

住居建築에 있어 生態氣候 Design 技法

(A Methodology on the Bioclimatic Design of Architecture)

梁 潤 燮*
Yoon Sub Yang

1. 序 論

過去 建築이 하나의 造形的藝術品이기 以前에 人間이 自然으로부터 보호받을 수 있는 보호처의 空間에 불과했으나 文明의 發達에 힘입어 建築이 어느시대에는 宗教的인 象徴物로써 모뉴멘탈(Monumental)하게 發展되었고 未來에 이르러 社會構造의 複雜性만큼 建築에 있어서도 科學化된 空間造形物을 創出하기에 이르렀다.

建築의 Design의 영역으로 造型的 Design과 環境의 Design으로 크게 大別할 수 있으며 後者인 環境計劃分野에 있어 生態氣候 Design 要素에 대해 考察하고자 한다.

「生態氣候(Bioclimate) Design이란 Biology + Climate의 合成語로 生物氣候라는 뜻보다 Ecology의인즉 “生態學”的인 意味로 사용되고 있으며 生態界에서 住居環境에 影響을 주는 因子들을 말함인데 自然條件이 人間の 物理的·精神的 快適環境에 接近하는 Design 概念이라 할 수 있을 것이다.

1. 人體에 影響을 주는 基本要素

人體에 快適感을 나타내는 몇가지 要素가 있는데

- 건구 溫度
- 습도(수증기압)
- 공기의 유속
- 의복의 熱지수 (Clo)
- 行爲에 따른 신진대사량

등으로 身體에 있어 體溫이 항상 일정하게 유지되기 위해서는 身體의 熱發散과 體外로 放出하는 熱的 平衡이 이루어져야 한다. 대사에너지의 一部는 일로써 쓰이나 대부분은 熱이 되어 放出하는 熱을 補完하여 體溫을 유지하는데 쓰인다. 이러한 熱交換은 복사(Radiating), 대류(Convection) 및 증발(Evaporation)에 의한다.

以上の 熱平衡式을 다음과 같이 表示할 수 있다.

$$S = [(M - W) \pm R \pm C] (1 / f)$$

S : 체내출열량, M : 대사량 W : 일량



그림 1 人間の 住居發達過程 形態

f : 증발량(땀)

또한 體表面의 快適溫度는 Fanger(1970年)가 제시한 식에 의하면,

$$T_s = 36.7 - 0.0153M, (105^W < M < 350^W)$$

이며, 熱平衡溫度는 다시 Givoni 에 의해,

$$T_s = 36.7 + 0.004(M-P) + \left(\frac{0.025}{Clo.}\right)(T_a - 36) + 0.8 \exp [0.0047(E_{rep} - E_{max})]$$

快適風速은 $V_{eff} = V_{air} + 0.04(M - 105)$ 이고, Clo.는 의복의 熱絶緣지수로서 $1 Clo. = 0.155 (m^2 h deg / W)$, 氣溫이 21°C, 상대습도가 55%, 風速 5 cm/sec 以下の 室內에서 발열량이 1 Met.의 대사와 평형되는 착의상태를 基準으로 하고 있다.

人體外表面을 求하는 식은 Dubois에 의해

$$AD = 0.203 \times W^{0.425} \times H^{0.725} \dots \dots \dots (m^2)$$

W : 體重(kg) H : 身長(m)

로 계산된다.

예를들어 키가 170 cm에 體重이 70kg인 경우의 表面積은 (表 1)에 의해 약 1.8m²임을 알 수 있다.

表 1 체중 · 신장에 따른 人體 表面積 算出表

(m²)

Kg \ M	1.40	1.45	1.50	1.55	1.60	1.65	1.70	1.75	1.80	1.85	1.90
30	1.10	1.13	1.16	1.18	1.21	1.24	1.27	1.29	1.32	1.35	1.37
35	1.17	1.20	1.23	1.28	1.29	1.32	1.35	1.38	1.41	1.44	1.46
40	1.24	1.27	1.31	1.34	1.37	1.40	1.43	1.46	1.49	1.52	1.55
45	1.31	1.34	1.37	1.41	1.44	1.47	1.50	1.54	1.57	1.60	1.63
50	1.37	1.40	1.44	1.47	1.51	1.54	1.57	1.61	1.64	1.67	1.70
55	1.42	1.46	1.50	1.53	1.57	1.60	1.64	1.67	1.71	1.74	1.78
60	1.48	1.51	1.55	1.59	1.63	1.66	1.70	1.74	1.77	1.81	1.84
65	1.53	1.57	1.61	1.64	1.68	1.72	1.76	1.80	1.83	1.87	1.91
70	1.58	1.62	1.66	1.70	1.74	1.78	1.81	1.85	1.89	1.93	1.97
75	1.62	1.66	1.71	1.75	1.79	1.83	1.87	1.91	1.95	1.99	2.03
80	1.67	1.71	1.75	1.80	1.84	1.88	1.92	1.96	2.00	2.04	2.08
85	1.71	1.76	1.80	1.84	1.89	1.93	1.97	2.01	2.05	2.10	2.14
90	1.75	1.80	1.84	1.89	1.93	1.98	2.02	2.06	2.10	2.15	2.19

