

에너지 시뮬레이션을 이용한 발코니 개조에 따른 난방부하 경제성 고찰

김 성 우, 박 상 현, 임 정 희, 김 병 선
연세대학교 건축공학과

Economic Study on Heating load by Balcony Remodeling in use of Energy Simulation Program

Sung-Woo Kim, Sang-Hyun Park, Jung-Hee Lim, Byung-Seon Kim
Department of Architectural Engineering, Yonsei University, Seoul 120-749, Korea

ABSTRACT: Balcony space effects indoor thermal environment. When balcony is extended, problems would be made such as noise, dew condensation, over heating energy, and etc. Extend of balcony increase heating load about 47%. occupants must consider remodeling for their balcony. This paper compare extended balcony with unextended balcony on heating load in use of energy simulation program. According to increase heating load, we expected that building heating cost would be increased by extend balcony. To consider extend balcony, occupants must be finished with better date between heating cost increasing and floor area increasing.

Key words: Balcony Remodeling(발코니개조), IES VE(에너지시뮬레이션), Heating load(난방부하),

기호설명

- T_a : 실내 공기 온도[$^{\circ}\text{C}$]
- T_s : 평균 표면 온도[$^{\circ}\text{C}$]
- hc : 실내 대류열전달계수, 식(1)
- f : 평균 실내 풍속에 따른 계수
- C : 표면 방향에 따른 계수
- v : 시뮬레이션 가상 데이터에 따른 풍속[m/s]

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

2005년 12월 2일 ‘아파트 발코니 구조변경 전면 허용’에 대한 건축법 시행령 개정안이 11월 29일 국무회의를 통과하였다. 개정안에서 발코니에 설치하는 창호의 단열·구조 및 화재 안전 기준을 보강한 발코니 구조 변경 시 요구되는 설계 기준도 확정되어 발표되었다. 이러한 개정안은 기준에 발코니 확장에 대한 위법논란을 종식시키는 계기를 마련하였다. 이로 인해, 소비자의 요구와 전용면적을 늘리면서 분양 실적을 올리려는

†Corresponding author

Tel.: +82-2-2123-2791; fax: +82-2-365-4668

E-mail address: smith78@naver.com

건설사들에 의해 발코니 공간을 확장한 아파트들의 계획 및 시공이 증가하고 있다.

발코니 공간은 겨울철에 외기 변동에 대한 실내 온열환경은 완화시키고, 난방부하를 저감시킨다. 여름철에는 차양효과에 따른 일조조절 기능과 냉방부하 저감 효과에 매우 유리하다. 또한 외부의 소음을 완충함으로써 소음을 저감하는 역할을 한다.^(1,5) 이러한 발코니를 확장하면서 앞서 언급된 발코니의 기능을 상실하게 됨으로써 실내 환경에 매우 큰 영향을 미치고 있으며, 실제 겨울철 발코니를 확장한 아파트에서 냉기류 및 냉복사에 의해 실내 온열환경에 대한 불쾌감이 나타나고 있다.⁽⁷⁾

2006년 1월 1일에 시행되는 개정안의 경우 확장된 발코니 안에 난방원을 둘 수 있게 되었다. 이로 인하여 실내 온열환경은 개선되었지만, 난방원과 난방부하가 늘어나게 되어 실내 온열환경의 개선정도와는 상관없이 난방비가 증가하게 된다.

본 연구에서는 발코니 구조 변경에 따라 에너지 시뮬레이션을 통해 난방부하에 대한 경제성의 관계를 고찰하였다. 에너지 시뮬레이션을 통해 발코니 구조 변경이 주택 경제성에 어떠한 영향을 주는지 분석하여 거주자의 요구에 따른 발코니 확장공간에 대한 거주자들의 선택을 도울 수 있게 하는데 목적이 있다.

1.2 연구 방법 및 내용

본 연구에서는 발코니 구조 변경에 따라 단열과 난방에 대한 선행 연구를 바탕으로 에너지 측면에서의 난방부하의 변화와 그에 따른 경제성을 에너지 시뮬레이션을 통해 비교 분석하였다.

