

[논문] 한국태양에너지학회 논문집

Journal of the Korean Solar Energy Society

Vol. 23, No. 4, 2003

건물파사드에 관한 실측조사 연구

- 일본 동경지역의 벽체의 창면적비를 중심으로 -

김종민*, 최창호**, 이현우***

*동명정보대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

** 광운대학교 건축공학과 조교수, 건축공학박사

*** 광운대학교 건축공학과 교수, 건축학박사

A Study on Facades of Buildings

- The window area ratio distribution of building facade in Tokyo -

Kim, Chong-Min*/ Choi, Chang-Ho**/ Lee, Hyun-Woo***

Abstract

The purpose of this study is to analyze the window area ratio distribution of building facade in Tokyo metropolitan area. The survey was carried out in Marunouchi, Kanda, Kasai and Todoriki district. The results of this study were as follows; to propose of window area ratio production method, analyzed and surveyed window area ratio of each district building-used and to compared every wall window area ratio of building. Every wall window area ratio of office district is 20~40%, ones of non-office district is 15% or 35%. Residential area results are every wall window area ratio of apartment is 35%, ones of a house is 15%. To increase of office building to appear that Kanda, Kasai added window area ratio. But, Marunouchi, Todoriki wad not this tendency. Above mentioned results are made out database.

Keywords : 건물외피(Building Facade), 창면적비(Window Area Ratio), 건물용도(Building-Used), 데이터베이스(Database)words)

1. 서 론

도시지역의 기후 상태를 비교하면 통상적으로 현

저한 차이가 나타난다. 이것은 도시의 한정된 지역에 다수의 인간이 생활하고, 지표면의 대부분이 건축물 및 아스팔트로 포장되어 대기와 지표면의 열

교환이 원활치 못한 것과 산업·교통 등의 인간활동에 의하여 많은 열과 대기오염이 발생되고 있기 때문이다. 도시기후의 현상에는 여러 종류가 있으나, 사회문제가 되고 있는 것이 대기오염이며, 이외에는 도시지역의 열섬현상, 풍향·풍속의 변화와 감소, 대기오염에 따른 일사량 감소 등을 열거 할 수 있다.

건축환경공학 분야 중, 도시기후와 관련된 연구 부문에서는 대기오염을 정량적으로 파악하기 위하여 다양한 열환경 시뮬레이션이 행하여지고 있으며, 나아가 건축물이 도시기후에 미치는 영향을 세부적으로 평가하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

그러나, 도시기후 연구부문에서의 이와 같은 열환경 해석모델은 직방체에 가까운 평범한 건물을 상정하여 직교 좌표상에 일정간격으로 위치된 것이 대부분이고, 일사해석 모델은 건물형상을 재현하고 있지만 건물외피 재질의 차이나, 창 의 크기, 건물표면의 요철 등 열적 거동을 재현함에 있어 효과가 크다고 판단되는 요소들에 대해서는 간과되고 있기 때문에, 건축물에서 방출되는 열의 거동을 정확히 재현함에 무리가 있고, 시뮬레이션의 유효성도 의문점이 제기되고 있다.

기존의 연구방법을 크게 나누면 건물외표면을 대상으로 하여 인공위성을 이용한 리모트센싱 연구와 수치계산에 의한 연구가 주로 진행되고 있다. 리모트센싱 연구에서는 지표면에서의 방열상황 실태파악을 위주로 항공촬영 또는 인공위성을 이용한 방사온도계측이 행하여져 왔다. 항공기에 의한 직접 촬영연구의 경우에는 건축물을 단형 모델로 상정하여 연구를 진행하였기 때문에, 건물외피에 관한 정확한 데이터가 결여된 상태이며, 인공위성을 이용한 열영상을 해석함으로써 지표면의 구성재료나 공간형상과 열환경의 관계를 유추하는 연구의 경우는 인공위성 데이터로 얻은 정보로는 건축물의 층수나 용도를 무시한 단순한 연구결과만을 도출할 수밖에 없었다.

한편, 수치계산에 의한 연구는 건물군에서 방출되는 현열 열류의 실태파악은 아직 전무한 단계이고, 종래의 연구에서 진행되어진 단일 건물의 현열류량에 관한 연구는 기존의 동적 열부하 계산프로그램을 외부로 확장하여 이용한 수치실험에 의한 실태조사가 있으나, 이와 같은 범용프로그램은 개발목적이 전실공조를 가정한 사무소건물을 상정하였기 때문에, 인접실과의 열교환을 단순 온도차에 의한 가정이 많고, 외부로 확장하여도 극히 단순한 건물모델만이 계산 가능하다. 그러나 실존건물은 외피의 요철·형상 등에 의해 외표면의 열수지에 막대한 영향을 미치고 있다. 이러한 건물구성부위는 건물이 받는 일사열의 거동을 복잡하게 하고, 이로 인하여 천공율 분포 및 야간방사에 의한 냉각효과도 다양하게 변화하기 때문에 도시기후의 변화를 시뮬레이션에 의해 정량적으로 예측하기에는 무리가 있다.

건물의 외표면적과 열손실의 관계에 관한 연구는 다수 발표되어 있으나, 복수의 건물을 외피구성을 포함하여 발표된 것은 전무한 상태이기에 이에 대한 연구의 필요성이 대두되었다. 그러나 현재에는 창이나 외벽에 관한 정보가 부재한 상태로, 본 연구에서는 건축물 외벽에 관한 상세한 데이터를 얻기 위하여 일본 동경지역의 건물군을 대상으로 실측 조사를 통하여 각 항목의 데이터를 조사하고, 데이터 베이스화를 목적으로 연구를 진행하였다.

2. 실측조사

2.1 조사의 개요

본 연구에서는 상술한 바와 같이 대상지역의 건물을 사무소건물과 주거건물로 나누어 용도별 외벽이나 창에 대한 자료 등을 구하기 위하여 대상지역의 실존건물을 촬영하여 전산처리한 결과로 부터 벽체에 대한 창면적 비율을 산출하였으며, 건물높이는 적외선 거리계를 이용하여 추정하였다.

건물자료에 대한 조사 내용은 표 1과 같으며, 구체적인 각 항목의 분류는 표 2~4와 같다.

표 1. 조사항목

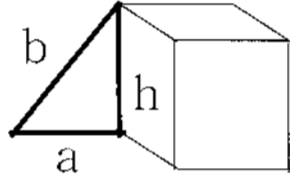
항 목	내 용
창면적비(%)	· 각 건물의 벽체당 창면적비 $\Sigma(\text{각 방위별 창면적비} \times \text{각 방위별 벽면적}) / \text{건물의 전체벽면적}$ · 바닥면적당 창면적비 (건물의 대표 창면적비 \times 건물의 전체벽면적) / 연면적
벽의 방위	동, 서, 남, 북, 기타
건물의 높이	적외선거리계를 사용하여 a, b를 측정하고, 계산하여 높이h를 구함. a: 측정위치로부터 건물과의 수평거리 b: 측정위치로부터 건물과의 대각선거리 h: 건물높이 
창의 종류	창 유리의 종류를 촬영한 사진으로 판단함.
외벽의 요철	건물의 외벽요철 상태를 카테고리별로 구분함.
외벽의 색깔	외벽의 색깔을 색에 의한 단파장방사율의 차이를 참조하여 카테고리별로 구분함.
기타	상기 외에는 동경도의 GIS데이터를 이용하여, 건물의 용도, 구조, 연면적, 층수, 외벽의 길이 등의 정보를 추정함.

표 2. 조사항목분류

카테고리	종 류
유리종류	보통유리
	열선반사유리
	열선흡수유리
발코니의 유무	없음
	있음
외벽의 요철	편평함
	전면발코니
	수평라인
	수직라인
	박스형

표 3. 건물용도별 조사항목분류

카테고리	건물분류
공공건물	관공서시설
	교육·문화시설
	위생·의료시설
	공급·처리시설
사무소건물	사무소건축물
	전용상업시설물
	주상복합시설물
	숙박·유락시설물
	스포츠·유흥시설물
주거용건물	단독주택
	집합주택
공업용건물	전용공업·작업소
	주거병용공업·작업소
	창고·운송관계시설

표 4. 건물의 구조·색체별 조사항목분류

카테고리	종 류
내화구조	내화구조
	간이내화구조
목구조	방화구조
	목조
벽체색깔	흰색(0.8~1.0)
	비교적 밝은색, 알루미늄(0.5~0.6)
	적벽돌·밝은색 콘크리트(0.4~0.5)
	비교적 어두운색(0.2~0.4)
	어두운색 콘크리트(0~0.2)
	벽체 없음

2.2 창면적비의 산출방법

창면적비의 산출방법은 조사대상 지역의 건물 표면을 사진 촬영하여고, 필름 스캐너로 스캔하여 영상파일을 생성하여 사진처리 소프트웨어로 단형으로 변형시킨 후, 창부분과 벽체 부분을 서로 다른 성분의 색상으로 처리함으로써, 화상이 각각의 성분을 포함한 비율을 조사함으로써 창면적비를 추정

하였다. 추정방법의 사례를 그림 1에 표시하였다.