가. 신진대사 作用

生物體內에 제반物質이 物理化學적으로 變化하는 生體리듬의 反應은 대사작용이라한다. 에너지 관점에서 에너지대사라고도하며 에너지放出과 흡수량은 항상 평형관계에 있다. 대사량은 作業이나 환경에 의해 變化하므로 생체의 생명유지에만 필요한 最小限의 기준량을 정한것을 기초대사라한다. 에너지대사율에 있어서 作業을 하지않고 앉아있는 상태를 安定時 대사라하며 季節, 시각에 따라 變化하지만 平均적으로는 基礎대사량의 20% 상승되는것으로 보고있다. 대사량에서 安定時 대사를 뺀 나머지가 作業을 위해 쓰인 에너지이며 이것의 基礎대사에 대한 比를 에너지대사율이라한다.

에너지대사율 =

$$\frac{\{작업시대사에너지\} - \{안정시소비에너지\}}{\text{기 초 대 사}}$$

이며 다시 Givoni의 식에 의해 $S = [(M-P) \pm C \pm R] \cdot \left(\frac{1}{Re}\right)$ 로 표시된다.

Met는 대사량을 표시하는 단위이며 安定시대사를 基準으로 1 met = 58.2 W/m²이다.

M : 安定시 기초대사 (Kcal / h)

- P : 作業(行爲)에 따라 신진대사 에너지 (Kcal/h)
- S : 에너지 대사율
- C : 대류에 의한 열교환
- R : 복사
- Re : 기초대사

作業行爲(表 2)에 따라 대사량은 變化하며 氣溫에 따라서 대사량中的 熱發生性分이 다르게 나타난다.

表 2 作業行爲에 따른 人體發生熱, (CiBS, 基準: 180 cm, 80 kg, 英國人基準)

行爲區分	場 所	Met(W/人)
·착석(휴식)	극장, 호텔라운지	115
·경작업	사무실, 식당	140
·산보	가게, 은행	160
·경작열(착석)	생산공장	235
·중(中) "	" , 댄스홀	265
·重作業	" , 공장	440

그림(2)은 氣溫變化에 따라 顯熱과 潛熱에 의한 發生熱량의 變化를 나타낸 것으로 28°C에서 比가 같아짐을 볼 수 있다.

參考로 表 3에 동물의 열발생율을 나타내었다.

表 3 동물에 있어서 열발생량(w) * CiBS

종 류	무게 kg	체위 온도°C	Met (w)
·쥐	0.3	27.3	1.32
·토끼	2.6	39.4	5.6
·고양이	3.0	38.6	7.35
·원숭이	4.2	38.8	10
·개	16	38.9	26
·염소	36	39.2	41
·양	45	38.8	56
·돼지	250	39.3	210
·비둘기	0.27	43.3	1.35
·닭	2	41.4	5.6

나. OLGAY의 生態氣候論
 生態氣候 Design이란 용어는 1950年代 V.

