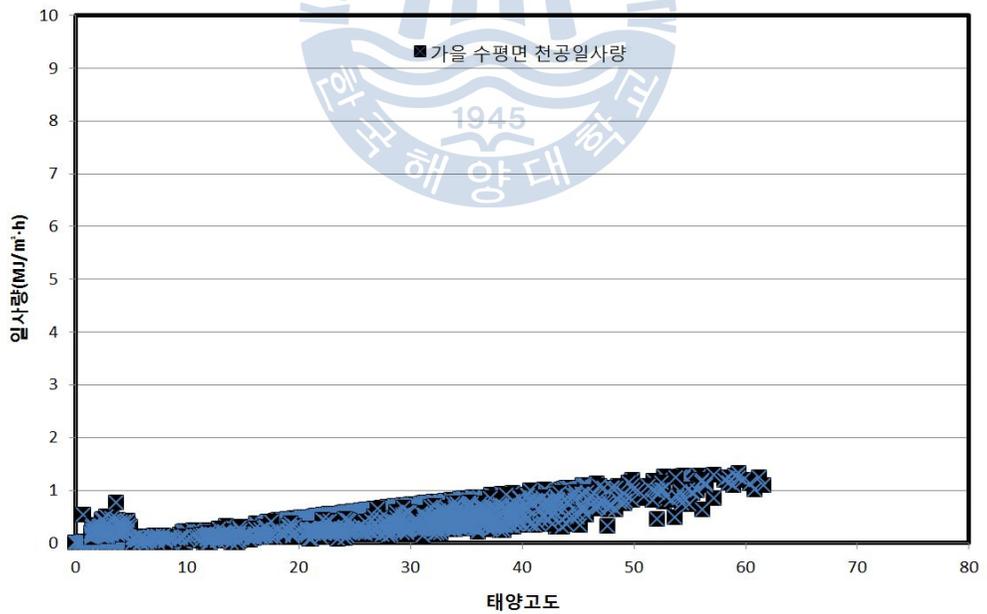
[그림 4-7] 겨울 법선면 직달 일사량



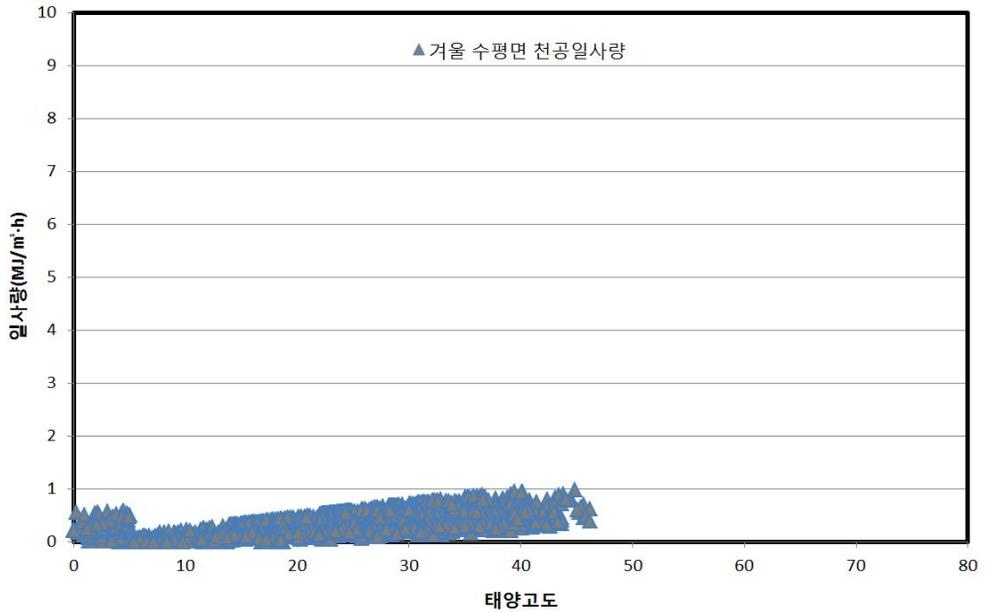
[그림 4-8] 봄 수평면 천공 일사량



[그림 4-9] 여름 수평면 천공 일사량



[그림 4-10] 가을 수평면 천공 일사량



[그림 4-11] 겨울 수평면 천공 일사량

사계절 중 가장 기온 차이가 심한 여름과 겨울을 비교한 결과, 법선면 직달 일사량과 수평면 천공 일사량 모두 태양고도가 낮을 때 겨울이 여름보다 높았다. 따라서 해수면 반사량은 여름보다 겨울이 클 것으로 생각된다.

내륙과 해안 지역의 건축물은 하절기엔 일사를 피하고 동절기에는 일사량을 얻는 시스템을 구축하고 있다. 그러나 하절기 일사차폐는 기본적으로 천공에서 비치는 하향 일사에 대한 것으로 해수면 반사와 같이 상향의 일사에 대한 대비는 거의 없다. 이는 일반적으로 육상의 경우 지면 반사 일사가 그리 크지 않기 때문이며 해양건축물과 같이 전면에 넓은 반사면(해수면)이 있다면 반사일사의 영향을 무시할 수 없을 것이라 판단된다.

따라서 사계절의 일사량에 차이가 있어 태양고도와 수면 반사 일사의 관계를 검토하기 위해서는 계절별 실험이 필요하지만 수면 반사일사가 실내 환경에 마이너스적인 영향을 미치게 되는 여름철을 대상으로 실험을 진행하기로 한다.