- (1) 선행연구를 통해 측정자료, 각종 데이터를 수집, 조사
- (2) 발코니 구조 변경 전의 현장 측정을 통해 시뮬레이션의 검증용 실시
- (3) 각종 입력 조건을 정하고 그 데이터를 시뮬레이션에 입력하여 예측
- (4) 에너지 시뮬레이션을 통해 나온 데이터를 통해 경제성 고찰

Table 1 Extendable balcony area by net floor area[평]

Net floor area	Extendable balcony area
18	5~6
25.7	6~8
33	9~10
42	11~12

2. 발코니 구조 변경

‘건설 교통부 장관이 정하는 주택에 설치되는 적합한 발코니는 필요에 따라 거실·침실·창고 등 다양한 용도로 사용할 수 있다. 라는 전언으로 2005년 12월 2일 개정안이 통과되었다. 2006년 1월 1일부터 시행됨에 따라 현재 많은 건설사들이 발코니 확장 구조 변경을 현장에 적용하고 있는 실정이다. 발코니는 안전, 소방상의 이유로 구조변경을 제한했었다. 하지만 안전조치를 강화하면서 구조변경을 허용함에 따라 많이 시행되고 있다.

발코니 구조 변경 시 외부 창을 무조건 이중창을 설치해야 함을 명시하였다. 이는 실내 온열환경의 저하와 화재 시 화염의 전이를 우려하여 법으로 보장을 하기 위한 것이다. 또한 가벼운 나무 등으로 마루를 만드는 정도만 허용된 이전과 달리 앞으로는 콘크리트를 부어 바닥을 높일 수 이시키고 확장된 발코니 부분에 대해 바닥에 난방장치를 둘 수 있게 되어 이전 보다 더 개선된 실내 환경을 만들 수 있게 되었다. 발코니의 폭을 1.5m로 제한하였기 때문에 확장 면적은 Table 1.과 같이 평형에 따라 확장 가능한 발코니 면적이 정해져 있다.

3. 시뮬레이션

3.1 해석모델(Modeling)

해석 모델은 공동주택에서 가장 많은 세대수를 가지는 32평형을 대상으로 발코니가 있는 세대를 선정하였고, 남향이며, 천장높이 2.3m인 모델이다. 대상 아파트의 경우 공급 32.61평에 전용 면적이 25.69평인 주택이다. 현재는 발코니 구조 변경이 되지 않은 상태이다.

Table 2 Measure range of equipment

Unit	Range
Air temperature	-20 ~ +70°C, ± 0.7°C
Relative humidity	25 ~ 95%, ± 5%
Surface temperature	-40 ~ +100°C, ± 0.5°C
Illumination	0 ~ 2000 lux

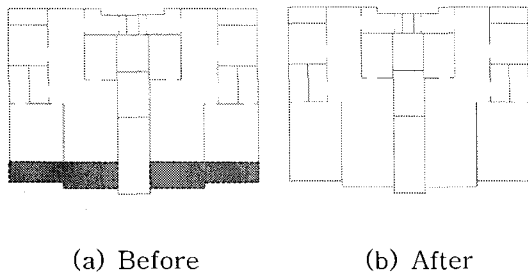


Fig. 1 Simulation modeling by extend

측정 모델은 현재 서울시 성동구 송정동에 위치한 건영 아파트이고, 향후 신축되는 아파트뿐만 아니라 92년 6월 1일 이전에 신축신고를 하거나 신축 허가를 받은 주택에 설치된 발코니의 경우 발코니에 대한 안전 규제가 1m²당 300kg이 넘기 때문에 발코니 확장 구조변경을 할 수 있기 때문에 지어진 건물 중에 발코니 구조 변경을 하는 주택이 많아 질 전망이다.¹⁾

온습도 측정 장비는 HOBO 온습도 데이터 로거를 사용하였다. 데이터 로거의 측정 범위는 Table 2와 같다. 시뮬레이션 검증을 위한 현장 측정지점은 거실과 발코니 부분으로 하였고, 측정 세대의 경우 거의 정서향으로 일사로 인한 온도 변화에 영향을 받지 않기 때문에 발코니 중앙에 데이터 로거를 두었다.

시뮬레이션의 간소화를 위해 사용되는 평면은 아래와 같이 두었다. 거실과 부엌이 붙어 있는 living room과 방 3개를 room A,B,C로 면적이 큰 순으로 분류하였다. 그리고 난방부하의 결과를 위해 계단실과 코어 부분과 화장실 부분을 보다 간소화 하였다. 시뮬레이션 전과 후는 before와 after로 구분하였고, 전면발코니 선택한 이유는 선행 연구에서 전면 발코니로 인한 온열환경 조절에 대한 연구 결과로 인해 Fig 1. (a)에서 (b)로 전면 발코니 부분을 모두 확장하였다.

