

名大・まちとすまいの集い  
第4回  
環境問題と建築学 2002

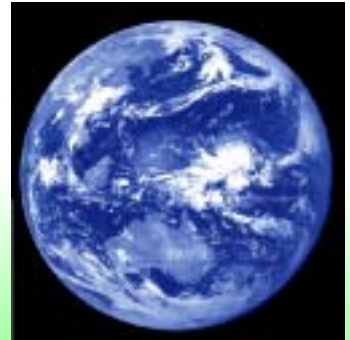
日時：2002年10月26日（土） 13：00 16：30

場所：（財）名古屋都市センター（名古屋市中区）

この記録は、2002年10月26日(土)に(財)名古屋都市センター(名古屋市中区)で行われた「名大・まちとすまいの集い」での講演を、当日の録音テープから原稿を起こしたものである。当日のプログラムは以下の通り。

テーマ:「環境問題と建築学」

|               |      |                        |
|---------------|------|------------------------|
| 13:00 ~ 13:10 | 西澤泰彦 | 趣旨説明                   |
| 13:10 ~ 14:00 | 恒川和久 | 「人が働く環境～オフィスからワークプレイス」 |
| 14:05 ~ 15:00 | 原田昌幸 | 「人と環境に優しい住宅を考える」       |
| 15:05 ~ 16:20 | 松井徹哉 | 「持続型社会における建築技術」        |
| 16:20 ~ 16:30 | 休憩   |                        |
| 16:30 ~ 17:00 | 討論   |                        |



# 環境問題と建築学

2002 10月26日(土) 13:00 - 16:30

開催会場：名古屋都市センター 大研修室（金山南ビル11F）



## プログラム

司会 西澤泰彦

13:00 ~ 13:10 趣旨説明 + 講師紹介

13:10 ~ 14:00 恒川和久

14:00 ~ 14:50 原田昌幸

14:50 ~ 15:40 松井徹哉

15:40 ~ 15:50 休憩

15:50 ~ 16:30 質疑応答 + 総合討論

名古屋大学では、2001年4月の大学院環境学研究科の設立に合わせて、建築学専攻は工学研究科から環境学研究科に移行し、都市環境学専攻を構成しております。これを機会に、環境学という新たな学問構築に対して建築学が果たす役割や複雑多岐な環境問題の解決に向けた建築学の貢献、などについて積極的な取り組みを始めております。今回は、そのような状況を踏まえて、建築学を構成する計画・意匠、環境・設備、構造・材料の各分野から1人ずつ講師を選び、それぞれが自らの専門を生かした環境学の構築や環境問題の解決に向けた取り組みを紹介します。

定員 200名(参加費無料・要申し込み)

主催 名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻, (財)名古屋都市センター

## 目次

|                        |                |
|------------------------|----------------|
| 趣旨説明                   | (西澤泰彦)…………… 6  |
| 「人が働く環境~オフィスからワークプレイス」 | (恒川和久)…………… 9  |
| 「人と環境に優しい住宅を考える」       | (原田昌幸)…………… 23 |
| 「持続型社会における建築技術」        | (松井徹哉)…………… 35 |

司会（西澤泰彦） それでは1時になりましたので、「名大・まちとすまいの集い」を始めさせていただきます。司会を務めさせていただきます、環境学研究科助教授の西澤です。よろしくお願いします。

#### この集いについて



初めに、簡単にこの集いについてご説明します。今回は第4回ですが、土曜日の午後の時間に行うのは初めてです。第3回までは連続講座で、年に6回というやり方をしていましたが、6回全部聞くのは大変という意見もありました。そこで今年からは、1回分の時間を長くして半日取って、何人かの先生に話をさせていただいて、質疑、討論をするという形式に変えさせていただきました。

学生の方、過去に学生を経験した方は大学がどういうところがわかると思いますが、なかなか社会から見ると大学は見えにくいところです。なんか難しいことばかりやっていると、難しいことばかりやっている割には、世の中全然よくなるんじゃないかという、そんな存在に見えるかもしれません。そういう誤解を払拭していただくために、私どもが普段どういうことをやっているか、そしてそれが社会との関係でどういうふうに皆さんの生活に還元できるかと考えている、その一端を少しでも皆さんにわかっているようにと考えると、こういう企画を始めてみました。普段大学で講義している内容とは少し違う話をどの先生方からもしていただけるのではないかと考えています。

#### 環境学研究科とは(図 1-1)

簡単に今回のテーマについてご説明します。今回の統一したテーマは「環境問題と建築学」になっています。なぜこのテーマにしたかと言いますと、私どもは一昨年(2019年)の4月に大学の組織を変えました。いろんな経緯があったのですが、環境学研究科という新しい組織をつくりました。