4.3 해수면 반사일사량 측정실험 개요

4.3.1 실험 개요

브레스터 앵글(Brewster's angle) 이론에 의해 태양고도가 낮은 시점인 일출을 실험 시간으로 정하였다. 날씨는 냉방부하가 최대치에 이르는 초복, 중복, 말복 기간을 선정했다. 하지만 운량이 수면 반사에 영향이 크므로 운량이 많은 날씨는 피하고 날씨가 비교적 맑은 날짜만 선정했다. 실험은 9일을 진행했으나 데이터 손상으로 인해 4개의 표본만 기재했다.

[표 4-1] 실험 개요

명칭	월 일	시 간	실험 방법	장 소
실험 1	7/23	05:30 ~ 12:00	고정식	-동아리 B동 학교옥상 (수변300m)
실험 2	7/27		태양 방위각을 따라 회전	
실험 3	8/06		수면 상에서 태양 방위각을 따라 회전	
실험 4	8/07			

4.3.2 실험 장비

1) 일사계



LP02(진영테크)
Sensitivity : $12.07 \mu\text{V} / \text{Wm}^{-2}$



980-s-47(EKO - JAPAN)
Sensitivity : $7.0 \text{ mV} / \text{KWm}^{-2}$

[그림 4-12] 실험에 사용된 일사계

2) 데이터로거



[그림 4-13] MX-100(요코가와)

4.3.3 실험 장소

1) 실험 장소

실험 장소는 수면에서 떠오르는 태양을 바라보기 가장 적합한 곳으로 선정했다. [그림 4-14]는 방위각 69° 인 한국해양대 예섬회관 옥상에서 일사계를 설치하고 실험한 사진이다.



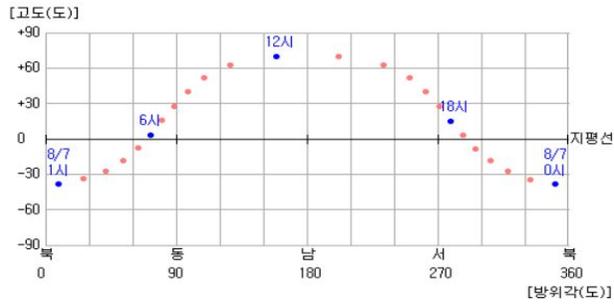
[그림 4-14] 한국해양대 예섬회관 옥상

2) 실험 장소 분석

일출인 경우 태양고도가 낮은 시점에 태양이 산에 가려 정상적으로 측정이 안 됐을 가능성이 높다. 따라서 방위각에 따른 태양고도의 변화와 수면 상의 움직임을 비교해 볼 필요가 있다. 실험 장소 사진인 [그림 4-16] ~ [그림 4-20]는 일사계가 바라본 시점을 기준으로 한 것이다.

[그림 4-15]는 KASI 천문우주지식정보의 태양의 고도 및 방위각 변화 자료이며 방위각은 북쪽에서 동쪽방향으로 측정한 값(도)이다.

2012년 8월 7일 태양의 고도 및 방위각 변화 [부산광역시]



주) KASI 천문우주지식정보 (astro.kasi.re.kr)

[그림 4-15] 태양의 고도 및 방위각 변화



[그림 4-16] 태양고도($0^{\circ}\sim 11^{\circ}$), 방위각($69^{\circ}\sim 79^{\circ}$) 시점

[그림 4-16]의 원은 태양이며 화살표는 태양이 남중하는 방향을 대략적으로 나타낸 것이다. 장소를 분석하면 일출직전인 시점에 태양이 산과 암벽에 가리는 것을 알 수 있다. 이는 수직면 전 일사량의 일부만 측정됐을 수도 있다는 것을 추측할 수 있다. 또한 수평면에 위치한 일사계도 수평면 직달 일사량을 전부 받아들이지 못했을 가능성이 높다.



[그림 4-17] 태양고도($11^{\circ}\sim 40^{\circ}$), 방위각($79^{\circ}\sim 97^{\circ}$) 시점



[그림 4-18] 태양고도($40^{\circ}\sim 60^{\circ}$), 방위각($97^{\circ}\sim 127^{\circ}$) 시점

[그림 4-18] 은 직달 일사량을 수직면에 위치한 일사계가 차폐막에 의해서도 가려지지 않고 직달 일사량을 모두 측정했다고 가정한 시점이다. 여기서 $0^{\circ}\sim 11^{\circ}$ 인 시점보다 전방의 모든 일사량이 측정됐다. [그림 4-18]의 경우 수면반사와 지면반사가 동시에 측정되는 시점이다.



[그림 4-19]태양고도($40^{\circ}\sim 72^{\circ}$), 방위각($127^{\circ}\sim 160^{\circ}$) 시점



