

人工環境を考える

大阪大学工学部建築工学科 伊藤 克三

はじめに

最近では環境汚染、環境破壊が大きな社会の関心事となり、到る所で環境という言葉が広く使われるようになってきた。もともと、環境とはわれわれを取り巻く外界を意味する言葉であって、有形、無形を問わず人間生活の外的条件のすべてを意味するもので、これまではむしろ社会的な条件として一般に用いられてきていたものが、公害問題にからんで汚染環境、騒音環境など、人間生活の場の物理的條件として大きくクローズアップされてきたといつてよかろう。人工環境もそういった意味での環境であり、この中にも都市環境、あるいは地域環境など、これまでの都市計画、地域計画を含めてより広い内容をもたせて使われるが、ここで対象にしようとするものは、もっと狭く、戸外の自然環境に対し人工的に建物の内部につくられる環境、すなわち室内環境であることをお含みいただきたい。

建物とは、元来自然の脅威や外敵から身を護る必要から生れ、次第に室内が主要な生活空間になるにつれて屋内の生活環境をより健康的に快適に、かつ能率的なものにするための改善が加えられ、最近の新しい都市ビルに見られるような高度な室内環境が得られるに到ったものである。建築技術の中にあっては室内の居住性、作業性を対象とする環境工学は、構造学、計画学とともに建築を支える3つの柱であって、今日の環境汚染とは関係なく古くより研究されてきたものである。

室内環境においては、いかにして居住者にとってよりよい環境を人工的に室内につくり出すかにその目標を置くものであり、自然のままでは得られない最適の居住ならびに作業条件の実

現を目標としている。同じく環境工学といわれてはいるが、各種の公害の激化に対応するための技術開発を目的とするものとの間には基本的に大きな違いがあるものである。公害防止は焦眉の急を要するものであり、対応策の必要なことはいまでもないが、その抜本的対策は発生源の除去であり、それ以外にない。自然環境が本来の清浄さを回復しても、室内環境に対する居住者の要求は今後ますます高くなり、それに応えるためには一層高度な室内環境技術が必要になることが十分予想されるのである。

自然環境と人工環境

自然環境の保全、環境の浄化などに向けて諸般の施策がなされているが、破壊、汚染のない自然のままの状態は好ましい環境条件ではあるが、それだけでは決して快適ではない。生活環境の主要な要因と考えられる空気環境、熱環境、光環境、音響環境など、どれを取り上げてもそのままでは、必ずしも快適のものはない。空気中には有毒ガスはなくとも塵埃、細菌はあり、夏冬の温度条件の不適はいまでもない。読書は野外ではまぶしくて読みずらく、夜間は不可能であるし、野外での声は通り難く、特に、音に余韻の必要な音楽の鑑賞などは野外ではほとんど不可能といつてよい。最近住宅地などで日照権問題が大きな関心をよんでいるが、これとても常に日照のある環境が快適というものではない。

人工環境はこれらの環境要因を常時われわれにとって望ましい状態におくために人工的に建物内に作られた環境であり、このような要因に関する限りでは外界より快適なものである。しかし人工環境はその中に長時間居住する場合には、それだけでは満足なものではない。完全に

自然と遮断された室内はどれだけよい状態におかれようとも、中で居住し作業するものにとっては精神的満足の得られるものではない。周囲をかこまれた人工環境と屋外の自然環境との間に昔から窓を設けて完全な遮断を避けてきた。

窓は室や環境の調節設備の不完全な時にあっては、採光、日照のとり入れ、換気、通風、眺望、避難など多くの役割を果し、現在も住宅などではそうであるが、都市に建った新しいビルにおいては全く別の状況におかれている。これらの建物では昼間も照明は電灯照明を用い、空調によって換気通風は不要となり、高層建物では窓は避難口とはなり難く、直射日光の射入は作業に却って障害とされる今日、これまで果して来た窓の機能の殆んどがその意味を失っている。不要であるというよりも、窓は壁体部分に比べるとその断熱性、遮音性などにおいて著しく性能が劣り、又窓を通して射入する太陽の直射光は夏季の冷房の大きな負荷になるなど室内に快適な物理的な環境を保持する際に大きな弱点、障害となっているのが実状である。窓から入る屋光も電灯による均質な照明状態を乱し、照明の質的低下を来していることが論議され、その対策が考究されているなど、環境要因にとっては役立つ面は殆んどないといってもよい。事実、作業性、経済性を考えて無窓工場もつくられている。人工環境調整の発達は地下室の利用にとどまらず、大都市では地下街の建設されることが多くなってきていることは周知のとおりである。