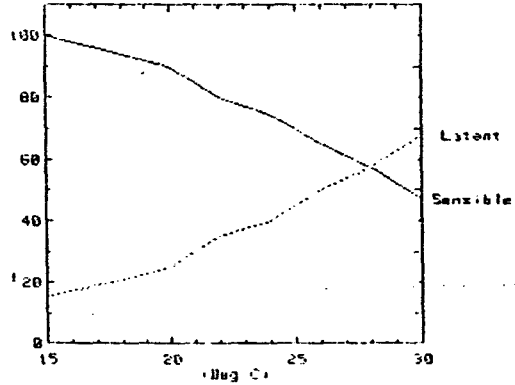


그림 2 휴식상태의 溫度變化에 따른 열발생 성분도

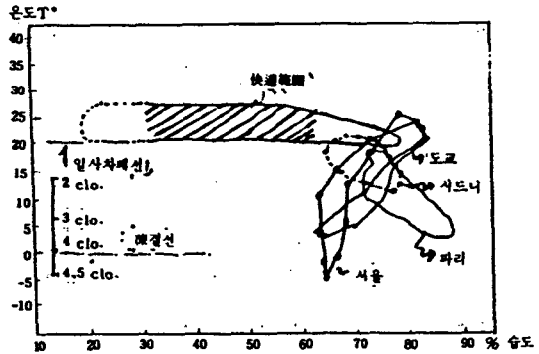


그림 3 Olgay에 의한 生態氣候圖 (주요도시기후)

Olgay 兄弟에 의해 사용되었으며, 1970年代以後 世界에너지 파동에 따라 氣候와 建物과의 相互關係는 Design에 중요한 要素를 차지하고 있다. 그림 3은 Olgay에 의해 제시된 생태기후도로써 종축에는 건구온도(T°), 횡축에는 상대습도(%)에 의한 人間이 快適範圍를 設定한 것이다.

快適帶(Comfort zone)를 한정하는 여러 因子로서 空氣速度, 日射에 의한 차폐 한계선의 比의 熱指標(Clo.), 凍結線, 空氣中 水蒸氣量等, 人間에 影響을 주는 外的條件 즉 相應하는 室內 快適帶와의 相關關係에 生態氣候 Design方法을 接近시키고자 한 것이다.

다. B. Givoni의 生態氣候論
 Givoni는 建物에 있어 人間이 快適範圍의

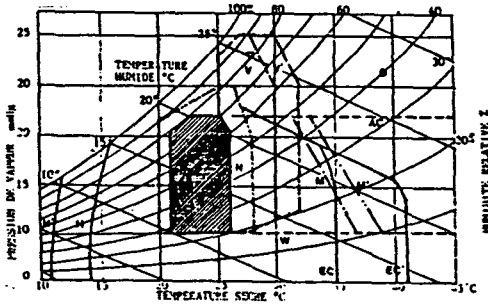


그림 4 Givoni 에 의한 生態氣候圖解

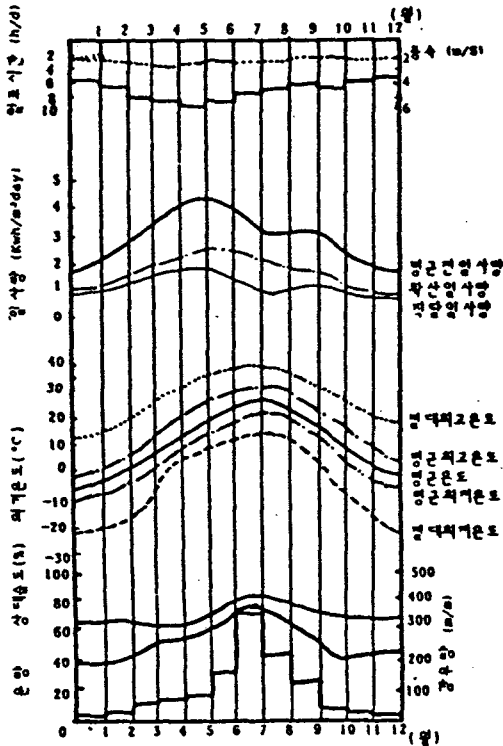


그림 5 서울의 기후분석 도해

定義를 습공기 선전도(Psychrometric Chart)에 基礎를 두었다. 快適帶의 範圍를 그림 4에서와 같이 건구온도의 범위를 21°C에서 26°C와 습도가 5 mmHg에서 17 mmHg으로 設定하고 快適帶에 가까운 즉 건달만한 범위로 건구온도 20°-28°C와 20 mmHg까지를 第Ⅱ의 快適帶로 定義하였다.

生態氣候(Bioclimate) 도해의 發想은 V. Olgyay에 의해 創案된 것을 Givoni는 그의

著者「Man, Climate and Architecture」에서 습공기선도상에 建築의 快適帶(Comfort zone)를 나타내었다. 基本概念은 外的條件의 變化를 時間, 日, 季節에 따라 氣候 Data를 代入하여 快適帶와의 相關關係를 찾아내어 建築의 Design에 應用下에 建物の 外的條件에 對應하는 室內條件의 自然的調節이 最大한 可能할 수 있도록 하며 機械的으로 極小化시키는 豫側技法이라 할 수 있다. 그림 4에서 빗금친 部分을 Comfort Zone이라 하며,

- M-M'는 快適帶로 進入possible한 限界範圍이고,
- V-V'는 換氣에 의해서,
- EC-EC'는 아주 건조(사막기후)하기 때문에 冷却과 加濕이 要求되고,
- AC는 冷却과 加濕에 의해서
- W는 加濕에 의해서
- D는 冷却에 의해서
- H-H'는 暖房에 의해서, 各各 快適帶로 유도할 수 있게 된다.