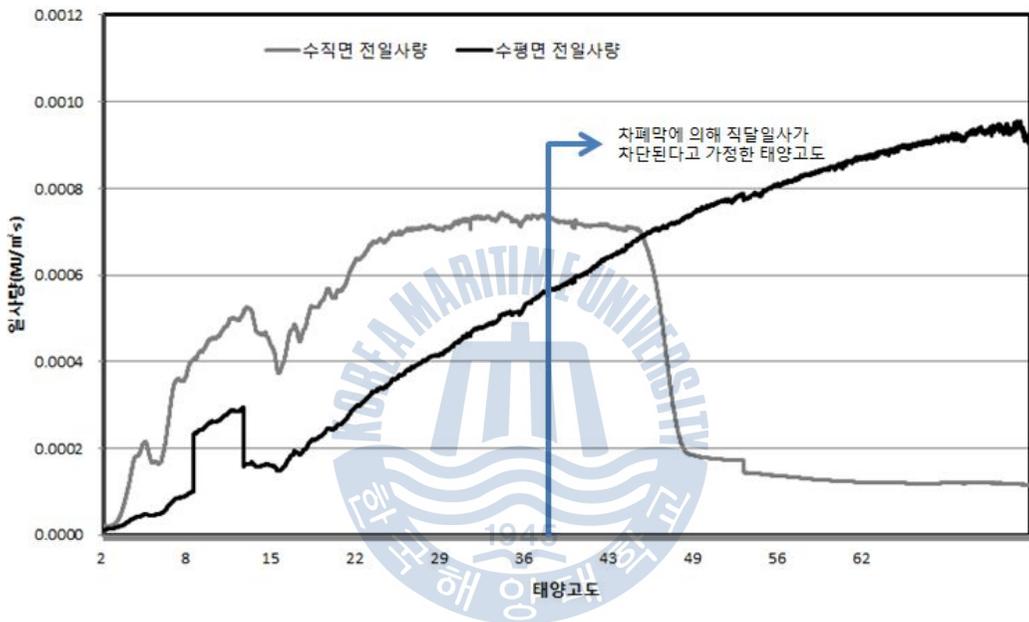
[그림 4-20] 태양고도($72^{\circ}\sim$) 방위각($162^{\circ}\sim$) 시점

[그림 4-19]과 [그림 4-20]는 태양이 일사계에 비취지지 않은 시점이다. 수면 보다는 지면에 가까운 형태이므로 수면 반사 일사의 측정이 무의미하며 이미 태양이 차폐막 위에 있는 상태이기 때문에 연직면 직달 일사량에 의한 수면 반사 일사를 도출할 필요가 없는 시점이다.

4.4 실측실험 결과분석

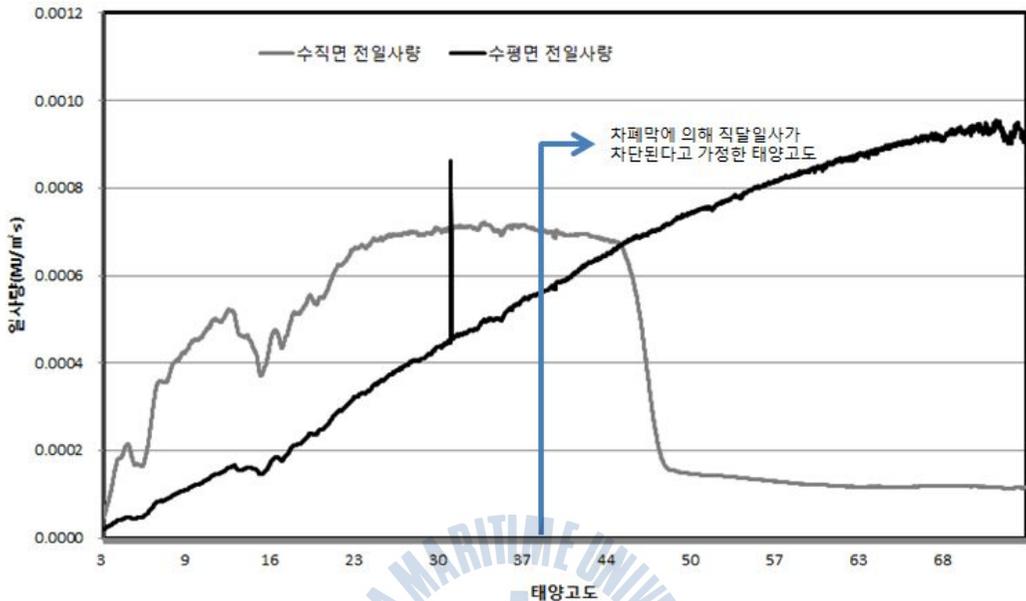
4.4.1 데이터 분석

- 1) 일사계가 태양 방위각을 따라가지 않은 경우
가. 실험 1



[그림 4-21] 실험 1 결과

나. 실험 2



[그림 4-22] 실험 2 결과

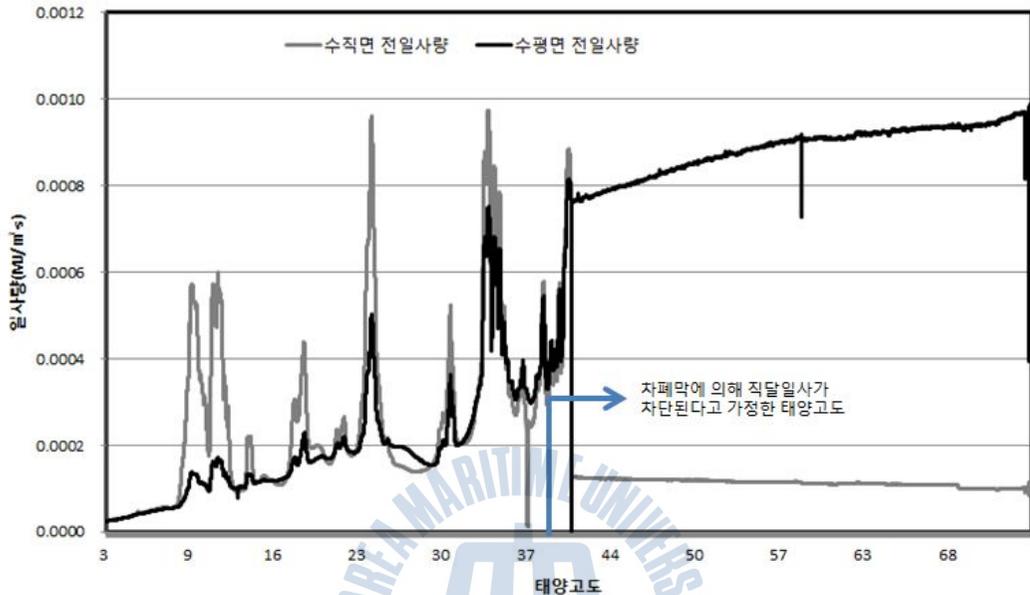
일사계가 방위각을 따라가지 않은 실험 1, 실험 2는 서로 비슷한 경향을 보였다. 태양고도가 낮으면 반사일사가 높고, 태양고도가 높으면 반사일사가 적다는 가설을 고려해 보면 실험장치에 의해 직달 일사가 차단이 되는 시점이 37.2°임에도 불구하고 45°까지 일사량이 큰 값으로 측정됐음을 알 수 있다. 이 사실로 3°에서 37.2°까지의 일사량은 직달일사가 아닌 반사일사만 존재할 수도 있는 새로운 가설을 세울 수 있다.