環境学というとすごく難しいことのように聞こえますが、身近な問題で言えば、例えば、皆さん、どうやってゴミを出していますか、というゴミの問題、それから、今非常に叫ばれている温暖化の問題、温暖化大綱や地球温暖化対策大綱などというのができていて、身近なところでは、テレビを1時間、見るのやめなさいとかを政府が勝手に言っているわけですが、そういった問題です。それから名古屋の場合、ゴミの問題が何年前から非常にクローズアップされて、皆さんが真剣に取り組むようになっていきます。実は今、日本の中

では名古屋はゴミ処理で高い評価を得るようになってきたわけですが、もちろん数年前はいろんな問題を抱えていたわけです。それから本当に皆さんが住んでいる都市、町、あるいは農村、漁村、山村、そういう所で生活をどういうふうにしていくかという、それも環境問題です。

このように、環境問題は非常に広くて、地球全体の大きな問題から、それぞれ皆さんの周りにある空気とか、座っている場所とか、物理的な大きさで言えば非常に狭く小さな問題まであります。しかし、大小には関係なく、どれをとっても重要な環境問題です。

人工衛星から地球を見るような感覚で、地球の視点、あるいは自然の視点でもいいですが、そういう大きな目で環境問題をとらえ、考えようという視点もあれば、もっと身近なところ、例えば建物とか都市とか、そういう人間がつくった身近なところから環境問題を考えるという視点もあります。それから、人間関係とか、人間の視点、心の問題もあります。例えば、省エネするのはわかるけど、停電したら困るよね、という感覚がある人がいると思います。そういうのをどういうふうに解決したらエネルギーを削減できるかという、科学技術でどうするというよりは、むしろ皆さんの考え方の問題、それをみんなが合意して何かできるということがあるかという人間の問題、あるいは社会の制度の問題、そういうことを考える視点もあります。これらの三つの視点から環境問題を考えていくということを環境学研究科という新しい組織で試みています。

#### 建築と環境との関係(図 1-2)

建築と環境はどのような関係があるのでしょうか。もともと建築物は人工物です。建築にはいろんな分野があります。例えば建築環境工学は室内の空調や照明などを研究する分野、あるいは建物の構造、地震に強い建物を研究する建築構造学があります。あるいは人間がどういうふうに建物をうまく利用できるかという建物の用途、使い方を考える、どういう施設を町に造ったらいいかという建築計画学という学問があります。そのほかに防災や材料など、あるいは建築史や建築デザイン、意匠、いろんな分野があります。

もともと建築は「用・強・美」の三個の要素から構成されています。建物の用であり、強であり、美であり、その三つを総合的に考えて設計するのが建築学の究極の目標です。図 1-2 では外側に薄いピンクになっていますが、そこからもう少し派生していくと、いろんな見方で環境問題を考えることができるだろうというのが私どもの考え方です。先ほど書いた三つの問題を外側に置いていますが、環境問題があれだけであるわけではなくて、もっといっぱいありますが、代表的な環境問題として、黄色い三つのところに置いてあります。そういうところに、建築という専門を使って環境問題の解決に何か寄与できないかという、かなり壮大な、あるいは大胆な考えを持って、今、先生方は教育研究をしています。

そういうことで、今回はタイトルが「環境問題と建築学」と非常に硬くて、しかも大変多様な内容となっています。既に申し上げましたとおり、環境問題には温暖化やゴミ問題

もあるし、都市の再生、都市再開発や自然との共生の問題などいろいろありますが、きょうはお三方の先生方にそれぞれのご専門からどういうことができるかを話していただきます。

#### 講師紹介

講師の先生方を簡単に、講演の順番に紹介させていただきます。まず最初は恒川先生です。専門は建築計画、ファシリティ・マネジメントです。きょうは「人が働く環境 ~ オフィスからワークプレイス」というテーマでご講演をいただきます。それから二番目は原田先生です。専門は建築環境工学と環境心理学です。きょうは「人と環境に優しい住宅を考える」というテーマでご講演をお願いします。それから最後に松井先生です。専門は建築構造学、海洋建築学です。きょうは「持続型社会における建築技術」ということでご講演をお願いします。お三方の先生に持ち時間 50 分ずつをお願いしてあります。お話しをしていただいたあと休憩をとり、残りは質問に対して答えていただくことと総合討論を予定しています。

## 人が働く環境～オフィスからワークプレイスへ

恒川 和久

### 自己紹介



自己紹介を簡単にさせていただきます。私は、きょう、講演をするメンバーの中では唯一、環境学研究科には属していません。旧組織の建築学専攻の学部の組織である社会環境工学科に属しています。

主にやっていることは、先ほど司会の西澤先生からお話しいただいた図で言いますと、建築計画学という分野が専門になります。「用」と「美」の間にある都市居住環境、自然共生、都市の問題が専門です。

建築計画から少し広げて考えますと、私どもは人工物の部分を扱っているわけですが、私たち建築計画に携わる者はむしろ、社会や人に近い人間環境学あるいは人間行動学といった分野に近いようなことを専門にしています。