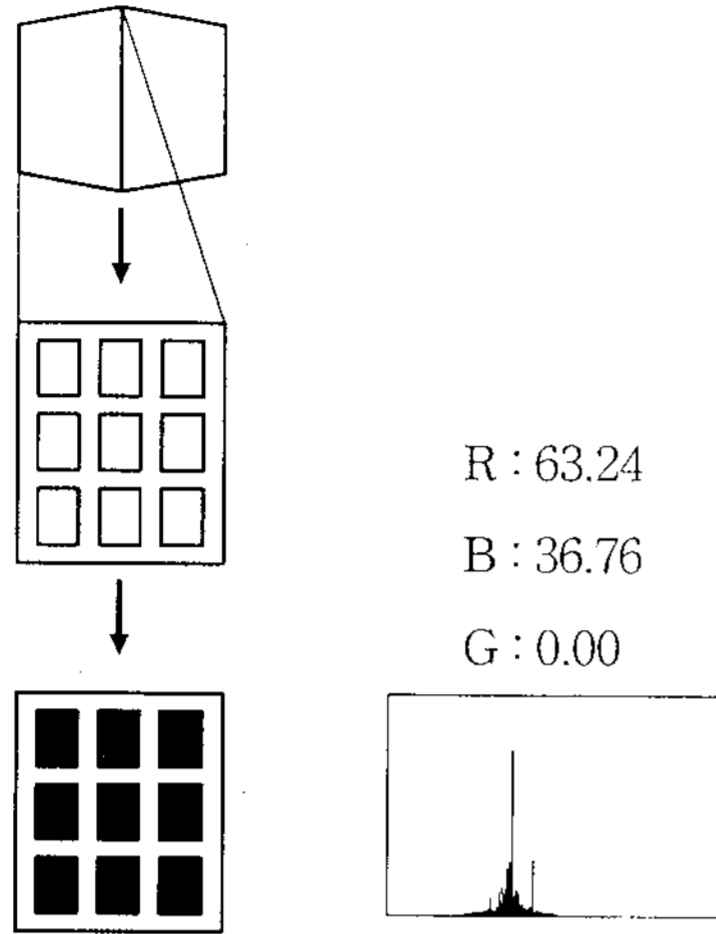


그림 1. 창조적비의 산출방법

창(R=0, B=a, G=0), 벽(R=b, B=0, G=0)의 성분으로 색체를 칠하고, 화상전체의 색체 히스토그램을 작성하여서 보고, B성분이 c, R성분이 d라 하면, 벽체에 대한 창면적의 비율을 (%)로 나타낼 수 있다.

3. 벽체의 창면적비 분포

3.1 대상지역별 벽체의 창면적비 비교

벽체의 창면적비를 대상지역별로 비교하였다. 벽체의 창면적비는 다음의 식(1)로 구할 수 있다.

$$W_{ar} = \frac{\sum (W_{dr} \times B_a)}{B_{ta}} \dots\dots\dots (1)$$

여기서,

- W_{ar} : 벽체의 창면적비(%)
- W_{dr} : 각 방위의 벽면에 대한 창면적비(%)
- B_a : 각 방위의 벽면적
- B_{ta} : 건물전체의 벽면적 이다.

식(1)로 부터 구한 값을 벽체별로 벽의 창면적비를 방위별로 분류하여 평균치 및 분산분석을 구한 것이 표 5~8이다.

개개의 건물 창면적비 평균과 조사대상지역 전체의 창면적비 평균을 비교하기 위하여, 식(2)의 산술평균과 식(3)에 의한 벽면적 가중평균 등 두 가지의 방법으로 평균치를 구하였으나, 큰 차이가 나타나지 않았다.

표 5. Marunouchi의 벽체 창면적비(%)

	E	W	S	N	기타	전체
평균(산술)	43	42	44	39	47	39
표준편차	17.2	14.1	16.9	18.6	19.2	15.1
표본수	21	9	18	16	9	31
신뢰수준(95.0%)	7.8	14.8	8.4	9.9	14.8	5.6
평균(벽면적가중)	41	43	36	43	43	39.4

표 6. Kanda의 벽체 창면적비(%)

	E	W	S	N	기타	전체
평균(산술)	37	33	37	34	35	35
표준편차	20.5	17.8	21.7	11.2	19.9	17.2
표본수	42	8	51	49	8	165
신뢰수준(95.0%)	6.4	16.6	6.1	3.2	16.6	2.6
평균(벽면적가중)	40	40	40	37	40	40

표 7. Kasai의 벽체 창면적비(%)

	E	W	S	N	기타	전체
평균(산술)	30	26	31	18	42	30
표준편차	13.4	13.5	15.0	13.4	33.2	13.3
표본수	39	38	53	21	3	107
신뢰수준(95.0%)	4.4	4.4	4.1	6.1	82.5	2.5
평균(벽면적가중)	30	27	33	20	47.4	29.3

표 8. Todoriki의 벽체 창면적비(%)

	E	W	S	N	전체
평균(산술)	13	18	31	11	19
표준편차	3.6	5.2	10.6	5.3	10.6
표본수	4	4	3	3	39
신뢰수준(95.0%)	5.8	8.2	26.4	13.1	3.4
평균(벽면적가중)	12	16	31	11	20

이는 건물별 산술평균치와 지역전체의 평균치에서 차이가 나타나지 않았고, 각 방위별로는 약간의 차이는 있으나, 전체적으로는 거의 유사한 평균치를 보이고 있기 때문으로 판단된다.

$$A_g = \frac{\sum W_{ba}}{S_c} \dots\dots\dots (2)$$

$$A_w = \frac{\sum W_{ba} \times B_a}{S_a} \dots\dots\dots (3)$$

여기서,

- A_g : 산술평균
- W_{ba} : 벽면의 벽체당 창면적비(%)
- S_c : 총벽면수

- A_w : 벽면적 가중평균
- B_a : 각 방위의 벽면적
- S_a : 총벽면적

건물 한 동의 벽체 총면적비를 다음의 식(4)로 계산하고, 상기와 같은 방법으로 평균값 등을 산출한 것이 표 5~8의 오른쪽 항목인 전체이다.

$$W_{at} = \frac{\sum W_{dr} \times B_a}{B_{ai}} \dots\dots\dots (4)$$

여기서,

- W_{at} : 벽체총면적비(%)
- W_{dr} : 각 방위의 벽면에 대한 창면적비(%)
- B_{ai} : 건물의 벽면적

조사대상 지역별로 벽면을 각 방위별로 분리하여 벽체의 창면적비 상대도수분포를 나타낸 것이 그림 2이며, 조사대상지역 전체를 각 방위별로 분리하여 비교한 것은 그림 3이다.