따라서 37.2°에서 수직면 전일사량이 크게 감소하는 45°까지의 일사량도 반사일사일 가능성이 높다. 직접적으로 직달 일사를 받는 것이 아니라 수면에서 반사로 상향된 직달일사, 즉 수면 반사 일사 반사량이 측정됐을 가능성이 있는 것이다.

하지만 실험 1, 실험 2는 [그림 4-16]의 시점을 고정시킨 것으로 태양 방위각을 따라가지 않은 실험이기 때문에 수면 반사뿐만 아니라 지면반사도 포함되어

측정이 됐으므로 단일한 수면 반사일사로 보기엔 부적합하다.

2) 일사계가 태양 방위각을 따라간 경우 - 실험 3

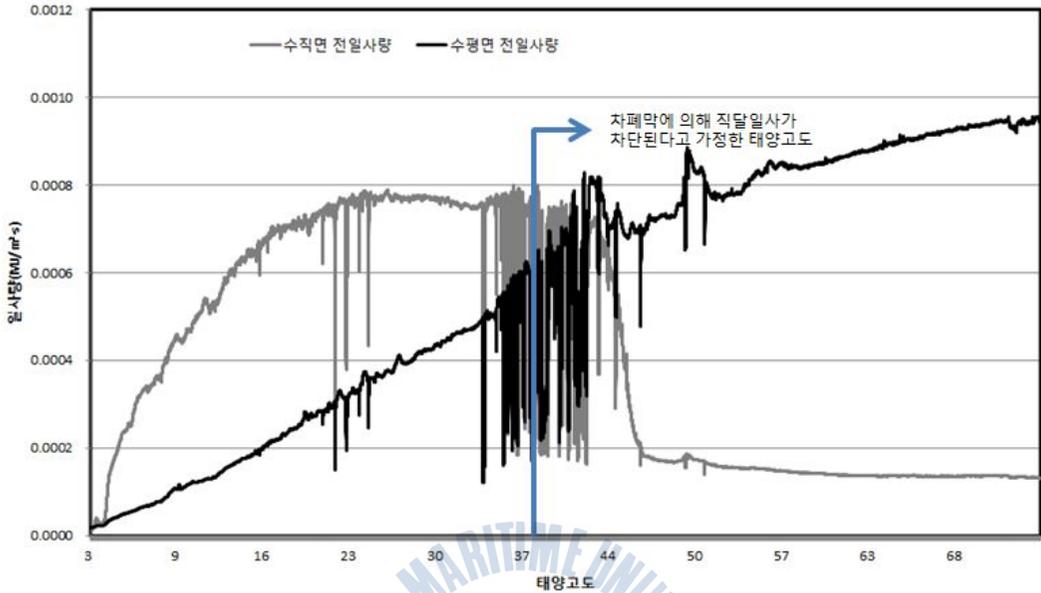


[그림 4-23] 실험 3 결과

실험 1, 실험 2와 비슷한 경향으로, 태양고도인 42°부근에서 수직면 전 일사량이 크게 감소했다. 실험 3은 [그림 4-23]과 같이 기상 상태의 영향으로 일사량 변동이 심하지만 대체적으로 앞의 실험과 비슷한 경향을 보였다. 또한 차폐막에 의해 직달일사가 차단된다고 가정한 태양고도 이후에도 수직면 전일사량이 높은 값을 유지하다가 42°에서 떨어졌다.

실험 3도 마찬가지로 태양고도 3°~42° 부근에서의 수직면 전일사량은 반사일사라고 추정할 수 있다. 하지만 실험 1, 실험 2와는 달리 태양방위각을 따라간 실험이므로 일사계의 시점이 그림 [4-18], 그림[4-19]를 살펴보면 태양고도 11°~40°에는 수면 상에서 받은 수면 반사 일사량, 40° 이후에는 지면반사와 수면반사가 동시에 존재하는 구간이라고 할 수 있다.

3) 일사계가 태양 방위각을 수면 상에서만 따라가는 경우 - 실험 4



[그림 4-24] 실험 4 실험 결과

수면 상에서만 태양 방위각을 따라간 데이터 값으로 실험 1, 실험 2, 실험 3의 데이터와 비교해 볼 때, 수직면 전일사량과 수평면 전일사량의 경향이 크게 차이가 없음을 알 수 있다. 단 태양고도 11° 이후에는 그림[4-17] 그림 [4-18] 시점만 유지하였다.

따라서 태양고도가 11° 이후에는 일사계가 수면 상에서 상향된 반사 일사만 측정됐다고 볼 수 있다.