このように外界と完全に絶縁された室内にあっては、たとえ環境衛生的な条件は十分満たされていようとも、この中で長時間働く人達にとってこのような環境は決して満足なものとは感じられない。窓のないことによって閉じ込められた圧迫感が避けられず、窓を通しての外景で疲れを癒やすこともできず、外部の状況が知られないことによる不安感などが働く人達の不満のもとになっているといわれている。

環境衛生面のみについて考えれば、オフィスビルに窓をつけることは不利であることは明らかでありながらも、大きな窓をもったビルが建

てられていくのは、人工環境を考える際に、中に働く人達の精神衛生的な要求を無視した、物理的要因のみによっては真の快適環境の考えられないことを示しているものである。

人工環境の問題点

居住者の生理的、心理的な快適環境を高度にしかもこれを効果的に室内に、作り出そうとすれば、外界とできるだけ完全に遮断することが必要である。外部騒音の侵入防止には特に高い気密性が要求され、又窓の閉閉による外気の侵入は空調空気の損失となるので、最近のビルにおいてはガラスの窓はあっても気密な嵌め殺しの窓であるものが多い。環境諸条件が完全に人工的につくられそこにとじこめられることによる精神的な影響の無視できないことはさきにも述べたが、何よりもまず居住者にとってはこれが少くとも安全、健康なものでなければならぬ。ここで働く人は生活時間の $\frac{1}{3}$ はこの与えられた環境の中で過さなければならず、個人の環境に対する選択の自由はほとんどないといってもよい。在室者の健康、安全は全く人工環境の諸設備に委ねられていることを思えば、その設計、維持、管理の重要性はまことに大である。

しかも同じ環境条件に対して在室者の反応は同じでない。男女、年齢、着衣、作業状況、健康状態、体質や個性によって、気温、湿度、気流、空気の清浄度、騒音、照明などの環境要因に対する感覚の程度が異なる各個人に各の条件を適合させることは不可能である。とすれば環境の設定条件はどうしても平均的な人間を対象とするより外なく、個人的な事情に対応することのできないことが、環境設備の万全の維持管理とともに人工環境の基本的問題である。

健康保持上重要な生活環境問題は大気汚染等の外界の環境のみでなく居住生活環境をも対象とすべきことはいうまでもなく、最近の密閉された人工環境の建物の増加は、室内環境の一元的な管理の必要を生じ、環境に関して高まってきた社会の関心が大きな推進力となって昭和45年、まず多人数の使う建物を対象にビル管理法が制定され、空証建物内の環境基準として浮遊

粉じん量、一酸化炭素、炭酸ガスの濃度の許容限界値、空気の温度、湿度の範囲、気流の上限值が定められ、建築物の衛生行政が今後の大きな課題として活動をはじめることとなった。

人工環境の目標と基準

よい環境とか、よい建物とか一般にいわれるが、よいということをも具体的に明確につかまえないければ設計につながらない。各種の環境要素についてその物理的条件と、その人体の反応とを明らかにすることによってはじめて設計が可能となる。しかし対象とする要素によっては必ずしも一定の状態になく変動が著しいものがあり、あるいは単純ではなく複雑に構成されているものがある。騒音についていえば、一定状態で持続しているものは少なく、特に交通騒音は変動が大きく、その変動が又昼、夜といった時間帯によってその変動の状態に違いがある。しかもそれぞれ音質が異っている。一方聴覚は音の強さと音の高さによって感じとる大きさが異なる上に、不快さ、わずらわしさの程度も同じでない。これに個人差が入り、馴れの影響が入る。昼間の活動時と夜の就寝時とでは同じ騒音も受ける障害の程度が異なる。このような複雑な関係をどのようにしてとらえ、環境設計に結びつけるかは非常に困難な問題といわねばならない。今日一応室の用途に応じた許容騒音レベル、各種の規制騒音レベルが定められてはいるが、明確な根拠に基づくものではなく、今後の研究にまつべき問題が多い。