きょうのお話を進めるためにもう少しわかりやすく説明しますと、(図 2-4)人の周りに部屋があって、建築があって、都市があって、地域、地球という具合になります。それで、人の周りにある部屋、今ここにあるような部屋は建築人工物です。地球というと自然になるわけですが、実は人そのものは自然、もともと人工でできたものではないという考え方があります。それぞれが環境の入れ子構造というような形をしていますが、最終的に、輪の中の一番中心にくる人たちは自然である、そういう認識で環境をとらえたいと考えています。

### きょうのテーマについて(図 2-5)

私がきょうお話しするテーマは、「オフィスからワークプレイスへ。人が働く環境」ということで、人を中心にしまして、オフィス、つまり人が働く場所を切り口にして環境というものを見ていきたいと思っております。

(図 2-6)きょうの話はオフィスを取り巻く社会の変化と環境問題です。世の中が、環境問題を含めていると変化してきています。そういったところから環境問題について話をします。抽象的な話が多くなるかと思いますが、具体的に、特に中部地方でどんな試みがなされているのかをスライドも交えながら話をしたいと思っております。それから最後は、あまり時間がかけられないと思いますが、働く人の本質について考えるということで、私どもが研究をしている、オフィスの環境調査のケーススタディーから少しお話ししたいと思います。



います。

先ほど、司会の西澤先生からありましたような二酸化炭素の問題あるいは廃棄物の問題、そういった問題からはちょっと離れて、環境というものを、人を取り巻く、人に影響を与えるものというぐらいの、もっと広い感じでもらえていただくといいかと思います。一般にメディアとかで言われる環境問題からは少し外れている部分があるかもしれませんが、その辺をご了解いただいて、お話を聞いていただければと思います。

#### 同時多発テロ事件(図 2-7、2-8)

オフィスの話をするときに話をしておかなければいけないのが、昨年発生したニューヨークでの同時多発テロ事件です。非常に残酷な事件ですし、犯人たちがしたことを許せるような問題ではないですが、この事件はオフィスを扱っている者としても大きな衝撃を受けました。

ニューヨークのワールドトレードセンタービルは、ご存じのように、1970年代の近代建築を象徴する建物で、いわば20世紀を代表する近代建築のオフィスビルと言ってもいい建物です。その建物にボーイングの旅客機が衝突しました。これはジェット機ですが、これも20世紀の技術が生み出した工業物です。20世紀を象徴する、そして代表する2つの技術のそれぞれが衝突して合い果てました。これらは、これからを考える上で、非常に重要な出来事だったのではないかと考えています。と言いますのは、アメリカ型の社会への疑問、これは環境問題につながってくるわけですが、石油依存文明の上に成り立つオフィス、空調やエレベーターがなければこのワールドトレードセンターは成り立たないわけです。ボーイング旅客機にしても、エンジンが止まれば落ちてしまいます。そういったものが20世紀後半を支えてきたのです。こういう世の中がアメリカ型だと言われて、日本もそれに追随してきたわけですが、それで本当にいいのだろうかという疑問を感じ始めています。恐らく皆さんも、多くの方がそうだろうと思います。

抵抗を感じる理由は为什么呢。皆さんは本当に超高層のオフィスビルに住みたいのでしょうか。あるいはジェット機に乗って海外旅行に行きたいのでしょうか。2、3階建てぐらいの建物だって働くことはできるわけですし、超高層にわざわざ上って、エレベーターがなければ外に出られないような建物にいたいのでしょうか。決してそうではなかったのではないのでしょうか。あるいは豊かで快適で便利なのはいいことなのでしょうか。それでどうして人はそんなに働かなくてはいけないのでしょうか。

今、小泉内閣の下で構造改革が行われて経済再生という話がありますが、本当に再生するのかということもありますし、再生して、またもりもり働かなくちゃいけないのかなという気も私などはしています。

もう一つ、もともと日本人の生活する環境は、そういうアメリカ型とは程遠いものだったということがあります。日本人は物を無駄にしない、あるいは少ない材料で生活空間をつくるかということに秀でた民族だったわけです。それが、アメリカ型のこういったこと

に追随してきました。ある部分、経済成長のためには仕方がなかったのかもしれませんが、もはや考え直す時期ではないかということです。

### オフィスの歴史

オフィスの歴史をひもといてみます。(図 2-9) オフィスのできたのは産業革命ごろだと言われています。もっと前からあるんですが、実際にオフィスという形ができてきたのは産業革命以降です。事務のスペースが集約して、それが都市に集中してきました。職住の分離が起こってきて、ここで初めて都市に人口が集中してきます。あるいは住まいと働く場所というのが別々になってきます。20 世紀になって、近代建築、先ほど言ったような建物ですが、大スパンの架構、空調、照明、エレベーター、電話といった見える技術が発達したことによって、大きくオフィスの形ができました。