4) 실험별 종합분석

[표 4-2] 태양고도별 반사 일사 종류

태양고도 실험 명칭	0°~11°	11°~37.2°	37.2°~72°
실험1 (방위각 72°로 고정)	육상과 수면에서 발생하는 반사 일사가 측정됨	육상과 수면에서 발생하는 반사 일사가 측정됨	
실험2 (방위각 72°로 고정)		수면 반사만 측정	수면 반사만 측정
실험3 (태양 방위각을 따라감)			
실험4 (태양고도 11°이후 수면 상에서만 측정)		수면 반사만 측정	육상과 수면에서 발생하는 반사 일사가 측정됨

[표 4-3] 실험 1~4의 분석

태양고도 실험 명칭	0°~11°	11°~37.2°	37.2°~72°	
실험1 (방위각 72°로 고정)	수직면 전일사량이 수평면 전일사량보 다 높음	점진적으로 수직면 전일사량은 감소, 수평면 전일사량은 증가	45°이후에 수직면 전일사량이 수평면 전일사량보다 작아짐	
실험2 (방위각 72°로 고정)			44°이후에 수직면 전일사량이 수평면 전일사량보다 작아짐	
실험3 (태양 방위각을 따라감)			42°이후에 수직면 전일사량이 수평면 전일사량보다 작아짐	
실험4 (태양고도 11°이후 수면 상에서만 측정)			43°이후에 수직면 전일사량이 수평면 전일사량보다 작아짐	
수직면 일사계	직달일사	O	O	X
	반사일사	O	O	O
	천공일사	X	X	X

[표 4-2]는 수면반사와 지면반사의 측정 범위를 실험별로 나타낸 것이다. 수직면 일사계의 직달 일사, 반사일사, 천공일사 항목은 유입·차단을 본 논문에서 가정한 것을 O(유입), X(차단)로 나타낸 것이다. 그리고 [표 4-3]은 태양고도별

분석으로써 실험별로 수직면 전일사량과 수평면 전일사량의 비교를 나타낸 것이다.

37.2°~72° 이후에는 직달일사가 차단되는 시점임에도 수직면 전일사량이 바로 감소하지 않고, 네 개의 실험 모두가 42°~45° 이후에 수평면 전일사량보다 감소하였다. 기존에 가정한 직달 일사의 차폐 용도인 차폐막이 직달일사를 막았지만 그 시점이 37.2°가 아니며, 반사 일사만 측정했다면 수직면에 들어오는 양이 상당할 것으로 판단할 수 있다. 또한 42°~45° 이후의 수직면에서 측정한 일사계의 데이터는 천공일사가 수면에 반사되어 들어온 일사량으로 추정된다. 즉 각도 상으로 직달 일사가 반사되어 들어오는 한계 지점이 42°~45°이고 천공일사는 태양고도에 상관없이 수직면에 반사되는 것으로 판단된다. 따라서 직접적인 천공일사와 직달일사의 유입은 없지만 두 일사의 반사일사 성분이 차폐막 밑에 설치된 일사계에 유입됐다고 볼 수 있다.

따라서 이러한 비슷한 경향은 수직면에서 측정한 일사량이 모두 반사 일사량일 가능성을 높이는 데이터로 볼 수 있다.

정리하면 태양고도가 0°~45° 부근일 때 수직면 일사계에 측정되는 일사량이 모두 수면 반사일사로 추정되며 수평면 전일사량, 연직면 직달 일사량과 비교하면 태양고도가 낮은 시점에서 100%가 넘는 반사율을 보이며 반사되는 그 값이 클 것으로 판단된다.

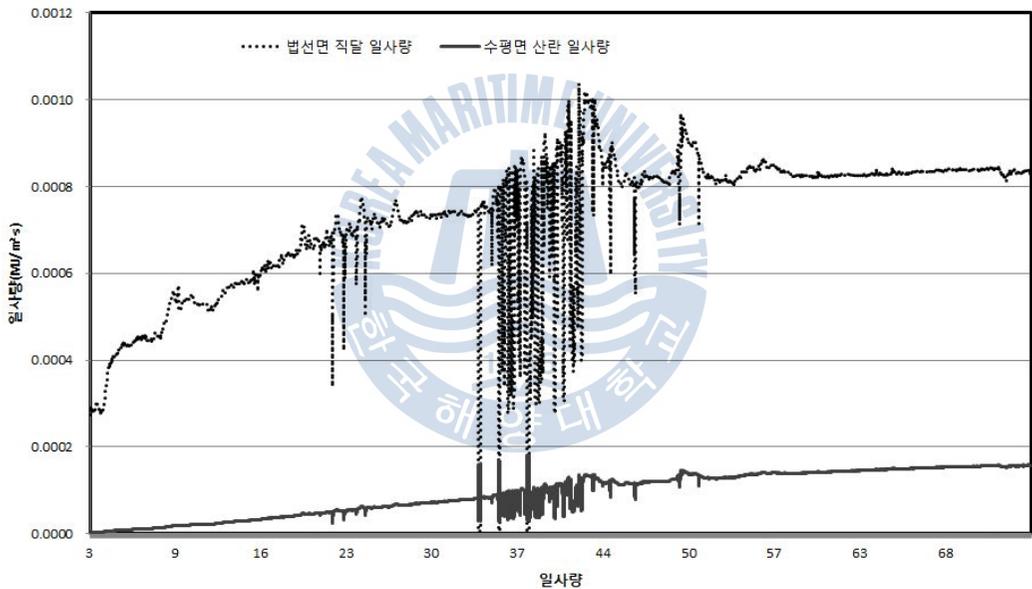
실험에서 계산된 반사율은 알베도 이론에 크게 벗어난 수치지만 이는 태양고도가 낮은 시점에 직달 일사가 수면에서 상향으로 반사되어 수직면에 도달하는 일사량이 상당히 크다는 것을 의미한다.