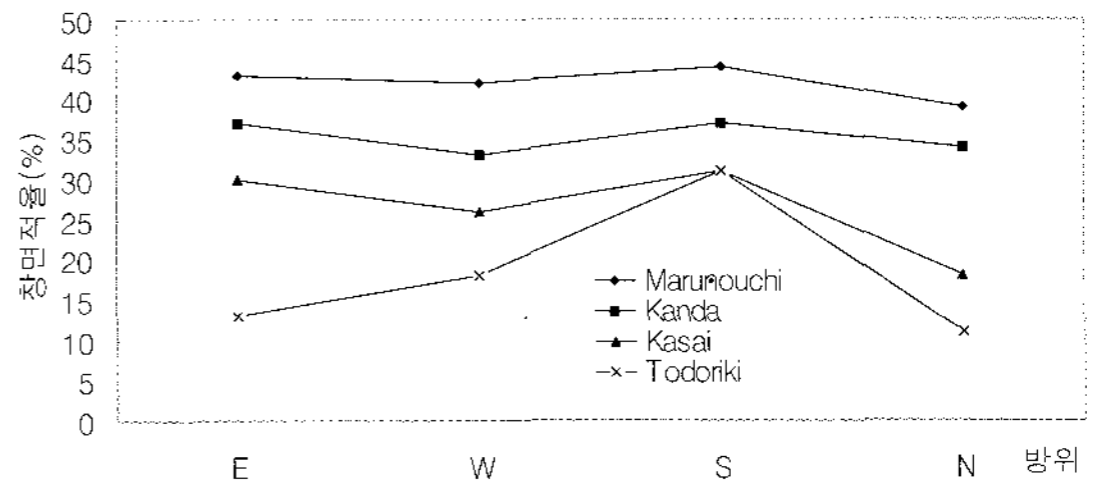


그림 2. 방위별 평균 창면적비(산술)

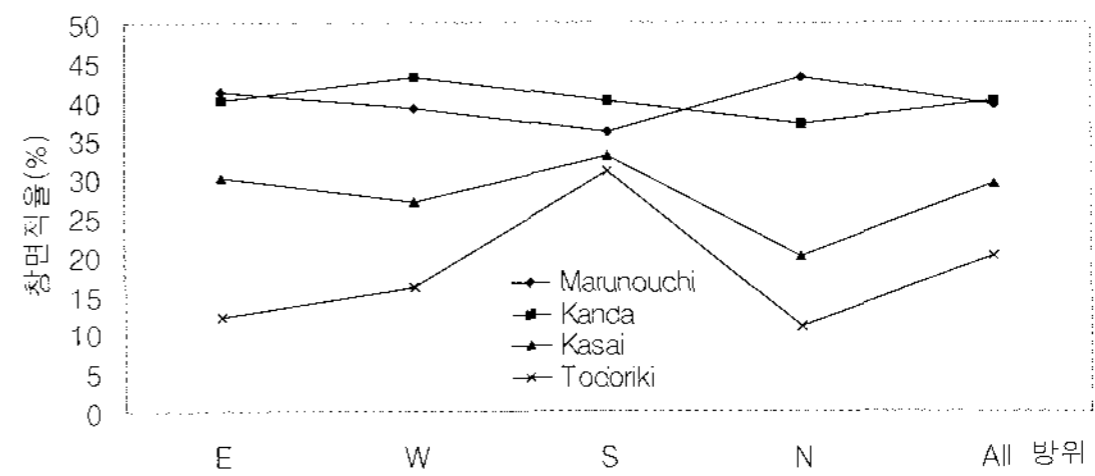


그림 3. 방위별 평균 창면적비(벽면적가중)

그림 2와 3의 결과로부터 업무·상업 중심지역인 Marunouchi, Kanda 경우에는 전체적으로 방위에 관계없이 일정한 창면적비를 나타내고 있는데 비하여, 주거 전용지역인 Kasai와 Todoriki는 북향을 제외한 동·서·남향에 집중된 분포를 나타내고 있다. 특히, 단독주거 밀집지역인 Todoriki는 남향이 다른 방위에 비하여 약 15%이상 많은 창면적비를 나타내고 있다. 이는 쾌적성 확보를 위하여 남쪽면에 넓은 개구부를 확보하기 위함으로 판단된다.

Todoriki지역을 제외한 각 조사대상 지역별 벽면에 대한 창면적비의 각 방위별 상대도수분포를 나타낸 것이 그림 4~6이며, 대상지역 전체에 대한 상대도수분포를 나타낸 것은 그림 7이다

조사대상 지역별 벽면에 대한 방위별 창면적비 상대도수를 살펴보면 초고층건물과 관공서건물이 형성된 중심상업지구인 Marunouchi는 방위에 관계없이 일정한 도수분포를 나타내고 있으며, 중고층 건물이 많으며 업무시설보다는 상업중심지역인 Kanda는 20~50% 범위에서 방위별 차이 없이 일정한 분포