2. 微細氣候(Microclimate)와 地形(Topology)

生態氣候에 있어 氣象 Data와 地形의 分析은 建築環境 Design에 가장 重要한 外的 要素라 할 수 있으며 制限要素로는 첫째 氣象條件으로서

- 外氣溫도와 日較差
- 溫도의 日變化
- 風速의 日變化

一 日射量, 直達, 擴散 및 傾斜面日射量 등의 日變化等 氣象變化分析圖(그림 5)에 의한 建物の 生態氣候 Design시 考慮하여야할 相互關聯性에 따라 區分한것이 (표 4)이다.

둘째, 地形(Topology)에 있어서 立地, 樹木 등과 太陽과의 關係를 分析해야 한다.

가. 氣候

그림 5는 하나의 예로써 서울지방의 氣候에 關聯된 資料를 年中 月別로 表示된 도해로써 어떤 地方에 外氣條件을 建築計劃時 考慮해야 할 事項들을 豫側하여 氣候特性에 적합한 快適環境의 目標을 達成하는 것이다. 日照, 溫度

風速 등은 設計計劃의 基本段階로서 集熱部の 計劃, 단열, 축열 및 바람에 의한 파사드의 向, 개구부의 크기 등을 決定하는 要素들이다.

表 4 氣候와 Design 와의 관계

氣候資料	設計計劃에 있어 本 本 段階
日照: 時間變化, 擴散 및 直達比, 에너지밀도(집열면에 따른)	集熱部の 向의 選擇 집열량 및 溫室面의 比
溫度: 일일 및 季節에 따른 溫度變化度	外·內斷熱에 따른 축열 效果의 選擇 차 페시스템의 選定
風速: 바람의 영역, 風速등의 太陽, 습도, 온도등과의 관계	파사드의 向, 개구부의 크기, 실내의 區劃

나. 立 地

立地를 分析하기 위해서는 그 地域의 위도 그에 따른 太陽의 體積과 高度(h), 太陽角(AA), 日出, 日沒, 지구軸과의 傾斜角(σ) 등의 年中·日別 움직임을 나타낸 도해에서 立地選擇時 考慮해야 한다.

다. 樹 木

樹木은 住居에너지 및 快適條件에 상당한 影響을 미친다.

夏節期에 수목(그림 8의 A)은 기화冷却 및 太陽熱의 차폐, 굴절등에 의해서 人爲的冷却

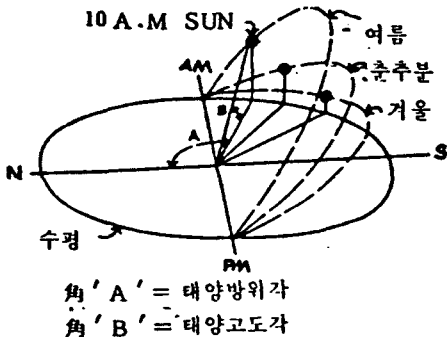


그림 6 태양의 궤도

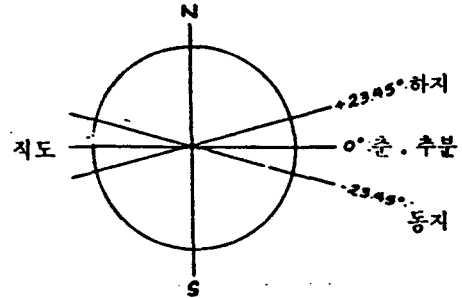


그림 7 태양의 경사각(σ)