一方、80 年代ごろからはオフィス・オートメーションやオフィス・アメニティといったことが追求されたり、IT (情報技術) によって社会システムが変化していくことへの対応といった、目には見えない技術の進展に合わせてきました。

いずれにしても、オフィスの形は、本当に働く人の環境、人間行動に基づいて形成されたものなのかということに疑問を持っています。オフィスとは「知的活動により価値を見いだす企業の生産装置」という言い方を私はしています。もともと企業の生産装置なわけですから、そこで生産が行われて価値が上がることによって、オフィスの有効性は語られるべきですが、そういった視点に基づいてつくられたということとは、ちょっと違うのではないかという気がしてきています。

### 日本でのオフィスの歴史

(図 2-10) 日本のオフィスはどうだったのか、長くなってしまいますので簡単に話しますと、明治 5 年に第一国立銀行が造られました。これは渋沢栄一が、清水建設の創始者である清水喜助に依頼して造ったと言われています。今の兜町辺りです。まだ東京が水の都と言われていたころの擬洋風の建物、これが日本でのオフィスの始まりだと言われています。

それから右の方に行きまして、今の丸の内ですが、三菱の 1 号館です。三菱地所がコンドルという設計者を使って造っていったころの建物です。左下は丸の内ビルディングで、最近建て替わりましたが、大正末期の時代でほぼ今のアメリカ型のオフィスビルの形態が出そろいました。鉄骨造で光庭をつくって、エレベーターがあつてという形が整いました。

そのあと超高層に至るのは右側の霞ヶ関ビルです。これは昭和 43 年です。30 メートル、100 尺の高さの規制が撤廃されて、構造的に柔構造が可能になったことで超高層時代になりました。

(図 2-11) 専門的な話になりますが、この基準階の平面図をずっと見ていきますと、昔の丸の内ビルはオフィスの奥行きが 9 メートルぐらいで、住宅でも大きな家だったらあるかもしれないというぐらいの奥行きです。それが今の新しい丸ビルは 16 メートルぐらいです。

それから、近代の初めてのころ建った兜町やその辺りは9メートルや10メートルだったのが、今や20メートルを超すようなオフィスビルができています。これはまさしく人工物に頼らないと何もできないということを現しているんじゃないでしょうか。

(図 2-12)近代のオフィスは技術の進展によって、規模や高さを競って都市景観を形づくって、21世紀を代表するビルディング、建物の形式となりました。ただし、オフィスの地位は、それまでは工場が企業の生産装置の主流だったわけですが、それを超えるものに地位は向上したと言えますが、林立するオフィスビルは本当によい環境づくりに役に立ったのでしょうか。豊かな生活を創造するために築いてきた建築や都市などが今、生存の危機を生み出す原因や結果を招いています。結局そうやってつくってきた物が、今、環境問題の大きな要因になっています。

(図 2-13)同じことを言いますが、生活の質の向上が環境への負荷の増大になってきました。組織や国の経済規模が拡大し続けるという幻想は、近代の社会で終わったのではないのでしょうか。われわれが環境問題として解決しなければならない問題は、今この矛盾を克服する手段を発見することです。建築やわれわれの日々の営みにおいて、この矛盾を解決することが課題なのではないかと思っ取り組んでいます。

#### オフィスが環境に与えるインパクト

(図 2-14)オフィスが環境に与えるインパクトという話をします。オフィスは住宅の次ぐらいに多い建築の種類になりますが、建築にかかわる二酸化炭素の排出量は日本の全排出量の43%ぐらいと言われていています。そのうちの3分の1が業務用で、それが1970年から30年間で3倍ぐらいになっています。面積当たりで言いますと、オフィスは住宅の倍以上の消費量があり、エネルギーの消費に関しては非常に大きな役割を持っています。

それから寿命が非常に短いのです。これはオフィスに限らずそうなんです。毎年建物がどんどんできていって、今や80億平方メートルぐらいの建物があって、2億平方メートルぐらい新築していると言われていています。ただしこれが2050年ごろにはほぼゼロに近くなるようなことになるのではないかということで、これをなんとかしないといけないというのは切実な環境への問題です。

#### 2003年問題

(図 2-15)先ほどニューヨークの話をしました。東京では、まだビッグ・プロジェクトが目白押しで、六本木ヒルズ、丸の内ビル、汐留の再開発とどんどんできているわけです。これは「東京2003年問題」と言われています。建物として行われていることとしては、気温が上昇する原因となっているヒートアイランド対策として、建物を高層化することによって、アスファルト面を減らして周りに緑を増やすことに役立っています。これからは寿命も長いでしょう。省エネルギーにも配慮した建築になっていると思います。ただ、本当にこの形がいいのかというのは、私は先ほどのことから言うと疑問に思っています。これは価値観の問題です。