4.4.2 연직면 직달 일사량을 이용한 분석

4.4.1에서 측정된 일사량만으로 분석한 결과, 수직면에서 측정된 일사량은 모두 반사 일사일 가능성이 높을 것으로 추정했다. 4.4.2에서는 본 연구에서 가정 한 수면 반사 일사 도출방법으로 실험 4를 대상으로 분석하였다. 수직면에서 측정된 일사량이 직달일사와 반사일사일 것이라고 가정한 분석이다.

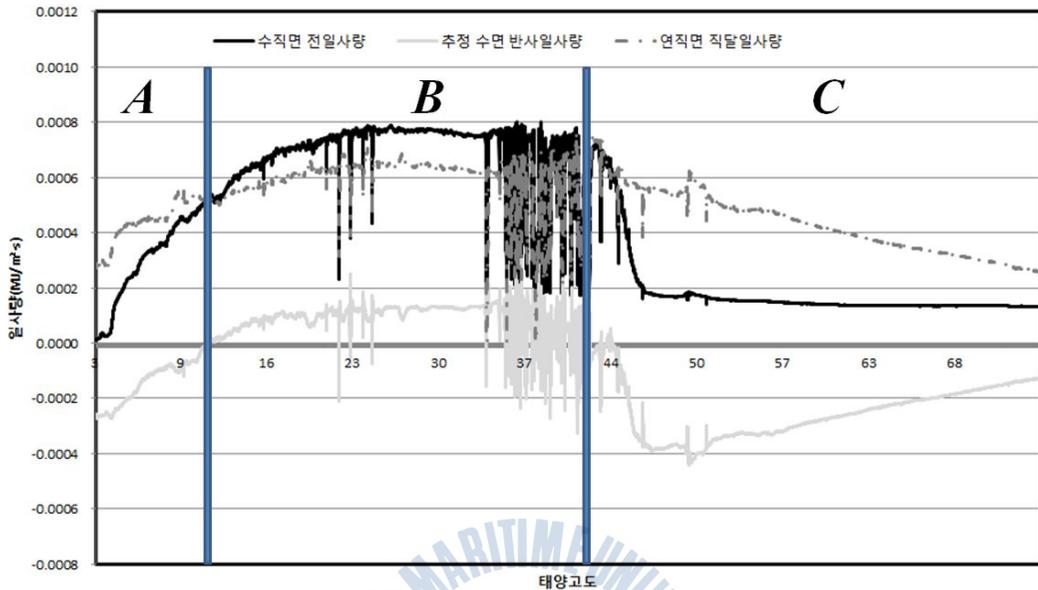
1) 직산분리

수면 상에 측정된 실험 4의 일사량 측정값을 Erbs model에 의해 직산분리하여 각각 법선면 직달 일사량, 수평면 산란 일사량을 분리하였다.



[그림 4-25] 실험 4 결과 분석 -1

2) 추정 수면 반사 일사량



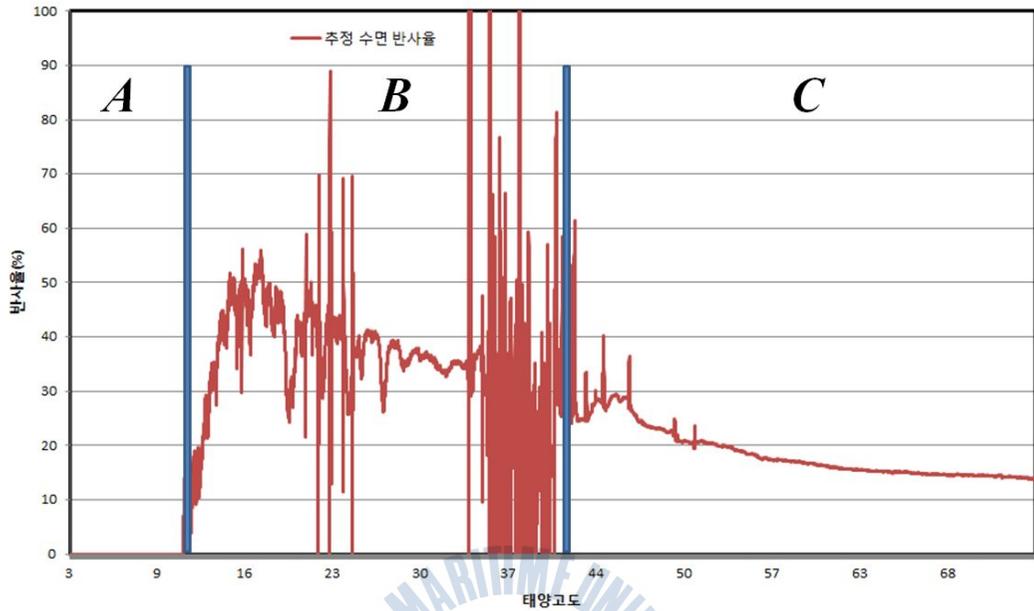
[그림 4-26] 실험 4 결과 분석 -2

실험에 쓰인 추정식

$$\text{추정 수면 반사 일사량} = \text{수직면 전일사량} - \text{연직면 직달일사량}$$

A 구간은 태양고도가 낮은 시점, 그리고 실험장소의 영향(산, 방파제)으로 수직면 전 일사량이 연직면 직달 일사량보다 낮아서 수면 반사 일사가 음수로 계산됐다. B 구간이 지난 시점은 수직면 전 일사량과 연직면 전 일사량을 빼 값인 수면 반사 일사를 추정할 수 있었으며 C 구간 이후에는 직달 일사량이 없고 수직면 전 일사량 자체가 수면 반사 일사로서 추정할 수 있다.