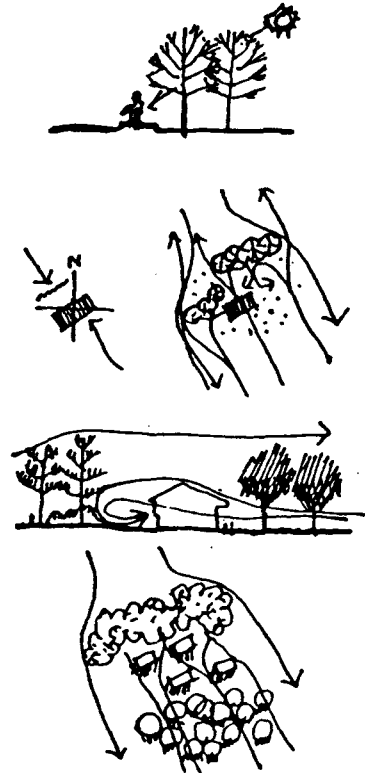
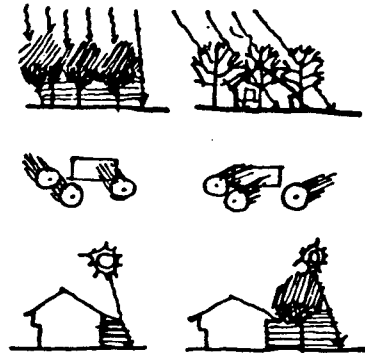


그림 8 樹木과 建物과의 關係

設備施設을 감소시켜주며, 冬節期(그림 8의 B) 찬바람등을 막아줌으로써 建物の 에너지要求負荷를 낮추어 줄뿐만 아니라, 신선한공기, 視覺的인 아름다움까지 가져다 준다. 植樹를 할 경우 樹種에 따라 適節하게 配置하여야 한다(例, 활엽수: 南側, 침엽수: 北側).

라. 썬·차트

썬·차트는 建物の 立地選定, 인동간격, 차양설계등 특히 太陽에너지 利用에 따른 集熱部와 상관관계등을 分析하는데 간단하게 시뮬레이션 할 수 있는 차트로 生態氣候 Design에 利用이 容易하게 사용된다. 그림 9은 37°N의 위도의 年中·時間別 太陽의 軌도를 나타낸 것으로 軸를 中心으로 하여 橫線上에는 방위각(Z)을 表示하고 季節에 따른 日出 日沒까지의 點을 연결한 곡선이다. 太陽의 高度, 방위각등을 시간에 따라 수식을 이용하여 풀어야 하지만,

$$\sin h = \sin \phi \sin \sigma + \cos \phi \cos \sigma \cdot \cos AH$$

$$\sin \alpha = \cos \sigma \cdot \sin AH / \cos h$$

썬·차트를 이용할 경우 쉽게 求할 수 있으며 또한 임의의 지점에 어떠한 目標物이 어떤 영향을 받고 있는가 하는 것을 알아보기 위해 임의의 장애물을 썬·차트상에 그려 스카이라인을 연결하게 되면 日影이 생기는 部分을 찾을 수 있다.

마. 등일사선도(Isopleths)

등일사선도(Isopleths)은 시간에 따른 日射의 分布에 나타낸 차트로써 暖房 및 冷房을

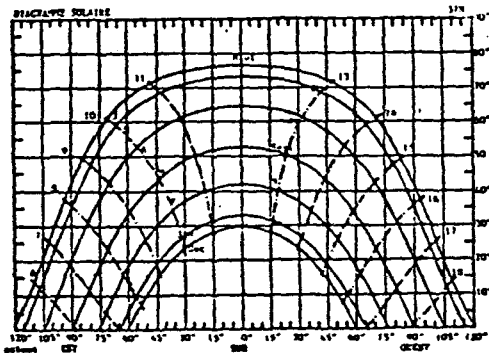


그림 9 태양궤적을 나타낸 썬·차트(37°N)

要하는 季節에 따라 차폐설계를 위한 지표를 設定하는데 사용된다. 그림 10은 서울의 年中 時間別 等일사선도이다. 또한 點線은 外氣平均溫度를 時間別 年中變化曲線으로 20°C를 前後하여 暖房과 冷房의 限界를 區分한 것이며 例를 들어 中央部分은 太陽에너지를 차단함으로써 季節期冷却效果를 거둘수 있고 그외부분은 積極的으로 太陽熱을 받아들여 建物の 에너지를 節減할 수 있다. 日射의 密度가 높은 6, 7, 8月中 12~14時에는 약 400~500w/m²이고, 등온선도(Isotherm)에 나타나는 溫度는 약 30°C를 상회하고 있어 日射의 차폐가 必須的이라 하겠다. 즉 太陽의 變度에 따른 適合한 차양이 設計되거나, 太陽調節장치가 必要하게 된다.