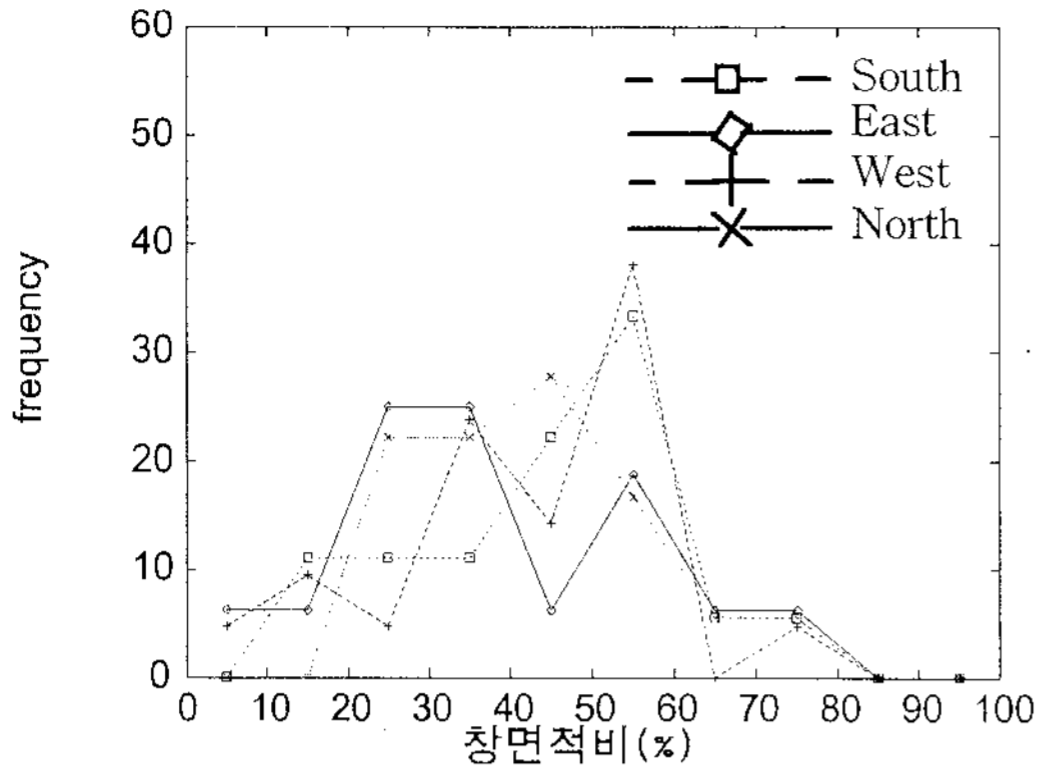


그림 4. Marunouchi의 벽면에 대한 창면적비 (방위별) 상대도수분포

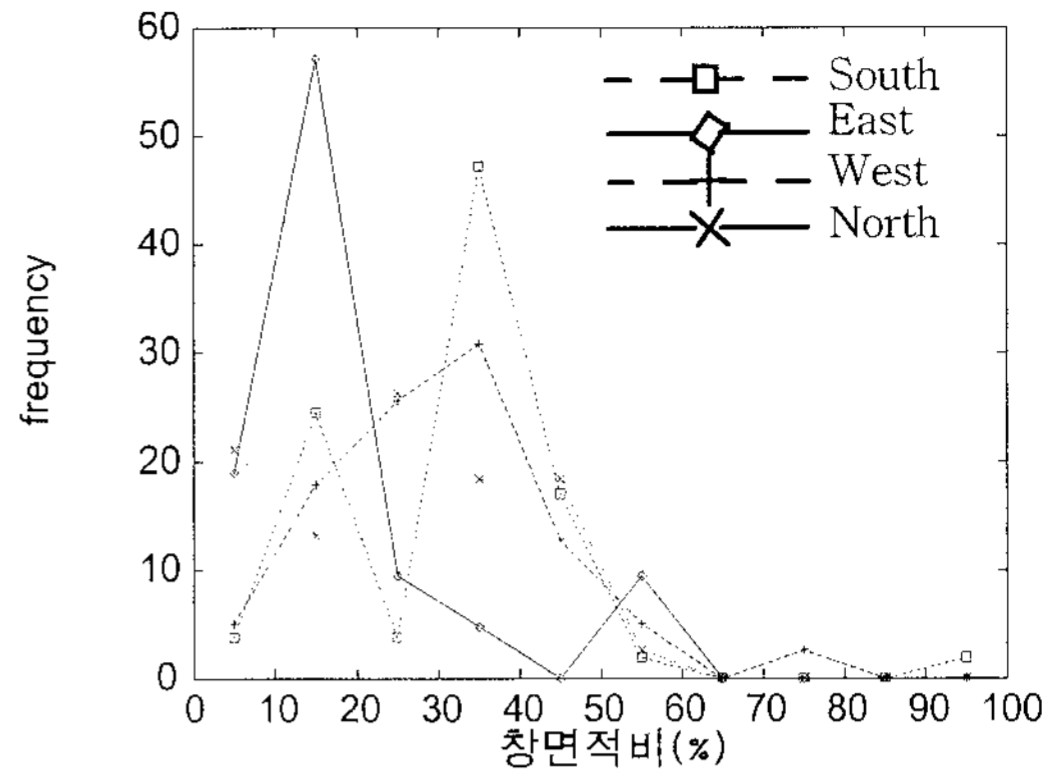


그림 6. Kasai의 벽면에 대한 창면적비 (방위별) 상대도수분포

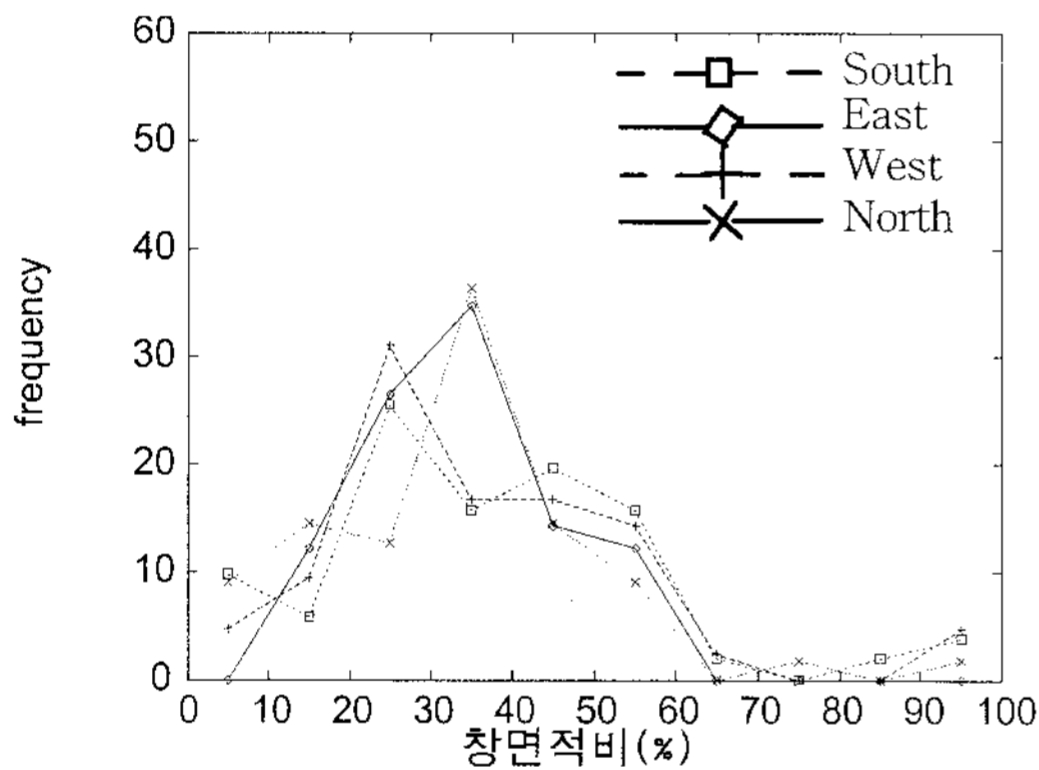


그림 5. Kanda의 벽면에 대한 창면적비 (방위별) 상대도수분포

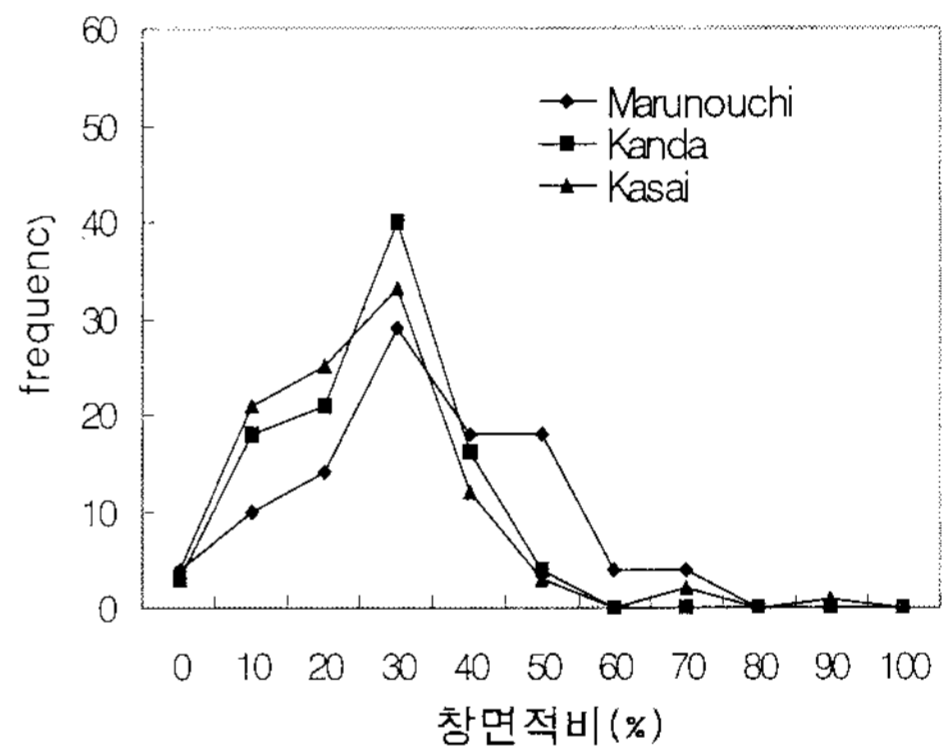


그림 7. 조사대상지역의 벽면에 대한 창면적비(대상지역 전체) 상대도수분포

를 나타내고 있다. 이것은 일본의 중고층 상업건물은 대개 인동간격이 좁고 주진입로만을 우선시 하는 경향이기 때문으로 여겨진다. 참고로 본 조사에서는 인동간격이 1m 미만인 곳은 건축외피에 관한 실측조사를 하지 못하였다. 공동주택지구인 Kasai의 경우는 남향과 동향이 가장 많은 빈도를 나타내고 있으며, 특히 지구를 관통하는 중심도로변에 집중적으로 공동주택이 분포되어 있기 때문에 분석되어진다.

대상지역 전체의 벽면에 대한 창면적비의 상대도수분포를 살펴보면 Marunouchi는 30~60%범위에서 가장 많은 도수분포를 나타내고 있으며,

Kanda는 20~40%범위에 집중적으로 분포하고 있다. Kasai는 30~40%가 피크치를 나타내고 있다. 이것은 각 지역별로 큰 차이는 없으나, 지역의 성격별로 분석하여 보면 주거전용 지역인 Kasai지역보다 관공서와 중심사무실이 대부분 분포되어진 Marunouchi지역이 상대적으로 창면적비가 크을 알 수 있다. 상기의 결과로 미루어 볼 때 일본 동경 지역의 초고층 업무시설지구는 약40~50% 정도의 창면적비로 추정할 수 있으며, 중규모의 상업·업무시설지구는 25~35%, 공동주택 중심지구는 15~35%의 창면적비를 추정할 수 있었다.

3.2 용도별 벽체의 창면적비 분포

광범위한 대상지역에 산재되어 있는 각각의 건축물에 대하여 건축전열 확장수치시뮬레이션을 위한 기본 데이터를 작성하기 위하여 조사대상지역 전체 건물에 관해서 본 연구와 같이 상세한 조사를 행하는 것은 사실상 불가능하다. 따라서, 본 연구에서는 보다 현실적이고 정확한 데이터를 작성하기 위하여 본 연구에서는 동경도의 GIS (Global Information System) 데이터를 이용하여 건물의 속성(용도, 층수, 구조 등)을 참조하여 데이터 베이스를 구축하였다. 벽체의 창면적비는 건물의 용도별로 사무소·단독주택·공동주택의 3종류로 분류하여 비교하였다.