3) 추정 반사 비율



[그림 4-27] 실험 4 결과 분석 -3

수평면 전 일사량에 대한 추정 반사 일사량의 비율 그래프이다. 수평면 전 일사량(100%)에 대한 추정 수면 반사에 대한 비율(%)이다.

① A구간 ($0^{\circ}\sim 11^{\circ}$)

태양고도가 낮은 시점에는 연직면 직달 일사량이 수직면 전일사량보다 크기 때문에 반사 성분이 음수다. 연직면 직달 일사량이 음수인 이유는 추정된 값이므로, 또한 일조시간 이전(태양고도 10°)의 태양 고도가 낮은 시점에는 장소 특성상 일사량이 정확하게 측정되지 않기 때문이다.

② B구간 ($11^{\circ}\sim 40^{\circ}$)

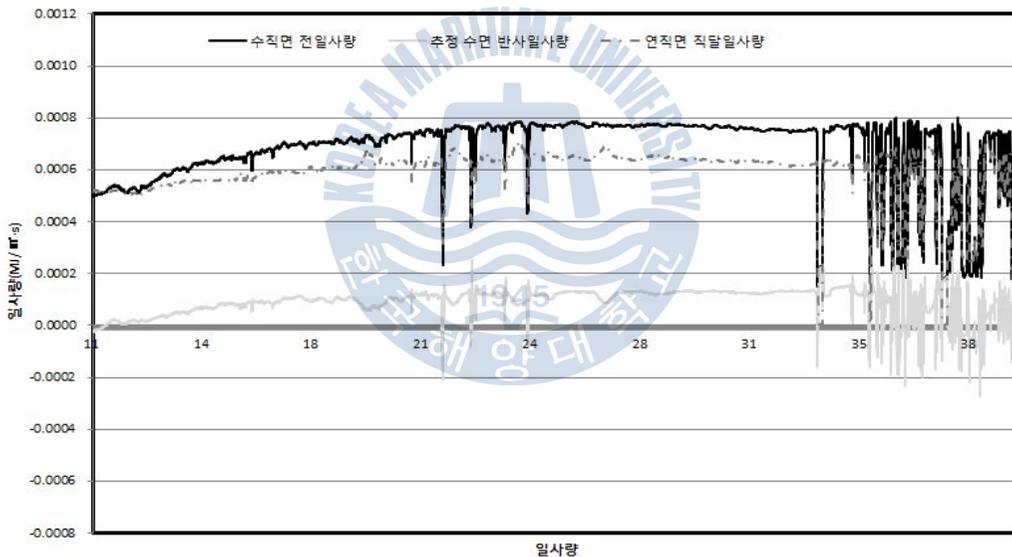
수면 반사 일사가 가장 크게 작용하는 구간이다. 35~50%에 달하는 반사율을 보인다.

③ C구간 (40°~)

B구간 이후의 측정된 수직면 전 일사량 성분은 반사성분만 남기 때문에 이 값을 이용하여 반사율을 나타냈다. 15~20%사이에서 수렴하고 있다.

4) 실험 4의 수면 반사 일사 검토

그림[4-17] 시점에서의 수직면 전일사량, 추정 수면 반사일사량, 연직면 직달 일사량이다. 전방에 수면만 바라보고 있는 시점으로 태양고도는 11°에서 40°까지이다. 전방을 고정시킨 실험 1, 실험 2는 분석에서 제외했다. 태양고도가 11°에서 40° 시점에도 일사계에는 지면과 수면 반사가 같이 측정됐기 때문이다. 변동 폭이 심한 실험 3을 제외하면 수면 상에서 회전한 실험 4가 본 연구에서 가정한 추정 식에 적합하게 된다.



[그림 4-28] 실험 4의 추정 수면 반사 일사 도출(태양고도 11°~40°)

제 5 장 결 론

본 연구는 해수면에 작용하는 수면 반사 일사량에 관한 연구로 수면 반사 일사량의 도출에 대해 기술하였다. 수면 반사 일사가 하절기에 냉방기 가동으로 인한 냉방부하 증가에 가장 영향을 받는 시기로 가정하고 사례에 대해 조사하였다.

사례 조사 결과, 내륙과 해안에 위치한 건축물의 부하 산정 시 고려해야 하는 항목에서 차이를 보이지만 안전율은 동일하게 10%만 설정하고 있었다. 따라서 수면 반사 일사의 정량적인 평가가 인정되면 해안 지역의 안전율은 내륙에 비해 일정 수준 이상 높게 책정되어야 할 것으로 판단된다.

데이터 분석 결과, 다음 두 가지의 결과가 추정되었다.

(1) 태양고도가 $0^{\circ}\sim 45^{\circ}$ 부근일 때 수직면 일사계에 측정되는 일사량은 모두 직달일사에 의한 수면 반사일사이고 45° 이후에는 천공일사에 대한 반사일사이다. 수평면 전일사량, 연직면 직달 일사량과 비교하면 그 양이 상당히 많다.

(2) 수면 상에서, 태양고도가 $11^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 부근일 때 수직면 전일사량이 직달일사와 반사일사라는 가정 하에 연직면 직달 일사량을 뺀다면 10~50%의 반사율을 보인다.