3.2 해석 프로그램

에너지 시뮬레이션 프로그램으로는 espor를 엔진으로 영국 IES4D사에서 만든 VE(Virtual Environment) ver. 5.4를 사용하였다. VE ModellT에서 모델링하여 열적 환경을 시뮬레이션 모듈인 Apache 모듈을 사용함으로써 동적 시뮬레이션 프로그램으로써 기본적으로 건물과 건물 사이나 주변에서 일어나는 열전달 과정의 수학적인 모델링에 기반을 두고 있는 프로그램을 사용하였다. Apache 모듈인 ApacheSim에서는 대류 열전달 계수를 설정하여 계산해준다. 실내 대류 열전달 계수 산정인 CIBSE 방법인 유동 대류 계수를 적용하였다. 실내 대류 열전달 계수 산정은 CIBSE 방법의 계산식으로 나타낼 수 있다.

$$hc = fCA\Delta T^{n-1}, \Delta T = |T_b - T_s| \quad (1)$$

ApacheSim에서 실내 평균 풍속은 환기율과 실 배치에 따라 다게 계산된다. 외부 열전달은 건물의 외부 표면에서 일어나는 대류로 바람에 의해 일어난다. ApacheSim에서의 외부 대류 열전달 계수 계산식은 McAdams의 실험식을 사용한다.

$$hc = 5.6 + 4.0v \quad (v < 4.88) \quad (2,3)$$

$$hc = 7.2v^{0.78} \quad (v < 4.88)$$

태양 복사열에 관한 환경은 청천공으로 설정하여 복사열을 최대한으로 받을 수 있도록 하였으며, VE 시뮬레이션에서는 동적인 프로그램으로 시뮬레이션 기간을 시작할 때 첫날부터 바로 시작하는 것이 아니라 신뢰도가 있는 데이터를 얻기 위해 건물의 축열 성능을 고려한 Preconditioning Period을 설정하여 실질적으로 진행되어진 열 상태로 시작할 수 있도록 하였다. 프로그램의 default 값은 경구조 건물은 10일로 되어 있고, 중구조 건물은 30일로 되어있다. 이는 구조체의 종류에 따라 축열성능에 차이가 있기 때문이다.⁽³⁾

본 실험에서는 공동주택의 경우이므로 중구조로 판단하여 프리 컨디셔닝 기간을 30일로 설정하였다.

1) 2005년 10월 13일 중앙일보

Table 3. Input condition of construction material properties

Material	Speicic heat (J/kg.k)	Thermal conductivity (W/mk)	Density (kg/m ³)
Concrete	1000	1.13	2000
Aerated concrete	840	0.160	500
Gypsum board	840	0.160	950
Cement plaster	800	0.720	1860
Styrofoam	1400	0.025	30
Tile	800	0.840	1900

Table 4. Basis Conditions for heating energy simulation

Classification	Basis, Condition
Heating load period	Oct ~ Mar
Set point temp.	24℃
Infiltration Coefficient (a storm window)	0.59 l/(s.m.pa)
Weather date	SEOUL (IES APLocate)

3.3 입력 조건

실제 거주하는 세대를 대상으로 거주자에 대한 프로파일을 조사하여 입력하였다. 현장 실험에서 난방은 24~25℃ 타이머를 돌려놓는데 온도는 동일하고 1~2시간 간격으로 난방을 한다. 이와 같은 실제 측정 세대에 대한 프로파일은 신뢰도를 위한 시뮬레이션 타당성 검증을 위해 필요한 부분이다. 벽체와 바닥은 일반 콘크리트 구조로 하여 재료의 물성치는 IES VE 프로그램의 재료의 물성치를 이용하여 적용하였다.

바닥과 외벽, 내벽, 유리창을 통해 외부와 전도로 인한 열 교환이 있기 때문에 상부 층과 하부 층을 두어 위와 같은 변수를 최대한 줄였고, 계단실과 같은 중간 인접실을 두어 실제 측정 세대와 비교하여 모델을 만들었다.