바. 등온선도(Isotherm)

溫度의 變化를 時間에 따라 月平均 溫度를 도표화한 것으로 그림 11은 서울地方의 등온선도이다. 時間別溫度資料가 없을 경우에는 Szokolay가 제시한 時間別 溫度시뮬레이타에 실려진 최저平均溫度와 最高平均溫度의 資料를 適用 쉽게 求할 수 있다.

그림 11에서 빗금친 部分은 夏節期 20°C를 한계선으로 하여 冷房이 要求되는 때이며 특

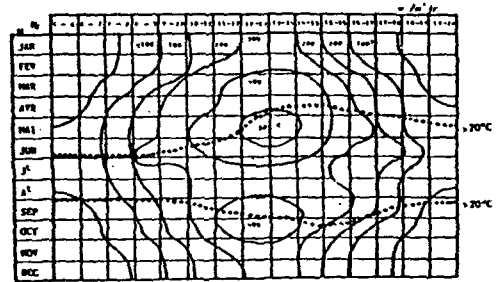


그림 10 서울지방의 등일사선도

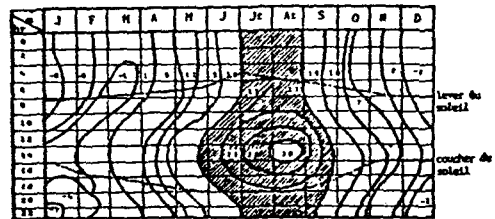


그림 11 서울지방의 등온선도

히 오후 12~16時에는 機械的인 冷房이 必要하게 됨을 알 수 있다.

사. 地中 등온선도 (Geo-Isotherm)

地中の 溫度分布을 나타낸 것을 地中등온선도라 하고 地域에 따른 地中溫度分布, 예를 들면, 凍結深度등이 季節에 따라 깊이에 따라 다르지만 一定地中에 이르게 되면 年中溫度의 變化幅이 없게되는 것을 알 수 있다.

그림 12를 서울의 地中溫度分布變化를 그린 것으로 깊이가 深化될수록 季節에 따른 溫度範圍가 축소됨을 나타내며 生態氣候 Design의 한 技法으로써 地中建築(복토건축이라고도 함)은 매우 效果的이라 하겠다.

3. 生態氣候 Design技法

生態氣候 Design에 있어서 가장 核心이 되

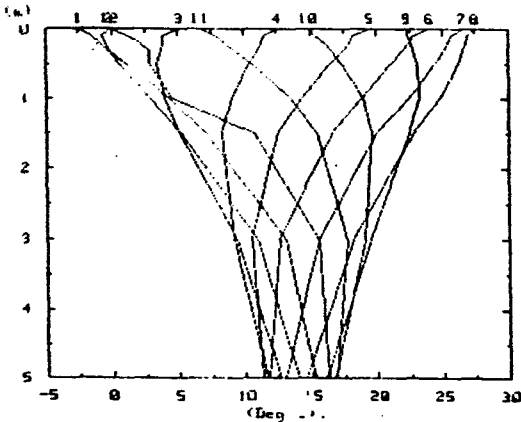


그림 12 지중 등온선도(서울지방)

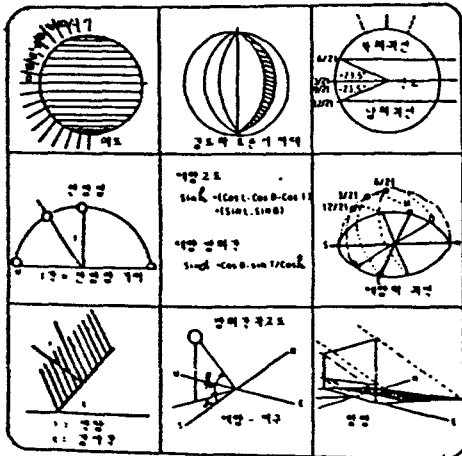


그림 13 태양과 지구와의 관계

는 要素로는 太陽에너지의 利用이라할 것이다. 快適帶에 影響을 미치는 것으로 視覺的(色), 聽覺的(音), 感覺的(온·습도) 要素로 區分할 수 있으며 본 生態氣候 Design論에서는 感覺的 즉 體感에 影響을 주는 氣候因子에 대해 살펴 보았으며 氣候因子中 比較的 建築 Designer의 의지로 調節이 可能하고 建物の 에너지 節約的인 側面에서 無公害, 無限量 無價格의 太陽에너지 利用을 위한 Design은 必然的이라 할 것이다. 太陽에너지 利用은 그림 13과 같이 太陽과 地球와의 관계에 따른 太陽의 고도, 方位 등과 일사량의 성분 즉 직달일사, 산란일사, 반사, 경사면에 따른 일사량등의 分析이 이루어져야 한다.