環境を生理学的に見れば、人体は身体機能の恒常性が維持されている状態が最も能率がよく、生きる上で適当とされ、この恒常性を維持するため、環境の変化に応じて器官が自ら調節適応するはたらきをもっている。環境、特に熱、光、音、空気などの物理、化学的環境に対しては調節、適応できる範囲が限られていて、普通調節をほとんど必要とせず恒常性を維持できる範囲を最適範囲、一時的な調節やある程度の適応によってこれの得られる範囲を許容範囲、適応できずに体に故障を起こす範囲を病的範囲といい、その値を最適値、許容値などとよばれ

る。温度条件のような場合には暑さ寒さの中間に最適値が定められているが、照明の場合には室内に実現可能な程度では明るければ明るいほど見易く限界値は低い方にのみあって、最適値はない。反対に騒音とか汚染濃度のようなものについては高い方にのみ限界値をもつものである。

室内環境は安全、健康、能率、快適を目標とするものではあるが、上述のように必ずしも最適値が存在しない。又あるとしても使用目的によっては常にこれを満たす必要もない。しかし健康上、安全上確保しなければならない最低値があり、これが許容値、制限値、あるいは基準として示されているものである。これらの値は環境の人体に対する影響に関する資料をもとに定められてはいるが、それぞれの目的と適用条件をもっているものであることを知っておく必要がある。なおまた、この値は生活レベルの向上、技術の発達、新たな発見が加わることなどによって改められるべき性質をもつものであることにも注意しなければならない。

例えば照明の場合の照度基準は、これまで約10年毎に改訂せられている。各用途の室、各種作業に必要とする照度がJISで定められているが、これはその作業に最適な照度というものではなく、又推奨値でもなく、社会の水準、技術レベル、経済力などいろいろの条件を勘案してつくられたものである。文字の読みやすさと照度との研究結果などの資料の検討も行なわれてはいるが、どの程度の見やすさをとるかは他の条件とのバランスで定められるべきものである。照明設計の設計基準として用いられる性格から下限を示すと考えてよい。現行のものは1969年に改訂せられたものであるが、何年か後には改訂されるはずのものである。

騒音、汚染濃度などの許容値、制限値などについても、防止技術が進めば現在よりも低い値になるべきものであり、許容値を満足していることは、環境条件として十分満足なものであると考えるはならない。

人工環境の質的検討

上に述べたものは具体的に数値にあらわれる人工環境の指標であって、いうならば量的な目標、基準である。しかし、室内の物理的環境条件は上述のようなもののみではきめられない複雑な性格をもち、これが在室者の快適性を大きく左右する。健康、安全の上に快適、能率的な環境を得るためにはその条件によりきめ細かな検討を加え、これを環境設計条件に加えなければならない。前述のものを量的なものとするれば質的な検討ともいうべきもので、特に使用目的の明確な室にあっては、質的環境設計が満足に行なわれていなければその機能を満たすことはできない。

音楽ホールの場合には、座席のどの位置においても音楽が十分な大ききで、余韻をもって美しく聞え、演奏者側にとっても演奏しやすい音響環境であることがこの室の生命である。それには室の残響特性を適正に、音の分布、拡散がよく、反響など聴取に障害を与える現象の発生しないことであり、これを満たすよう、種々の吸音材、拡散体、反射板などを利用した設計が行われている。外部騒音の遮音、室内での騒音発生防止、入場者数による音響特性への影響の防除など、音の聴取に目標をおいた綿密な検討が加えられる。美術展示室にあっては単に展示面の照度よりも、展示物が正しく観賞される照明はどうすればよいか、これを妨げ、あるいは不快を感じさせる原因の除去などが検討せられる。

これらの例は特殊な室の場合であるが、一般の室にあっては会話の聴取はしやすく、机上の書物、書類は見やすくなければならない。このような作業のしやすさ、快適さを高めるための環境設計はこれまでも行なわれては来たが、今後はこうした方向で室内環境の質的向上が重要な課題となっていくものと考えられる。