‘아파트의 전면 발코니의 실내환경 조절효과 비교 연구’에서 전면발코니의 확장에 따른 실내 온열환경이 더욱더 나빠지면서 실내 온열 환경에 영향을 끼치는 것에 대비해 개정안에서는 이중창을 의무화 하였다. 본 실험에서는 이중창의 침기 계수를 입력하여 전면발코니를 확장한 평면에 입력하여 실제 개정안에 맞추어 구현하도록 하였다. 이중창의 대한 침기계수는 선행연구 데이터

를 참고하였다.^[8] 환기 횟수는 침기계수를 입력하여 환기횟수를 구하도록 하였으며, 그 값은 실내 0.5~0.8 ACH 로 나타내어지며, 본 실험에서는 냉방은 제외되고, 난방만을 고려하였다. 난방을 위한 시뮬레이션을 위한 기본 설정은 표 4.와 같다.

측정 세대에서는 난방을 타이머로 맞추어 실내 온도를 24~25℃로 유지하고 있었다. 실내 온도의 경우 에너지 절약 설계 기준은 20℃를 권장하고 있으나, 타당성검토와 실태조사에서 추정된 사용조건은 24~26℃로 나타낸바 있다.⁽³⁾ 이러한 사용조건을 해석에 반영하기 위하여 실내 온도를 24℃로 설정하였다. 또한 난방기간의 경우 난방 부하를 위한 기간을 서울의 경우 10월부터 5월까지라고 말하고 있으나, 실제 거주자가 난방을 하는 기간을 시뮬레이션에 적용하였다.

본 연구에서는 시뮬레이션 타당성 검토를 위해 측정 세대와 같은 향과 같은 조건에서 실시하였고, 향, 층수와 같은 위치적인 면은 고려하지 않았으며, 측정세대가 일조량에 대해 다른 건물에 영향을 전혀 받지 않은 곳이어서 다른 건물에 의해 일사량 영향을 고려하지 않았다. 또한 이번 연구에서는 창 종류나 차양 또는 일사량에 대한 변화는 연구의 목적과 상이한 이유로 고려하지 않았다.

3.4 시뮬레이션 타당성 검토

예측 결과에 대한 타당성 검증을 위해 대상 세대를 실측하여 얻은 데이터를 이용하여 실제 지어진 건물에서 재료에 대한 것이나, 내부 환경에 대해 차이점은 있으나, 실제 거주자의 생활 프로파일을 작성 대입하고, 실내 발열부하에 대한 영향도 고려하여 예측 결과에 대한 신뢰도 검증에 이용하였다. 2005년 11월에 23일~30일까지 발코니 부분에서 측정한 데이터를 가지고 측정 시 외부 온도 분포, 평균 온도와 발코니 부분의 온도분포, 평균 온도를 이용하여, 시뮬레이션 상에서의 같은 온도 분포를 시뮬레이션 데이터 비교 가지는 기상데이터를 이용하여 발코니 부분의 온도 분포를 비교한 결과, Fig 2.에서처럼 대상세대 측정 발코니 평균 온도(15.7℃)와 시뮬레이션으로 구한 발코니 부분의 평균온도(15.8℃)가 유사함을 보였다.

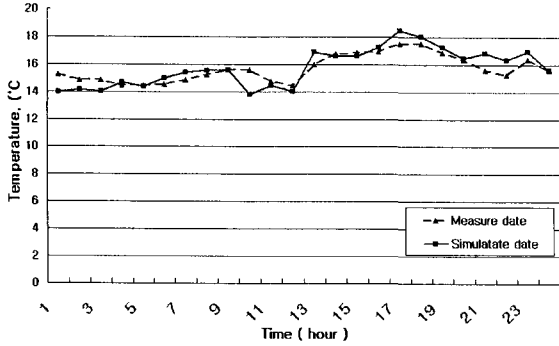


Fig 2. Comparison on Measure date and simulation date at balcony

4. 시뮬레이션 결과 분석

발코니를 확장한 평면의 경우 외기와 직접 만나게 되는 창의 물성치에 따라 많은 변화를 가져옴을 시뮬레이션을 통해 알 수 있었다. 하지만 본 실험에서는 창의 종류가 아닌 확장과 비확장 사이를 변수로 하여 비교 분석하였다. 하지만 발코니 확장한 세대에 대해서는 이중창으로 적용하였다. External window의 경우 일반적으로 쓰이는 double glaze(6mm*6mm)를 적용하였다. 시뮬레이션 결과 발코니를 확장하고 난 후가 확장을 하기 전보다 난방부하의 증가를 볼 수 있다. 이는 선행 연구를 통해서도 나온 결과와 같은 것을 알 수 있었다.