건물의 용도별 벽체 창면적비를 구하여 산출평균한 것이 표 9이며, 이의 창면적비 상대도수분포는 그림 8~9와 같이 나타났다.

표 9. 벽체 창면적비 평균치(용도별)

	사무소	단독주택	공동주택
평균	35	19	30
표준편차	17.1	10.5	10.7
표본수	223	41	75
신뢰수준(95.0%)	2.3	3.3	2.5

그림 8~9까지의 분석결과를 살펴보면, 사무소 중심지역의 벽체의 창면적비 상대도수분포는 20~40%가 대부분이나 비사무소의 경우에는 15% 또는 35%로 분산되어있다. 이것은 사무소건물의 대부분이 건물의 방위에 관계없이 고른 입지분포를 나타내고 있지만, 상대적으로 비사무소건물은 건물의 입지조건상 남향과 동향을 선호하는 경향이 있기 때문으로 사료된다. 주거용 건물이 밀집되어져있는 단독주택과 공동주택 지역을 비교하여 보면, 단독주택의 경우는 남향을 중심으로 하는 건물배치와 약 15%정도의 창면적비를 나타내고 있으며, 공동주택의 경우는 단독주택과 같은 건물배치를 갖고 있으나, 전체적으로 창면적비는 35%정도의 비율을 나타내고 있다. 주택의 경우 단순히 창면적비의차이로

공동주택이 더 많은 창면적비를 나타내고 있다.

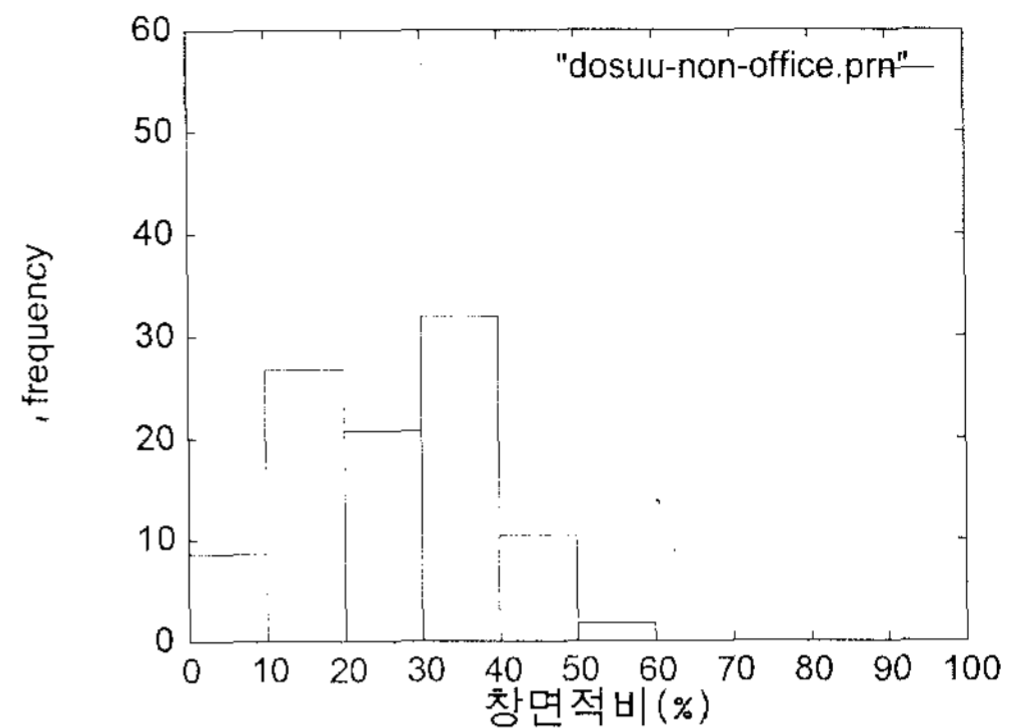


그림 8. 벽체의 창면적비 상대도수분포 (非사무소)

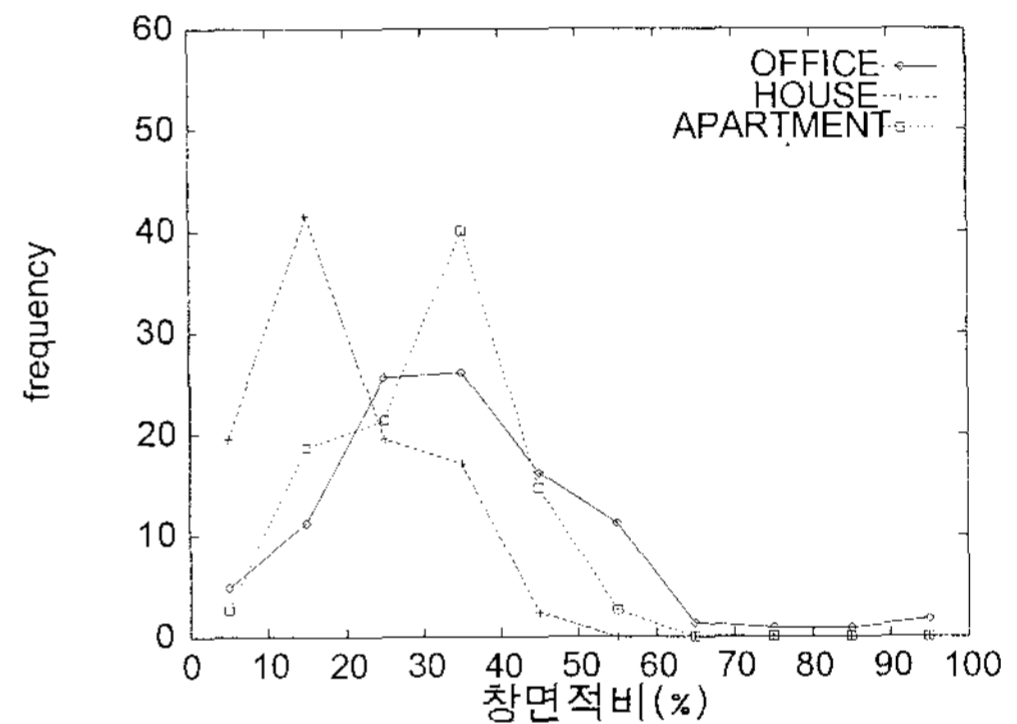


그림 9. 벽체의 창면적비 상대도수분포 (용도별)

3.3 벽체의 창면적비과 건물 용도의 관계

조사대상지역을 건물의 용도와 벽체의 창면적비과의 관계를 고찰하기 위하여 분석하였다. 각 조사 대상 지역의 건물의 사용 실태는 그림 10과 같다.

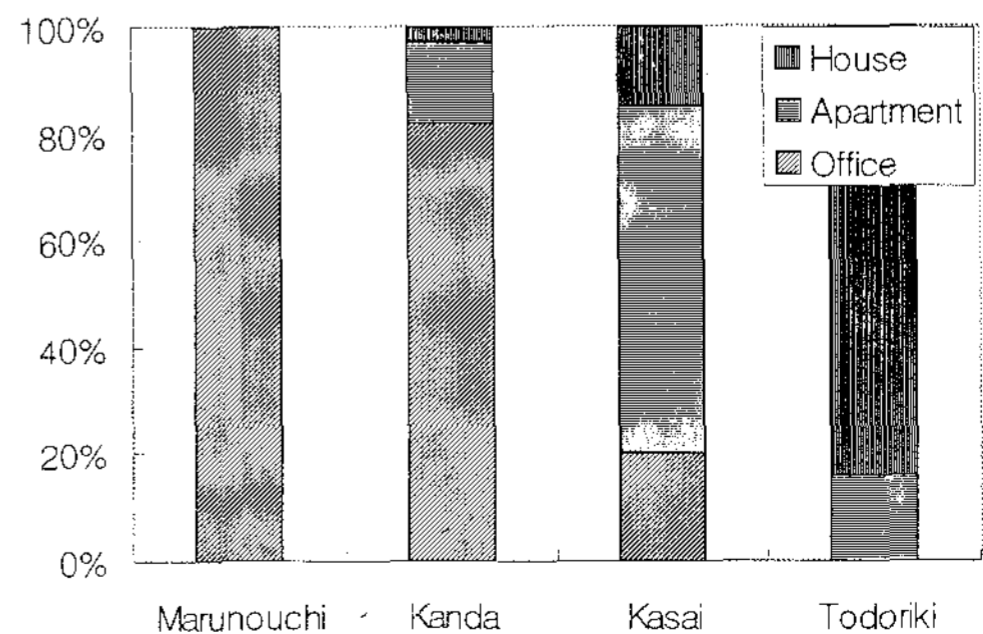


그림 10. 건물의 용도별 상황

각 건물의 용도비율과 벽체의 창면적비의 상관관계를 나타낸 것이 그림 11~13이다. 이 결과로부터 사무소건물의 비중이 커짐에 따라서 대상지역의 창면적비가 증가하는 경향이 있음을 알 수 있다.