太陽熱시스템은 下記와 같은 構成要素의 綜合的인 相互 메카니즘으로 이루어지며, 各要素들 보다 細分化되어 分析綜合하여 Design의 目的을 達成하게 된다(그림 14 참조).

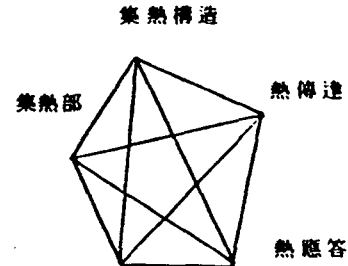


그림 14 환경과 상호관계

가. 集熱構造

太陽에너지의 利用은 構造的인 形態(Morphology)에 따라 그림 15처럼 현재까지 利用되고 있는 시스템을 區分한 多樣한 形態의 概念度로 크게 5가지 型과 2가지 시스템 즉 自然型시스템과 設備型시스템으로 分類하여 에너지 取得에 따라 다시 自然型은 直接取得(Direct Gain)과 分離取得(Isolated Gain)으로 設備型은 단순평판, 집중, 集光(태양추적) 등으로 區分된다. 이러한 概念圖는 太陽에너지 利用 計劃段階에 있어 에너지要求密度, 熱工程 形態에 따라 어떤 시스템의 어떠한 形態(Morphology)를 選擇할 것인가를 決定해야 한다.

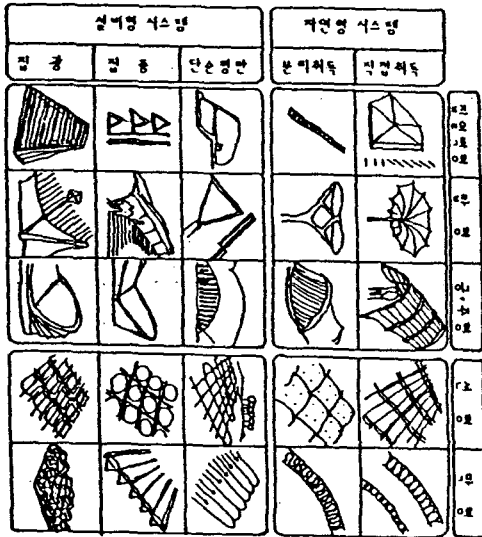


그림 15 태양열 집열시스템 개념도

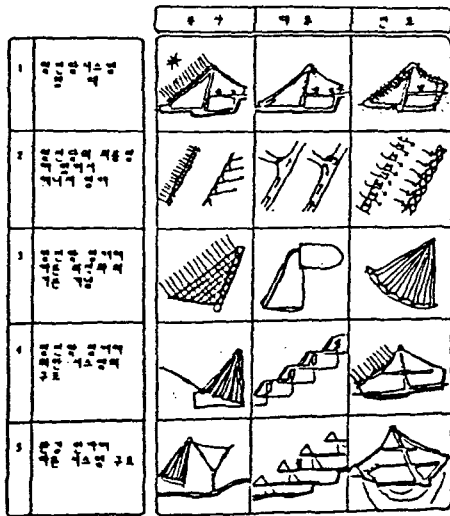


그림 16 태양열 시스템의 열전달 형태

나. 열傳達形態

태양열시스템은 열傳達形態에 따라 그림 16와 같이 Radiation, Convection, Conduction으로 大別되며 이러한 열傳達方式에 따라 어떤形態로 태양시스템을 設計하는가 하는 열傳達시스템 Design이 選定되어야 한다.