반사율은 실험 방법, 장소, 기상상태 등의 요인으로 변동이 있을 것으로 판단된다. 분석 결과의 반사율은 서로 다르지만 수면 반사일사가 존재한다는 사실은 입증하고 있다. 본 연구를 통해 태양고도별에 따른 반사 일사의 정량적인 양에 대해서는 다양한 방면으로 분석하지는 못했지만, 수면 반사 일사의 존재에 대해 확인함으로써 해안 지역의 건축물의 안전율에 대한 재검토가 반드시 필요하다는 것으로 판단되었다. 또한 추후 연구를 통해 반사율 정도와 하절기의 냉방부하를 고려하여 적정 수준의 안전율에 대해 검토되어야 할 것이다.

참고문헌

1. 대한설비공학회, 2011. 설비공학편람 제2권. 대한설비공학회
2. 도근영, 2012. 플로팅 해상호텔의 부하계산에 관한 연구. 한국항해 항만학회 지 제 35권 제 5호(p401-406)
3. 마쓰다 오사무, 1983. 세토나이카이의 태양에너지의 계절변동과 수체내의 분포. 히로시마 대학
4. 박방열, 1983. 건물의 일조계획을 위한 인동계수 산정모델. 대한건축학회 학술 논문집
5. 박종일, 서기원, 1999. 건축 설비 설계. 도서출판 세진사
6. 부산기상청, 해양기상 관측등표
7. 서승직, 2011. 건축 설비계획. 일진사
8. 오기환, 2006. 태양 일사에 의한 냉방부하의 동적수치 해석에 관한 연구. 대한건축학회 지회연합논문집 8권 3호
9. 오은경, 2011. 다중위성자료를 활용한 해수면 온도(SST) 합성기법 개발 연구. 해양 환경 안전 학회지 제17권 제3호
10. 원종호, 2000. 서울지역 실측일사량을 이용한 일사량 직산 분리 모델의 정밀성 검증. 태양에너지 vol 20.1.2000
11. 이경희, 2010. 건축환경계획. 문운당
12. 이철기, 홍봉재, 방승기, 2007. 실무지식 건축설비. 문운당
13. 이한석, 2011. 도시수변과 인간행동. 대덕문화사
14. 임정명, 2004. 건축설비. 기문당
15. 조덕기, 윤창열, 김광득, 강용혁, 2010. 실측에 의한 국내 법선면 직달일사량

과 청명일 정밀조사. 한국태양에너지학회

16. 조덕기, 윤창열, 김광득, 강용혁, 2012. 태양열발전단지 건설을 위한 최적지 선정에 관한 연구. 한국태양에너지학회
17. 지준범, 2012. 한반도 태양에너지 연구를 위한 일사량 자료의 TMY 구축. 국립 기상 연구소
18. 카와니시 토시마사, 수면반사를 고려한 자외방사 살균에 대한 연구
19. 하대웅, 2008. 건물외피 창호면적 변화에 따른 에너지 소비량에 관한 연구. 한국 산업 응용학회 춘계학술대회 논문집



감사의 글

- 생각해보면 만감이 교차합니다. 3년 전 어느 날 불현듯. 고단한 삶에 묻혀서 배움을 잊어버리고 살았던 나를 찾아 나섰습니다. 47년 전인 1966년 고등학교 졸업 때 한국해양대학교 기관학과에 지원하였으나 낙방 하였습니다. 그리고는 까마득히 잊어버리고 살았습니다.

- 2009년 학교 건너편 국립해양박물관을 건립하면서, 무심한 세월 속에서 잊어버리고 살았던 옛 기억이 떠올랐습니다. 그해 봄 무작정 우리학교 항만물류학과 대학원에 지원하였으나 낙방했습니다. 이왕지사 늦었는데----- 건설회사에서 기계업무를 담당하면서, 항상 궁금했던 건축공부를 한번 해보자 하고, 해사산업대학원 조선 해양 건축 공학과에 입학해서 건축에 관한 공부를 다시시작 했습니다.

- 뒤돌아보니 한국해양대학교를 세 번 도전하여 45년 만에 입학해서 47년 만에 졸업하지만, 지난 2년간의 한없이 행복하고 즐거웠던 만학의 시간들이 주마등처럼 지나갑니다.-

- 논문이 완성될 때까지 한없는 인내심으로 자상하게 지도해주신 도근영 지도교수님과 바쁜 강의 중에서도 논문심사를 해주시고 학문에는 엄격하시지만 너그러움과 포용으로 지도, 편달 해주신 박수용, 박동천 교수님께 가없는 감사를 드립니다.

- 저술과 학술연구에 여념이 없으신 중에서도 한 학기 동안 점심시간을 할애하시며 해양건축 특론을 강의해주신 이한석 교수님께 더없는 감사를 드웁고. 그리고 멀리서 웃으시면서 조용히 지켜 보아주신 학과 여러 교수님께 머리 숙여 감사를 드립니다.

- 칠·팔월 땀별에서 실험과 논문작성을 도와준 연구실 원종민, 김익현, 화나현 동문에게 그간의 노고에 고마움을 표합니다.

- 공부의 시기를 놓친, 나이 많은 직원이 공부를 하겠다고 재가를 요망하자, 걱정을 하면서도 물심양면으로 지원해주신 우리 회사의 김동희 회장님, 허동윤 총괄사장님과 임직원님께 감사를 드립니다.

- 평생 가정을 위해 자신을 희생하고 헌신한 예순이 넘는 아내 이수성과 공기업에 근무하며 늘 부모의 안위를 걱정하는 외아들 박정욱과 결혼을 하고도 직장생활을 하며 가정의 화목을 위해서 항상 노력하며 곧 손자를 순산할 착한 며느리 장은경과 자신의 삶을 최선을 다하여 열심히 살아가고 있는 박수현, 박지현 두 딸 등 우리가족 모두에게 고마움을 표합니다.

- 2013년 1월30일-