(図 2-16)東京では 2005 年までに 1000 万平方メートルが供給されます。これは約 40 万人分に相当します。これから 40 万人分のオフィスが東京にできてどうなるのか、そんなことはわかっていただろうと言いたくなるわけです。不動産は市場に出るものですが、市場に出るものの割には、全体量はほとんど把握されていません。こういうものを調べようと思っても統計がほとんどないわけです。日本の不動産業界は需要と供給という関係ではなくて、ほとんど政治が規制緩和するとかで土地が安くなる、そのままに放置しておくとか不良債権化する、そういったことから建てられるわけです。これは環境問題を無視したことではないのだろうかという疑問を持つわけです。

(図 2-17)オフィスの需要と供給の関係は、供給から需要を引けば空室になるわけですが、 $供給 = ストック + 新築 - 解体$ 、 $需要 = オフィスの人口 \times 一人当たりの面積$ 、 $オフィスの人口 = 企業数 \times 社員数$ 、と考えると、需要が増える要因がないということです。

(図 2-18)企業が倒産や合併を繰り返す、社員はリストラで減る、一人当たり面積は後で話しますが、テレワークやスペースのリストラで減っていきます。増える要素が全くないのに供給がどんどん増えてしまう。(図 2-19)東京 23 区のオフィスワーカー数はこれから恐らく減るでしょう。一人当たり面積も恐らく減るでしょう。(図 2-20)そうすると、仮にこれからそれが 10%ずつ減るとすると、空室率が 20~30%になります。こういう問題をどうするのかということは今考えているわけです。

#### オフィスの住民へのコンバージョン(図 2-21)

その一つ的手段として、コンバージョン(改修、用途転用)を今考えていて、かなりやられています。東京に限った問題ではなくて、名古屋でも同じような問題が恐らく起こるだろうと思われます。名古屋駅のところに J R タワーズができましたが、その後が続いて豊田ビル、毎日ビルがやはり 40 階建てぐらいのビルになっていきます。タワーズとほとんど同じぐらいの高さのストックができます。それは名古屋駅のその他のオフィスとほとんど同じぐらいの面積が建てられるわけです。そうすると余るだろうということです。

それから都心に居住したいという人が増えてきています。それは相対的に都心の家賃が下がってきたということです。オフィスと住居とでは、もともとオフィスのほうが賃料がずっと高く設定されているんですが、東京都心部、日本橋や神田といったところでは逆転してきています。名古屋では栄や名古屋駅でも、もともとオフィス賃料と住宅の賃料とは近いんですが、名古屋でもその逆転現象が起きます。

#### 建築は都市全体のインフラ

それから、きょうのテーマでもあります地球環境問題です。古いものをどうするのでしょうか。余ったものをどうするのでしょうか。その膨大なストックを有効に活用していかねければなりません。そのためには建築そのものを土地のインフラとして考える必要があるだろうと考えています。

建築はオーナーの物なのですが、都市全体のインフラという考え方に転じていかなければいけないでしょう。その一つ的手段として、オフィスビルを住宅へ転用できないかということを考えています。実際に実例も2、3出てきていますが、このキーポイントになるのがもとの基本性能です。階高や、その建物やフロアの高さ、構造体がしっかりしているかどうかです。

それから法規制です。住宅のための法律とオフィスのための法律は建築上違うものだから、法規制がネックになっています。それから税金の問題や、駐車場を何台とらなければいけないといった問題がネックになってなかなか進みません。これも国土交通省も今年になって、改装費用の補助や税制優遇という方針を出して進めようとしているところです。

#### 今後のオフィスビルの条件(図 2-22)

これからのオフィスビルの条件についてお話をします。持続性の高い長寿命の建築、建て替えを回避してサステナブルなデベロップメント、スクラップ・アンド・ビルトからの決別をしなければいけないでしょう。

それから、時代を超えて使い続けられるような社会資産にしていく必要があります。後でライフサイクル・マネージメントという話をしますが、先ほどの余ってくるオフィスの問題もありますし、余ってこないものも1970年より以前に建てられたものはかなり耐震上も問題があります。そういったものもオフィスのストックは膨大にあります。いかにリニューアルしていくかということ、それから地域や町並みとの調和を、これから真剣に考えておかなければいけないでしょう。

きょうは環境問題がテーマなので、あまりオフィスに関して、企業側、持ち主側の話はしませんが、持ち主側に言わせれば、今は、オフィスとか土地を持つことは非常に苦しくなっています。いわゆる不良資産とか不良債権とかいうことと、それからキャッシュフロー型の経営になって現金を持っていることがいいと、負債を抱えることは企業の体力を苦しめます。それから時価会計という制度になってくると、土地とか建物は、これからいくら収益を上げるのかというような見方でみなされてきます。そうやってきたときに、企業はオフィスとか土地を持ちたくなくなっているというのが現状です。