다. 열應答의 形態

태양열集熱部에 따라 그림 17와 같이 集熱器가 平板型, 集光型 그리고 構造的 集熱型方

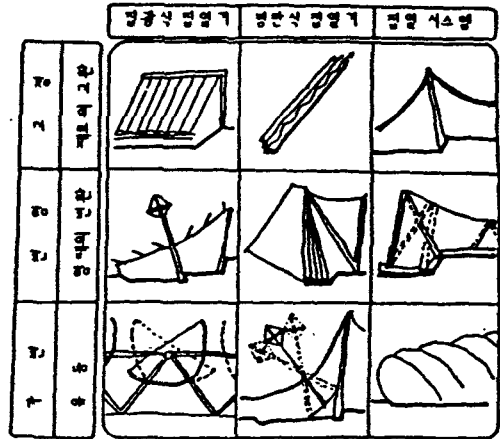


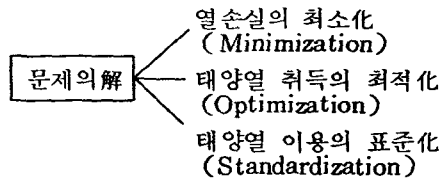
그림 17 태양열集熱시스템의 구조

식에 의해 區分하고, 다시 熱應答에 따라 材料의 交換(adaptability) 形態의 變換(Convertibility) 形態의 이동(mobility)의 3가지 類型으로 區分할 수 있다.

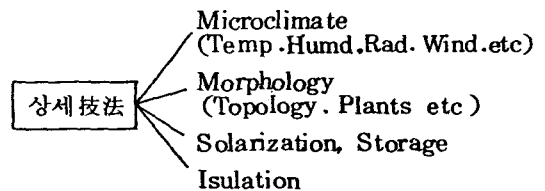
라. Design Simulation

生態氣候 Design 技法은 다음과 같이 4가지 段階로 區分할 수 있다.

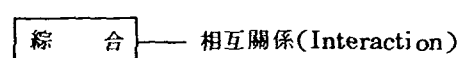
1 段階



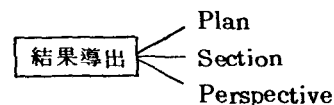
2 段階



3 段階



4 階 段



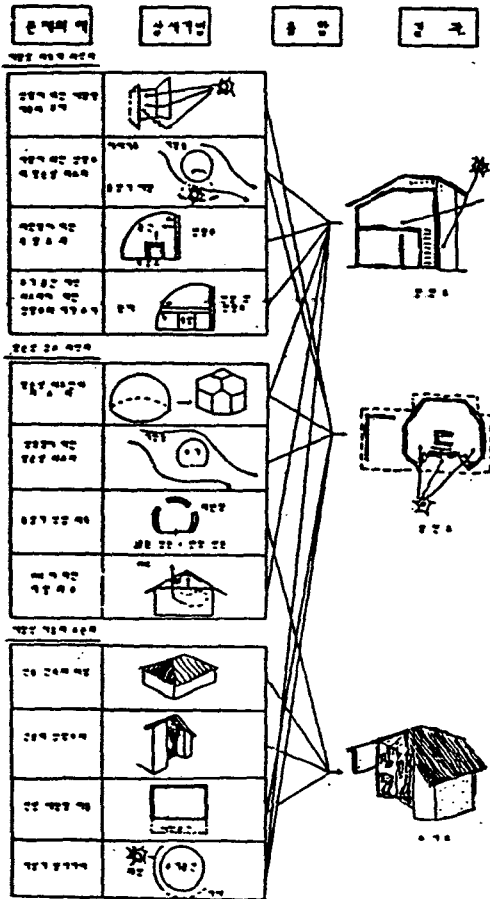


그림 18 상대기후디자인 시물레이션 예.

특히 建物の 熱損失 最小化, 太陽熱利用의 最適化, 太陽熱利用의 標準化의 3가지 (그림 18 參考) 문제의 해결이 Design上的의 가장 중요한 Keypoint가 될 것이다.

II. 結 論

지금까지 住居建築에 있어 生態氣候 Design의 概念과 Design技法에 따른 개괄적인 Design Process에 대해 살펴보았다. 近來 建築이 보다 複雜化해지고 住居環境에 있어 에너지사용의 比重이 높아짐에 따라, 造形藝術이라는 次元에서의 視覺이 차츰 Building Science的인 側面에서 깊이 다루어지고 있다. 이에 에너지의 合理的인 利用이 快適環境과 密接한 相互關係에 있으며 이러한 關係를 보다 科學的으로 接近解析하려고 하는 “Bioclimatic Design”은 住居環境設計의 중요한 基本的인 概念이라할 것이다.

參 考 文 獻

1. Man, Climate and Architecture, 1976 Applied Science Publishers L.T.D. by Glvoni .
2. Environmental Science Handbook for Architects and Builders. by S.V. Szokolay
3. Archi-Bio, by Jean Louis Izard, 1979.
4. Design With Climate, princeton Universty press, by A. Olgyay .