今日、環境条件の質的な評価が論議され、これにもとづく環境設計の方向に進みつつある照明設計の考え方を少し詳しく述べてみよう。

照明環境の最近の考え

これまで行なわれてきた照明設計は作業面に必要照度を確保することであり、その基準になっていたものがJISの照度基準であった。しかし、照度は見る対象物に入る光の量であってわれわれの眼に見える対象物の明るさは、それから眼の方向に反射して来る光の強さである。これは輝度といわれるもので、視覚を取扱う照明設計は照度ではなく、視覚と直接結びつく輝度によって行うべきであることは当然であり、これは指摘されてから既に久しい。同じ照度で照明されていても明るいものと暗いものとの違いのしやすさが違う。したがって作業の見やすさを目的とする一般の照明においては、作業対象の輝度と見やすさとに基礎をおいた照明設計でなければいけないということで、視覚に基づく明視照明の設計方法が追求される。

一方、照明設計は単なる作業面を対象とするのみでは不十分であり、作業近傍および作業者が通常に動かす視線の視野全般を考えねばならない。著しく明るさの異なる部分のあることは、眼の順応をくるわし、それによって不快を感じ又繊別能力を低下させることになる。特に輝度の高い光源が通常の視野中に入ればその影響が甚しい。このように非常に明るいものために生じる障害をグレアと称し、まぶしさによる不快を起させるものを不快グレア、視認の妨げとなるものを不能グレアとして区別される。中でも、一般の事務室の人工照明における光源による不快グレアは、照明環境における非常に重要な質的問題として各国で研究が進められ、一部の国では不快グレアの評価方法が実用的な形で公にされ、照明設計の一環としてこれを行うまでになっている。わが国においても早晩不快グレアの評価が照明設計の中に取り入れられる機運にあり、既に外国の方式に倣ってこれを実際に行っているところもあり、グレアを起すことの少ない照明器具の開発が行なわれ、グレアレス器具として市販もされている。

今一つの関心は昼間の人工照明に関する問題であり、PSALIといわれるものである。今日のビルは昼間も全面的に電灯で照明されているのが普通であり、照明設計は電灯のみで所要

照度が得られるよう行なわれている。昼間は窓から入る昼光が加わって実際の照明環境ができているのであるが、机上面の照度はこれにより増加するので、上述の昼光を無視した照明設計は照度に関しては十分安全であるとの考え方がなされてきたのである。ところが窓からの昼光の加わることにより室内の照度分布が窓近くと奥まったところとの間に大きな不均斉が生じ、室内面の輝度分布も昼光の有無で大きく変わる。これは室内視環境の快適性から見て明らかな悪化であり、空がそのまま見える窓面は非常に高い輝度をもった大きな面として室内視環境に及ぼす影響が少なく、窓を無視した照明設計は質的には決して安全とはいえない。窓は不快グレアの原因ともなり、又窓を背景として見られる人物その他のものが、シルエットになって識別困難となりやすい。その他光線の方向の違い、演色性の違いなど現実の状態である昼光、電灯の併用照明における照明には質的に多くの問題が含まれている。

単に照明環境に限れば昼光のない場合の方が条件がよいのであるが窓には心理的、精神衛生的な面からの要求が強いためにこれをなくすることはできない。したがって、窓からの光による照明条件の低下を防止、あるいは是正する方策を立て、現実に対処しなければ照明環境の向上は期し得ない。これが今日ビルの事務室の照明に対する新しい PSALI 的考え方であり、既にこの考えを一部とり入れた照明の実施側も見られ、今後この方面の技術の確立とともにビルの照明には広く取入れられるものと予想される。

人工環境と日照

建物の日当りがよいことは居住環境として大きな要件と考えられ、昨今、日照権が問題となっているが、日照の環境に及ぼす効果とは何であろうか。人工環境にとって日照はどうあるべきかについて少しく述べることにする。

日照の効果は大きく分けると光としての効果、日射熱としての熱効果、およびそれに含まれる紫外線の効果の3つであり、これ以外には考え

られない。

日が当れば室内の明るさを増し、その日当り部分は数万ルクスに照らされ、曇天気を明朗、活発化するの光としての効果である。熱効果は日当りをもとめる際に最も強く意識されるもので、日当りのよい悪いは冬の室内の温度に大きく影響し、暖房費用の面で明瞭な得失があらわれる。古来日本の建物が南向きに建てられてきたことは、日射による受熱量が冬に多く夏に少ないためである。洗濯物の乾燥に日射を利用するのも日射熱として利用しているのである。第3の紫外線は人体への生理的効果と殺菌力が利用せられるのである。これは熱や光のように人工的には得られないものとして、衛生的な見地から日照固有の効果のように扱われてきたものである。