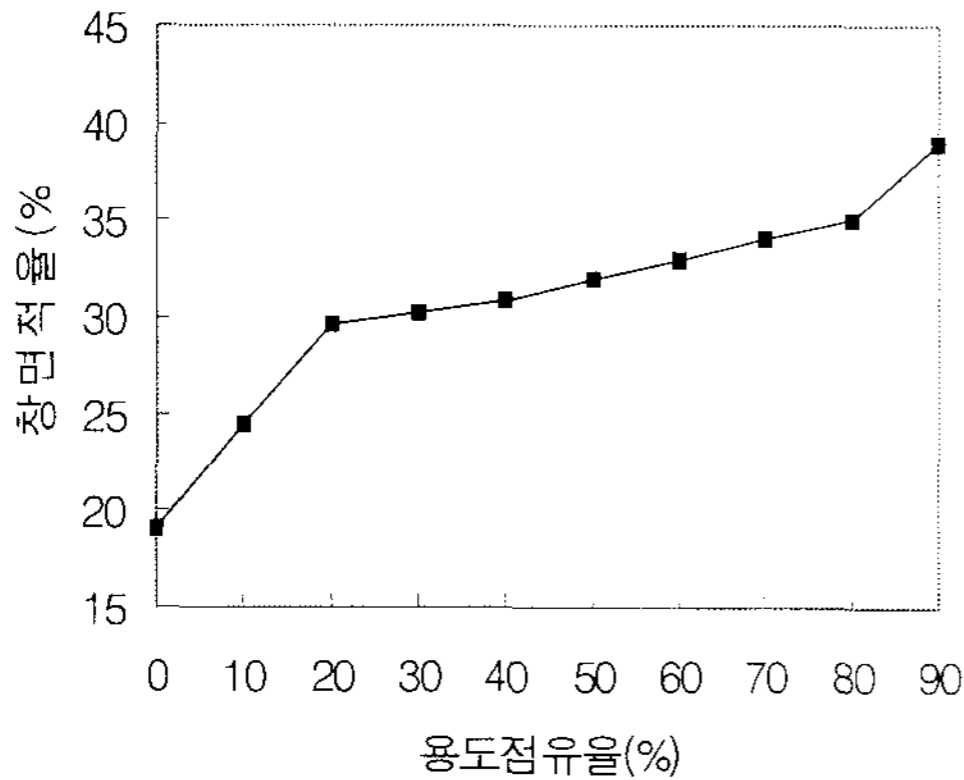


그림 11. 용도 점유율과 벽체의 창면적비의 상관도(사무소)

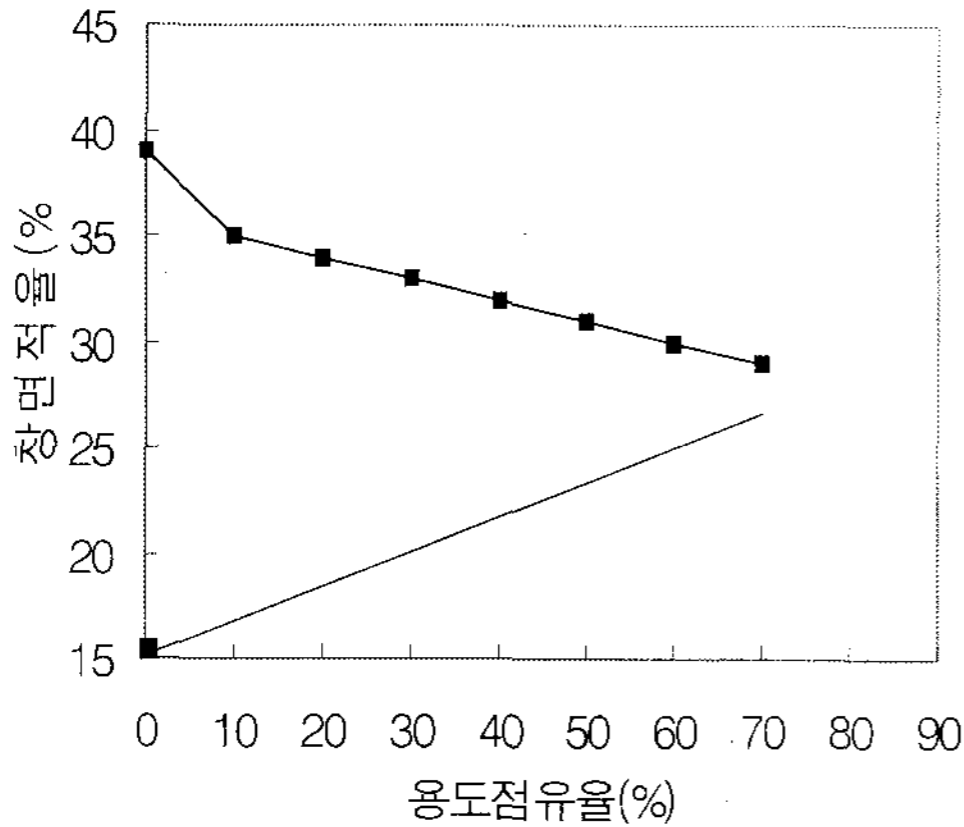


그림 12. 용도 점유율과 벽체의 창면적비의 상관도(단독주택)

그러나 공동주택과 단독주택의 경우는 이러한 상관관계가 나타나지 않고 있다. 이는 주거건물의 경우는 건물용도와 관계없이 임의적인 디자인과 거주성·쾌적성을 확보하기 위하여 건물 계획시에 다양한 종류의 창이 도입되고 있기 때문으로 판단된다. 본 연구에서는 건물의 용도를 사무소와 비사무소로 분류하여 사무소건물이 점유하는 비율의 분포를 추

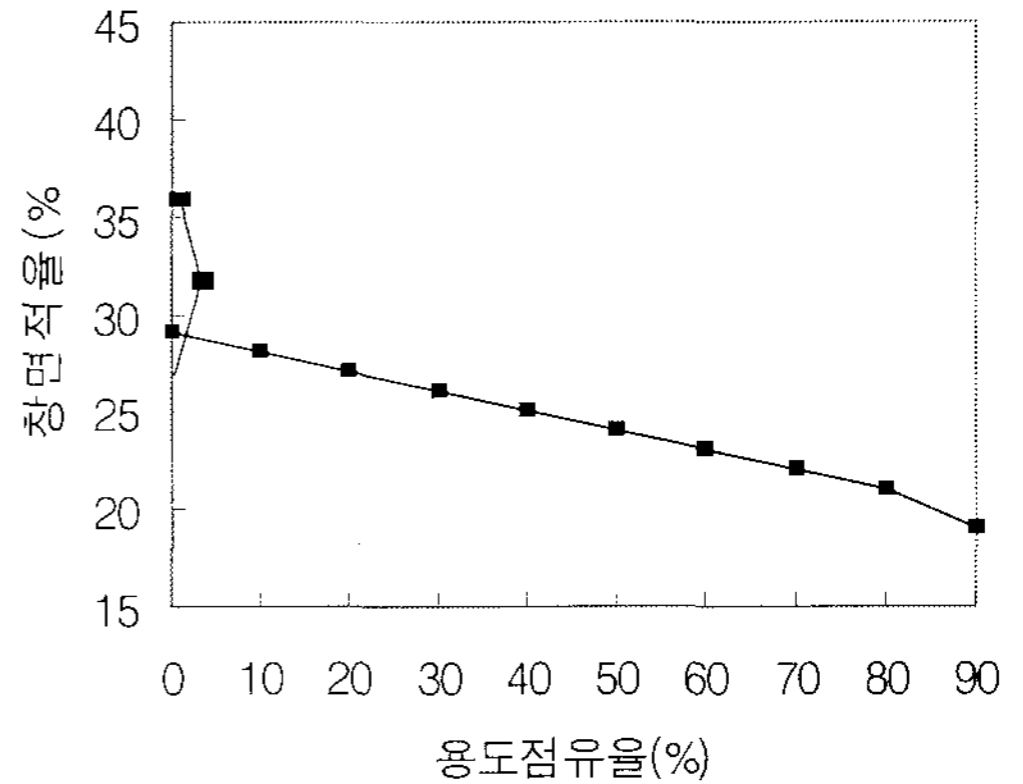


그림 13. 용도 점유율과 벽체의 창면적비의 상관도(공동주택)