これまで近代建築といわれている中で造られてきたオフィス、本社ビルといわれるようなオフィス、あるいはテナントビルでもそうですが、こぞって、おれはおまえとは違うというようなやり方で物を造ってきたというようなところがあります。うちの本社ビルということで、大体出るのは悪いことをしたときにニュースに出ることが多いですが、こぞって大きい物も小さい物も造ってきたわけですが、そういう物がリニューアルされるとか、あるいはあとで松井先生のお話で出てくるのではないかと思います。躯体だけを残して中身を替えるというときに、特殊な物はまた使いにくくなってきます。もっと地域や町並みと調和させることを考えていかなければなりません。極端に言えば、躯体は全く同じ建物がずっと並んでいたっていいわけです。例えばヨーロッパの町並みや京都の町家などの町並

みは躯体はほとんど同じです。それでもあれだけの美しい景観ができるのです。本当はそうあっていいのではないかという時代に来ているだろうと思います。

それから耐震性能の向上もありますし、用途の変異性、先ほど言いましたような用途をどういうふうに変えられるのか、その変えられる可能性というものも見つけておかなければいけません。

それから所有と利用の見直しと共有概念を持つ社会です。これは法的な問題が非常に大きいわけですが、意識の問題がもっと大きいのではないかと思います。土地に対して執着を持っているのが日本人です。日本は土地に対して非常に執着を持っているお国柄ですから、所有とか利用というものに対して異常な執念を持っています。ですから、それを共有するというような概念を持つような社会にならない限りは、そういった建物の転用とか、町並みとの調和とかスケルトン・インフィルとかというようなことはなかなか実現していかないでしょう。そういうことを進めていかなければいけないというのが、持続性の高い長寿命の建築のあり方だろうというふうに思っています。

#### 自然エネルギーの活用

もう一つ大きなことは自然エネルギーの活用です。石油エネルギーの消費を最少にしていくことです。環境効率の高い建築に、きょうはそういった技術的な話はしませんが、光と影や、熱とか風に忠実な建築の形というのを造っていかなければいけないし、イニシャルコストがたとえ多少高くても、企業は環境上の社会的責任を持っているという意識を持ってもらわなければいけません。これはオフィスに限らず、住宅でもそうですが、それぞれの社員、市民、企業家が、そういった社会的な責任を持つということがエネルギーの活用ができる建物につながっていくだろうと考えています。

#### ライフサイクル・マネージメント

(図 2-23)先ほど少し出ましたライフサイクル・マネージメントの話をしてします。ライフサイクル・マネージメントとは、建物を造る前の段階から、設計、建設、運用、解体までの建物の一生を対象にして、建物の効用の創出・維持・向上と、生涯にかかる費用、建設から解体までにかかる費用とか、あるいは資源の使用量とか、生涯にかかる二酸化炭素の発生量、LCCO<sub>2</sub>という言い方をしますが、その削減の面から検討・考慮し、最適な代替案を選択していくためのマネージメントのことを言い、またそのための具体的な考え方や手法を含めてライフサイクル・マネージメントと言います。

これから新しく建物を造る場合にも、今ある物をリニューアルする場合にも、これからかかるものを長い時間にわたって考えていかなければいけないだろうということです。なぜかと言えば、これは氷山の一角という例えですが、事務所ビルの35年のライフサイクルにおけるLCC(ライフサイクルコスト)と、同じくライフサイクルにおいて排出するCO<sub>2</sub>を考えてみます。図の左側の数字がコストで、右側の数字がCO<sub>2</sub>ですが、設計などに

かかわるもの、あるいは初期の建設にかかわるものは、氷山の一角であり、頭に見えている部分がイニシャルコストであり、最初に排出される二酸化炭素です。ところが、実際にはその建物のライフサイクル全体の値の4分の1とか、3割とか2割ぐらいしかかからないわけです。実際には35年の間にかかる修繕費、保守管理費、改修工事、エネルギーの使用、廃棄物の処理、あるいはコストに関していえば、税金といったものの方が圧倒的に多くかかります。イニシャルのコストで4分の1、CO<sub>2</sub>では2割を切り15%などといった数字なわけです。残りの85%は建物を運用する際に出てくる二酸化炭素です。ですから、特にエネルギーに関しては運用時に排出されるCO<sub>2</sub>が圧倒的に多いわけです。ライフサイクル・マネージメントを建物を造る前にして、それをどうやっていくのかを考えていかなければいけないということです。

(図 2-24)目的は効果を最大化するとか、耐用年数を長くする、ライフサイクルコストやCO<sub>2</sub>の最小化です。それからリスク・マネージメントです。何が起こるかかわりませんから、最少のリスクで済むように、適宜策が打てるようにする、といったことをしていかなければいけません。