以上は日照のよい面ばかりを取り上げてきたのであるが、それぞれに好ましくない面も少ない。直射日光による高い照度は視作業には利用できず、室内視環境の快適性から言えば好ましくないことは既に述べた通りである。室内に入る日射熱は夏は防除すべきであり、又熱効果、紫外線効果は家具、什器を褪色、破損させる。

このように日当りは環境条件にとって利害両面をもち、日当りの効用を人工で代用できない時は、有利な場合に利用し不利な場合は避ける工夫が必要であり、その効用が人工で行えることになれば日当りは不要となり障害となってくる。したがって、室内環境についていえば、その室の人工環境の水準の程度によって日当りの有利、不利が左右されると考えてよい。

直射日光を照明の面からは避けねばならぬことは古くからの常識であり、日照の光としての直接的な照明効果は論外であり、昼光照明とは天空からの光の利用のことであり、これすらも高度の人工環境では問題にされているのである。

暖房が完備した室では日射による熱の有難さが失われていたところへ、冷房の普及は日射の防除を経済上必要とし、積極的な日よけが考えられてきた。冷房は暖房に比べて費用のかかる設備であるから、経済的に行うためには建物の

断熱性を増し冷房設備の負担を軽減する必要がある、この負担は壁や窓ガラスを伝って高温の外気から室内に入る熱、人体、電灯などの発生する熱、窓ガラスを透って入る日射熱その他であるが、この中で日射による熱がかなりの比率を占め、これが天気の良い日に限りある時間帯に集中することになり、これに見合う設備を設けることは大変なむだであり、冷房の経済上できるだけこれを防ぎたいというのが今日のビル設計における考え方である。夏の冷房時の負担増と冬の暖房時の負担減とはその違いは比較にもならない。新しいビルに見られる窓の外につけられた日射遮蔽の装置、青や灰色をした遮熱ガラスの使用などはこのためである。

紫外線の健康、殺菌効果の方も必要ならば太陽灯、殺菌灯とよばれるものによって人工的に安価に得られる上、普通の窓ガラスは有効な紫外線を透さないものであるから、窓越しの日当りではこの効果は既に失われている。こう考えてくれば日照のもつ3つの効果はすべて人工で得られ、日照は高度の人工環境にとっては反対に負担の増大をもたらすものといわねばならない。

今日の高水準の建物では日照は取り除きたい方向であることは上述のとおりであるが、これが建物一般に通じるものとはいえず、特に住宅にあってはその水準には程遠く、やはり日照はあってほしいと考える人がすべてであろう。しかも住宅の室内が最高水準の環境になったとして、居住者は日照を不要とするかといえば否定的にならざるを得ない。これは窓の要、不要

にもつながるものであって、理屈からいえば、ない方がよいことにはなっても、実際問題としてはあってほしいと思うのが大方の気持であるとするれば何のためにそれを必要とするかとなるといういろいろ考えられよう。長時間居住する事務室、住宅では窓は開放感、戸外とのコミュニケーションということもあるが、その外にある自然そのままのものを与えてくれるものとして残されるだろうとある環境学者はいつている。

日照についても、室内環境には将来は不要になると考えてもよかろうが、居住環境の全てに不用であるということではない。将来とも必要であるのは室に密接した戸外であり、常に身近に自然が要求されるからである。その理由として、人工気候下での生活による抵抗力の減退、自然に対する適応力の維持などがあげられ、これらのことは住宅のみならず都市のビルにも共通したものとして都市の日照の必要性も主張せられている。日照に関する調査結果によると、市街地のアパート居住者の日照を必要とする理由の中で園芸が最も多かったことは自然が強く求められていることを示すものとも解せられる。

日照の物理的な面の価値は人工的なものに換算することによりある程度の判断はできるにしても、それ以外の面で、他では得られないものが日照にはあることは間違いなからう。しかしこれが明確につかみ得ないものであるかぎり、日照問題はこれからも論議をよぶことになりそうである。