정하였다. 추정된 분포와 실제로 조사된 분포를 비교한 것이 그림 14~17이고, 각 조사대상지역을 용도별로 조사한 실측데이터와 본 연구에서 추론한 상관관계로 벽체의 창면적비 추정치를 비교 분석한 것이다. Kanda, Kasai지역의 경우는 실측치와 추정치가 거의 일치하는 경향을 나타내고 있다. 중저층 규모의 업무·상업시설 건물과 공동주택 벽체의 창면적비를 본 연구의 결과로 추정 가능하다는 결과를 알 수 있다. 그러나 Marunouchi, Todoriki의 경우는 실측 조사치와 추정치의 결과 차이가 약 15%이상이기 때문에 본 연구에서 얻어진 상관관계로는 창면적비의 추정이 불가능한 결과로 나타났다.

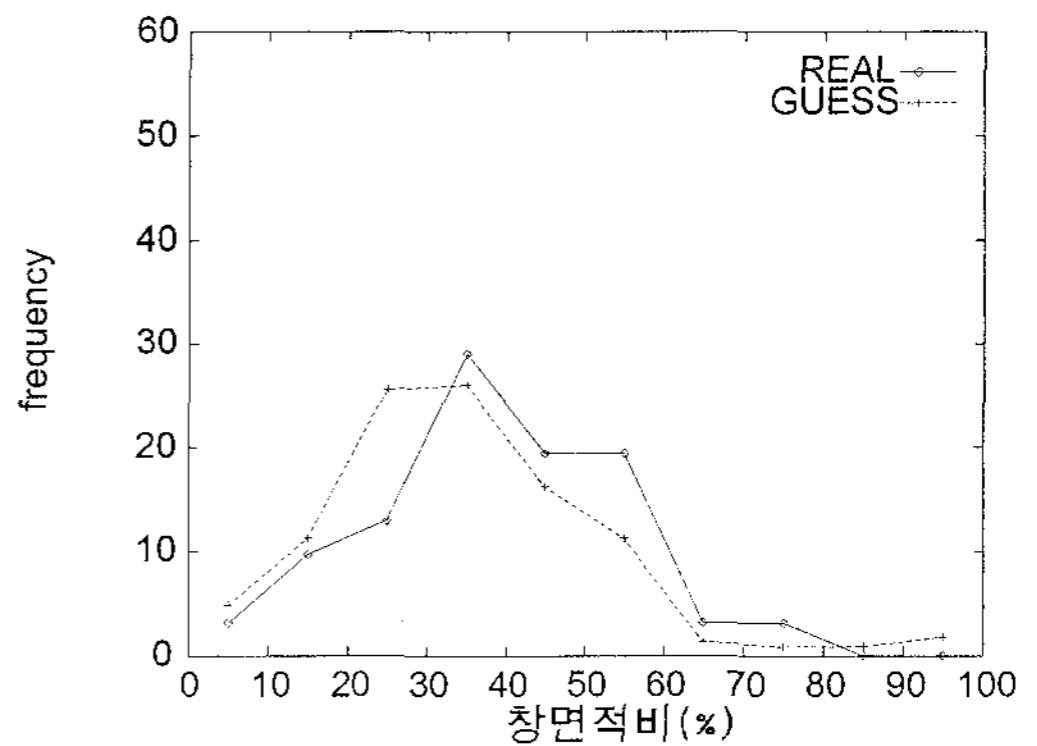


그림 14. Marunouchi의 용도로 추정된 벽체 창면적비의 상대도수분포

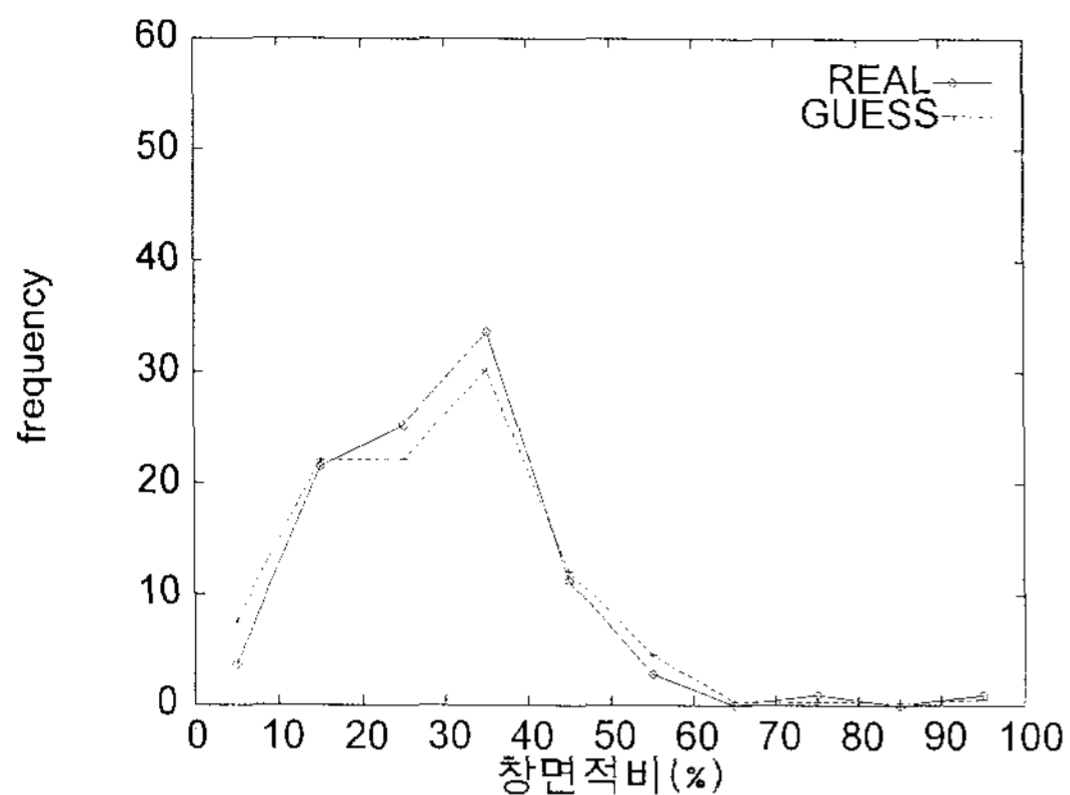


그림 15. Kanda의 용도로 추정된 벽체 창면적비의 상대도수분포

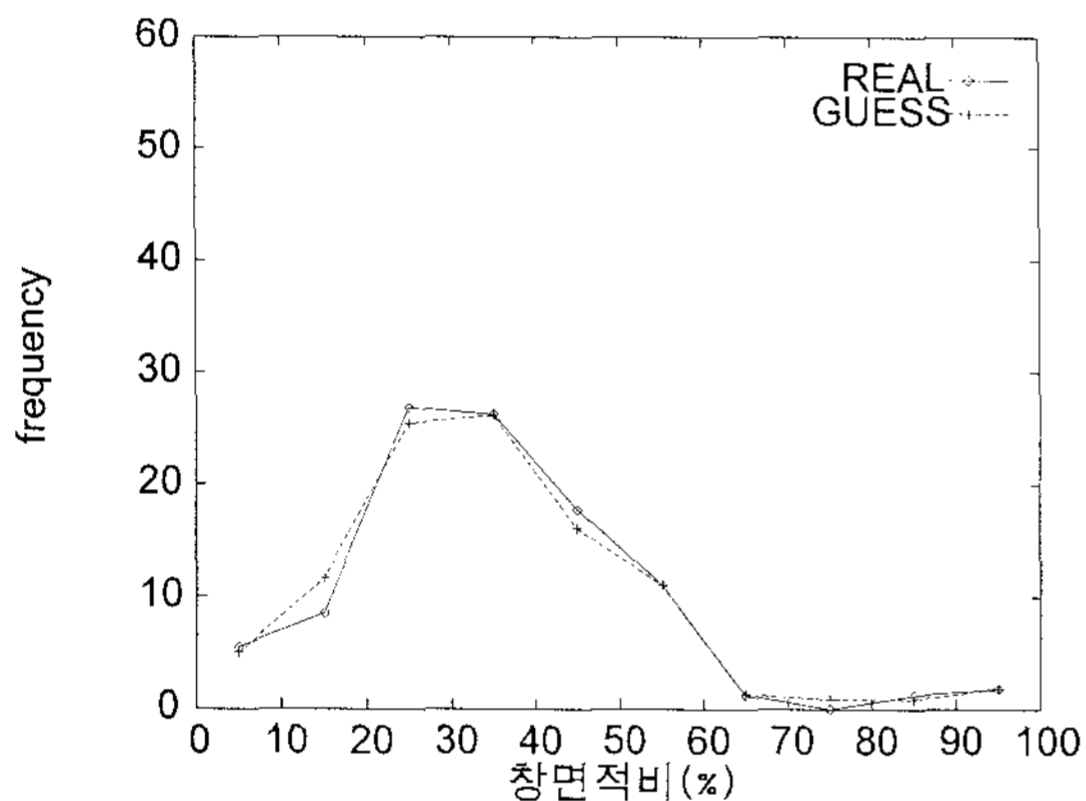


그림 16. Kasai의 용도로 추정된 벽체 창면적비의 상대도수분포

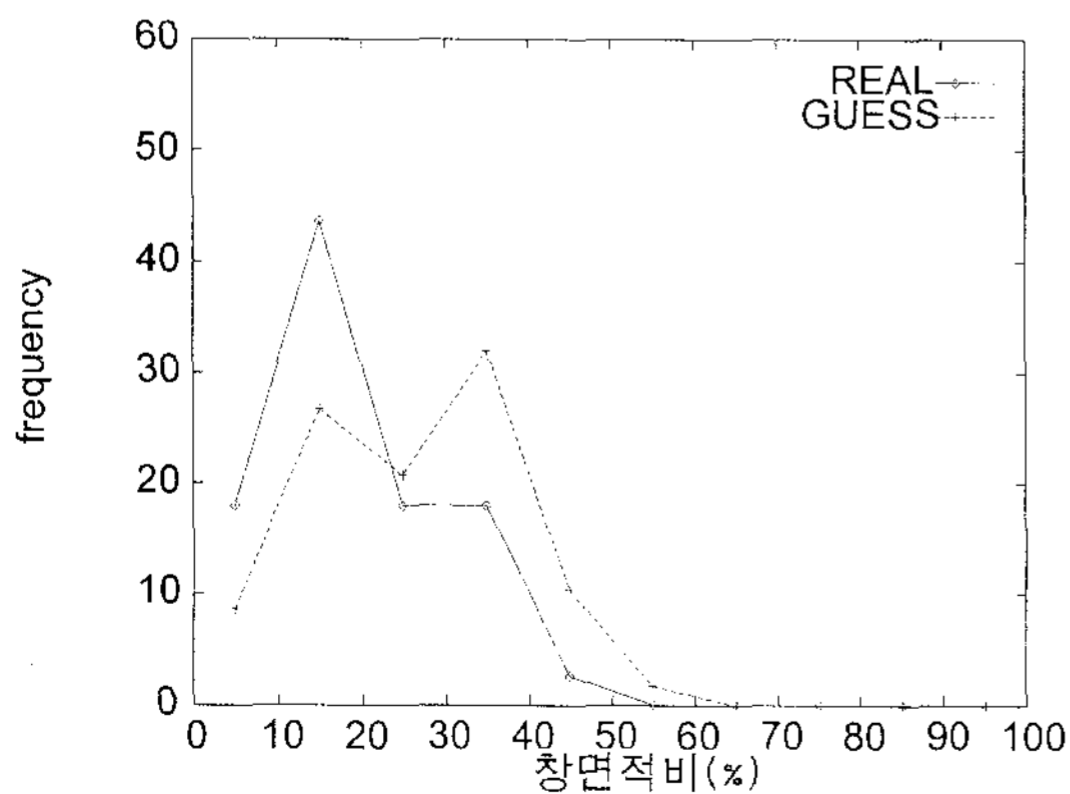


그림 17. Todoriki의 용도로 추정된 벽체 창면적비의 상대도수분포

4. 결 론

본 연구에서는 건물외피를 중심으로 실제의 대상 지역(Marunouchi, Kanda, Kasai, Todoriki)을 실측 조사하여, 그 결과를 분석하여서 데이터베이스를 구축하였다. 실측에 있어서는 조사가 불가능한 것은 GIS데이터를 이용하여 데이터 베이스를 구축·보완하였고, 창면적비의 산출방법을 제안하였으며, 이의 결과로부터 벽체의 창면적비 분포를 대상지역별 벽체의 창면적비과 비교하여 분석하였다.

또한, 건물의 용도별 벽체의 창면적비의 분포도를 조사하고 분석하였다.

본 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 조사대상지역별 벽면에 대한 방위별 창면적비 상대도수는 Marunouchi는 균등한 분포를 나타내고 있으며, Kanda는 20~50% 범위에서 방위별 차이 없이 일정한 분포를 나타내고 있다. Kasai의 경우는 남향과 동향이 가장 많은 분포를 보이고 있다. 이는 Kasai지역을 통과하는 중심도로변에 집중적으로 공동주택이 분포되어 있기 때문으로 사료된다.