Fig 3.에서 보는 것과 같이 난방기간 모두 확장한 발코니가 59.7%의 난방 부하 증가율을 보이고 있다. 발코니 확장을 하면서 난방기간 중(연중) 난방부하가 발코니 확장 전의 부하량 6.033(MWh)에서 발코니 확장한 평면에서는 3.6(MWh) 증가한 9.636(MWh)인 것을 볼 수 있다. Table 5.에서 온도가 가장 낮은 12월과 1월에 차이가 가장 큰 것을 알 수 있다. 이는 외기와 온도차이가 클수록 열손실이 많아지면서 열교환이 많이 일어나게 되면서 열적 완충효과를 작용 [6]하는 발코니 공간이 없는 확장된 공간에서 현저하게 증가하는 것을 알 수 있었다..

Fig 4.에서 발코니 확장 전과 확장 후에서 각 방의 경우를 보면 전면 발코니부분과 관련하여 living room에서의 부하량이 가장 큰 부분을 차지하는 것을 알 수 있다. living room처럼 전면발

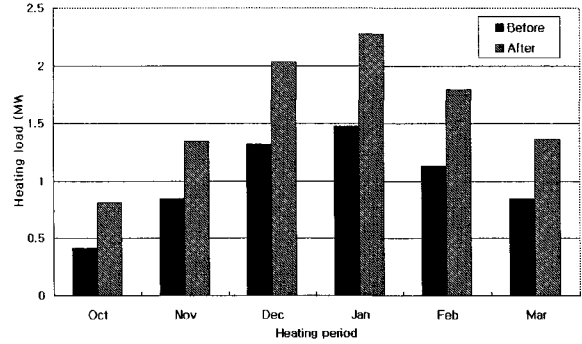


Fig 3. Comparison analysis on heating load by period

Table 5. Heating energy comparison by heating period

Date	Heating load Before[MWh]	Heating load After [MWh]	Difference [MWh]
Oct 1-31	0.413	0.813	0.400
Nov 1-30	0.849	1.345	0.496
Dec 1-31	1.318	2.036	0.718
Jan 1-31	1.474	2.279	0.805
Feb 1-28	1.133	1.797	0.664
Mar 1-30	0.845	1.369	0.524
Total	6.033	9.636	3.603

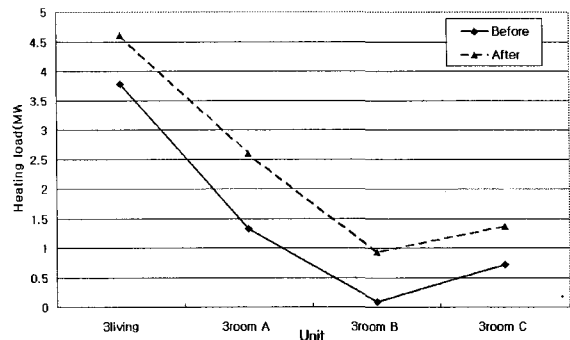


Fig 4. Total heating load change by room

코니 부분과 만나는 roomA의 경우 역시 많은 부하량을 차지하고 있지만 그것은 roomA의 크기가 크기 때문일 수 있다. 하지만 발코니 확장에 영향을 주었다는 것은 증가량을 보면 알 roomA의 경우 roomB, roomC보다 큰 변동 폭을 알 수 있다. 또한 대체로 발코니 확장으로 인해 난방 부하량이 living room보다 각 room에서 높은 비율로 증가함을 알 수 있다. 이는 전면 발코니를 확

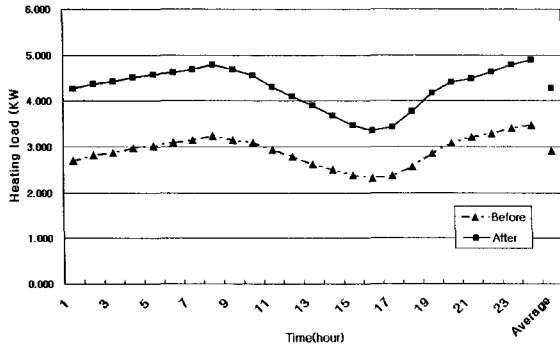


Fig 5. Peak load analysis of heating period

장하는 것은 거실보다 각 실에 영향을 미친다는 것을 알 수 있었다.