(図 2-25)建物の性能について話します。図は横軸が時間の経過で、縦軸が建物の性能とか機能のレベルを表した概念図です。赤い線が建物の性能を表しています。時間がたちますと建物の性能が落ちます。修繕をすると少し上がり、また時間がたつと下がります。修繕をかけるということは、こういうことを繰り返すわけです。その間に初期の水準は真っすぐ変わらないわけですが、時代の水準はどんどん上がっていきます。要求レベルというのはどんどん上がっていきわけです。それに対して、経年劣化、陳腐化、不適合が起こってきます。それを、どの時点で、どういうふうにお金をかけて、どうするのか。修繕をかける、改修をかけるといったことを、場合によっては大規模な改修をかけなければ、時代の水準まで上がりません。こういうことを30年先、あるいはもっと長い時間にかけてどうするのかということを考えていくということがライフサイクル・マネージメントです。こういうことが必要な時代になってきています。

#### オフィスのタイプ(図 2-26)

オフィスの話に戻ります。ビルディングタイプという言い方を先ほどしましたが、オフィスは建物の形式としての成熟度はもともと低い。低いと言うと語弊がありますが、コアと言って、エレベーターやトイレや階段などがどこに置かれるかとか、有効面積をどれだけ確保できるか(レントラブル化)ということが建築計画的なもともとの目標だったわけです。それは基本的に、そこで行われている行為が単一の機能であると考えられていて、その固定的な組織が一般的であるとして、形式的なレイアウトがなされています。経済性の面から、設計者も開発者も面積確保という固定観念にとらわれています。しかし実際は、その空間の構造と現実の人との行動のパターンが乖離しており、必要な機能を再配分するために新たなプログラムを設定することが必要になります。

## ワークプレイスで変わるオフィス

(図 2-27)次に、オフィスがワークプレイスで変わるという話をします。皆さんもよく、コンピューターや携帯電話を使うと思いますが、今やいつでもどこでも仕事ができます。そうしますと、コミュニケーションのスピードが速まるということによって、その空間の内部に含まれる活動もどんどんスピードが速まって流動化していきます。組織も、今やグローバルな競争の中で、社会が求めるスピードに合わせるためには、どんどん早くしなければいけません。そうするとプロジェクト指向型のチームといったものの集合体になってくるわけです。人はこうした流れに乗って、コミュニケーション手段、コンピューター、携帯電話、その他もろもろの手段、ITを駆使して、独立した個人として組織や社会と直接対峙する環境となるでしょう。こういった人たちのことをナレッジ・ワーカーと言います。

そうすると当然、そこで行われるワークスタイルが変わるわけですから、時間や空間の制約からの解放は個人そのものの自覚をも変えていきます。変わらないのは体だけではないか。それが変わってくるということは、当然その形も変わるでしょう。新しいビルディングタイプが誕生します。(図 2-28)例えば今でもSOHO(スモール・オフィス・ホーム・オフィス)と言ったものが生まれています。これはビルディングタイプと言えるのかどうか分かりませんが、サイバーカフェといった新しいものも出てきています。また、図書館とか博物館といった既存のビルのタイプもまた、どんどん変わってくるでしょう。ビル同士の境界があいまいになり、デザインというものが付加価値から本質的な価値に変わっていくだろうと考えます。

(図 2-29)それを単純に表すと図の下に示す絵のような形ですが、今までは都市にあるオフィスに人々が集まって仕事をしていたのが、オフィスというものが分散して、自宅など離れたところにワーカーがいて、それらがネットワークでつながっていればいいということです。線でつながっていなくても今はいいぐらいです。これをテレワークと言いますが、テレワークをしている人というのは、2002年、ことしの時点で250万人ぐらい日本にいます。それはもう何しろ通勤からの開放ということが非常に大きいです。輸送のエネルギーというのが節約されますし、ワーカーから見れば移動時間が節約になります。全就業者の30%が通勤しなければ、日本のCO<sub>2</sub>の削減目標の2%ぐらいは削減できるだろうというような試算もあります。

こうなってくると、都市の構造や国土の構造そのものの意味が変わってくるのではないのでしょうか。働く人たちが地域に戻って、地域の中で地域社会を回復させたり、あるいはコンパクトシティという言い方をしますが、ある小さな単位の中での自給自足ができるような町という可能性が出てきます。それから先ほど言いました都心部のコンバージョンということも起こってくるでしょう。

こういうことが起こってくることで状況は随分変わってくるわけです。(図 2-30)これもイメージ図ですが、今までは工業社会、地域社会という言い方をしていますが、正社員が



大半で、パート、契約社員、アウトソーサーという方がいたのが、恐らく正社員と言われる人たちの数が少なくなります。アウトソーサー、コンサルタント、こういった人たちの数が圧倒的に増えてくるでしょう。それから働く場に関しても、今までは普通のオフィス、職場にいたわけですが、それがほかの職場だったり、SOHOだったり、公共の場所であったり、こういう場所が変わってくるでしょう。これは概念図ですので、何年後に起こるということは断言できませんが、今もうすでに企業の就業規則などが随分変わってきていますので、恐らくこういう方向になっていくでしょう。しかし、これは国がコントロールできる問題ではありません。あるいはNPOなども出てくるでしょう。こういったIT、情報環境が生活の利便性や仕事の効率性を向上させる、あるいはエネルギーの消費や資源の消費を減少させるということは、働く環境とか住む環境を、従来と反対の方向に向かわせているということになるわけです。先ほどの矛盾を解決するための手段の一つであるかもしれません。