2. 대상지역 전체의 벽면에 대한 창면적비의 상대도수분포는 Marunouchi가 30~60%범위에서 가장 많은 도수분포를 나타내고 있으며, Kanda는 20~40%범위에 집중적으로 분포하고 있다. Kasai는 30~40%가 피크치를 나타내고 있다. 상기의 결과로 미루어 볼 때 일본 동경지역의 초고층 업무시설지구는 약40~50% 정도의 창면적비로 추정할 수 있으며, 중규모의 상업·업무시설지구는 25~35%, 공동주택 중심지구는 15~35%의 창면적비를 추정할 수 있었다.
3. 사무소 중심지역의 벽체의 창면적비 상대도수분포는 20~40%가 대부분이지만, 비사무소의 경우는 15% 또는 35%로 양분되어 있다. 단독주택의 경우는 남향을 중심으로 한 건물배치와 약 15%정도의 창면적비를 나타내고 있으며, 공동

주택의 경우는 단독주택과 같은 건물배치로서 전체적으로 창면적비는 35%정도의 비율을 나타내고 있다.

4. 각 건물용도의 비율과 벽체의 창면적비의 상관 관계를 살펴보면, 사무소건물의 비중이 커짐에 따라서 대상지역(Marunouchi, Kanda)의 창면적비가 증가하는 경향이 있음을 알 수 있다. 그러나 공동주택과 단독주택의 경우는 이러한 상관관계가 나타나지 않았다.

이후에는, 건축물의 구조별 창면적비의 산정 및 연면적당 창면적비, 건축외피의 구성 등을 조사하여 결과를 분석할 예정이며, 지속적인 연구로는 서울 등과 같은 국내 대도시의 건물밀집 지구를 대상으로 같은 현황 조사를 통하여 지역간의 도시간의 건물파사드에 관한 연구를 비교·분석하고자 한다.

후 기

이 논문은 2002년도 광운대학교 교내학술연구지원에 의해 연구되었음

참 고 문 헌

1. David A. Holzgang(1988). Understanding Postscript Programming. Personal Media.
2. Josie Wernecke Jed Hartman(Oct, 1997). VRML2.0 Handbook. Silicon Graphics, INC.
3. Bernard Kwok.(May, 1992). Analysis of radiosity techniques in computer graphics. Master's Thesis. York University.
4. Zenrin(Jan, 1996). Zenrin住宅地圖96 千代田區. Zenrin.
5. 淺野耕一(Mar, 1994). 熱畫像を用いた建物全表面からの放熱量の解析. 修士論文. 東京工業大學大學院 總合理工學研究科環境物理工學專攻.
6. 金 鍾敏(May, 1999). 建築傳熱を考慮した都市街區の熱環境解析に關する研究. 博士論文. 東京大學大學院 工學係研究科 建建築學專攻