5. 경제성 고찰

시뮬레이션 결과 전면 발코니 확장 전에 총 난방 부하량이 6.033(MWh)에서 발코니 확장한 평면에서는 3.603(MWh) 증가한 9.636(MWh)으로 난방기간 중에 총 난방 부하량이 59.67% 증가한 것을 알 수 있었다.

일반 난방기기의 용량 산정 시 peak load를 산정하여 선정하는 것과 같이 난방 기간 중에 부하가 가장 많이 걸리는 날을 선정하여 그날 시간대별 peak load를 비교하여 분석하였다. 그 결과 Fig 5.에서 최대 약 1.56KW로 약 56%의 증가를 보였고, 평균 1.37KW로 47.2%의 증가를 보였다.

6. 결론

본 연구를 통해 전면 발코니 확장 개조 시 난방부하의 증가를 알 수 있었고, 그로 인해 다음과 같은 사항을 알 수 있었다.

- 1) 발코니를 확장한 경우가 확장하기 전보다 총 난방부하가 59.67% 증가한 것으로 실내 난방에 대한 비용에 영향을 미쳤다.
- 2) Peak load를 비교한 결과 평균 47.2%의 증가율을 보였다. 이는 확장을 하기 전의 난방비에 대한 증가분을 예측할 수 있었다.
- 3) 향과 층과 같은 위치에 따른 부하량의 변화에 대해서 역시 향후 연구가 필요하고, 전면 모두를 확장할 것인지, 거실만 할 것인지에 따라 에너지 부하의 변화에 대하여 알려줄 필요가 있다.

가 있다.

창의 종류에 따라 단열성과 기밀성이 다르기 때문에 증가율에 대한 정도는 달라 질 수 있다. 하지만 발코니 확장으로 인하여 난방비에 대한 증가를 가져올 수 있다는 것을 예측할 수 있다. 실내 설정온도를 24℃로 맞추면서 난방부하량이 커지게 되었다 이는 에너지 설계 기준보다 실제 난방부하가 더 크게 걸리는 것을 말하고, 그에 따라 난방비에 대한 부담도 커진다. 향후 발코니를 확장하는 것에 대한 비용과 난방 유지비에 대한 정량적이 분석이 필요하고, 그러한 데이터를 발코니 확장을 선택하는 거주자들에게 제공되어야 할 것이다.

참고 문헌

1. Choi, Y.J., 2005, Comparison study on Indoor Environmental Effects of Front Balcony in Apartment Hous, The Architectural Institute of Korea, Vol 21, No 10 pp. 265-274
2. Park,H.S., Hong,S.H., Kim,J.Y., 2006, The Effect of Building Energy Rating on the Balcony Remodeling in Apartment, The Arc hitectural Institute of Korea, Vol. 22, No. 3 pp. 295-302
3. Ahn, M.H., Choi, C.H, Lee, H.W, and Cho, M.K The Analysis of the Heating Energy in Apartment Houses with Pilotis, Journal of the Korean Solar Energy Society, V.26, N.1 pp.99-104
4. Kim, S.S., Cho, S., Yoon, Y.J, and Park, H.S., The Study on the Determining of the Infiltrat iojn Coefficient by Window Types, The Archit ectural Institute of Korea, Vol 21, No 4, pp 183-189
5. Kim, S.H., Song, D.S., Effect of the Balcony on Indoor Thermal Environment and Heating/cooling Load in an Apartment Hous, proceeding of the AIK '05 conference, Vol. 25, No 1, pp. 191-194
6. Choi. Y.J., 2005, Indoor Environmental Condition by Extisting Front Balcony in Apartment House during Winter, Proceeding of the KIID '05 conference, Vol 7, No 1, pp.267-270
7. Hong. C.H, 2002 Indoor Thermal Environment on Extend Balcony in Thermal comfort Simula tion program, Report of Daerim T.R.(summer)