#### 中部地方のオフィス事例(図 2-31)

今までの話は非常に概念的な話ですので、中部地方におけるオフィスの事例を少し見てください。それぞれの事例、少し写真が小さくて見にくいかもしれませんが。それからすべてのオフィスが必ずしも、今私が話したようなことに合致しているわけではありません。一つ一つの事例の中でヒントになるようなことがあるということでお聞きください。

(図 2-32)これは「ミツカン」という半田にあります酢の会社です。「ミツカン酢」は実はもうグローバル企業で世界的に進出している大きな企業ですが、半田を拠点とし続けることを決心しています。地域に根ざしたグローバル企業を目指しています。そして、運河に面した蔵を活用していたり、改修して「酢のミュージアム」ということで地域に開放したりしています。(図 2-33)そういったものと最新のオフィスビルです。これが割と珍しいオフィスで、役員がオープンなところにおいて、その分社型カンパニーというものを統括するヘッドクォーターもオープンにしています。役員室がないような先進的なオフィスと、そういった蔵を使って地域と一緒に住もうということが混在しているオフィスです。

(図 2-34)これは中広という中日新聞関係の広告代理店です。大垣に「ソフトピア」という岐阜県が立地した産業団地があります。(図 2-35)ヨーロッパの駅を思わせるようなすごいアトリウムがあって、周りに各プロジェクトがガラス張りのワークブースで町並みのように取り囲んでいます。それぞれのブースにプロジェクトチームが入るわけです。そのプロジェクトチームが解散するとまた別のブースに行きます。(図 2-36)しかも、皆さん、テレワークを全面的に採用していて時間も服装も何もかも自由で、CGのデザインとかネットワークとか、そういう仕事をしていますから、情報環境を整えて、集まる場所がユニークであればいいというコンセプトが徹底しているオフィスなのです。

(図 2-37)これは名古屋の昭和区八事にあります「光洋マテリア」という非鉄金属関係の商社ですが、これも、八事住宅展示場の裏側辺りの閑静な住宅街の中でオフィスを一体化

しようというような試みで造られているオフィスです。裏の方にマンションがありますが、マンションも一体して開発して、オフィス自体も非常に低層の3階建てぐらいで、照明だとか家具だとか建物の配置の仕方とかが非常に住宅的にできています。(図 2-38)だから、コーナーがあって居心地の非常にいいオフィス空間ができています。(図 2-39)これは5年ぐらい前の事例なんです、その時代から周辺の集合住宅と一緒にして、周辺の集合住宅にはレジデンシャルオフィス、今で言うSOHOとの相乗効果を狙ってこういうことをやっています。

(図 2-40)「セントラルエアポートプラザ」は、常滑の中部国際空港の完成までの時限付きのオフィスです。いろんな企業が集まって時限付きにオフィスを構えようということなんです。要するに、ビジネスチャンスが国際空港建設であるので、関連する企業がいろいろ集まってきて、サテライトオフィスを造っているのです。(図 2-41)サテライトというのは、自分の本拠地は名古屋にあるんだけど、こちらに行って、自宅にそのまま帰る。そういったテンポラリーなオフィスを時限付きで造ってしまうということです。建物そのものはプレハブみたいなものでたいしたことはありませんが、ユニークなアイデアが出てきています。

(図 2-42)これは「テクノプラザ」といって、リチャード・ロジャースというイギリスの有名な建築家が造った、岐阜県の各務原市にある建物です。バーチャル・リアリティー技術を物づくり革命のための、21世紀のキーテクノロジーと位置付け、その技術のメッカとして情報発信基地を岐阜県が造ったものです。コンセプトは「自然環境と先端技術の融合」です。

(図 2-43, 44)もともと山を切り崩しているものですから、本当にそれでいいのかという疑問もありますが、山の斜面を使って屋上緑化をしながら、ガラス張りの建物を造っているという、ユニークなプランをされていて、上の方に見えるところが階段状に山に降りていく部分です。ここは岐阜県が、インキュベーションや小さな企業に格安で貸し出して、企業を起こしなさい、という建物で、それぞれの企業が、こんないいところを安く借りられたらいいな、という場所を創出しています。(図 2-45~47)このように天井の高いオフィスで、断面的には山の中に埋め込んで屋上を緑化して、そこからハーブの香りがしたりして、割と皆さん、窓を開け放して、風を取り入れたりしています。

(図 2-48)これはことしの日経ニューオフィス賞の最も優秀な経済産業大臣賞をとった豊田自動織機のオフィスです。これは最先端のIT(情報技術)を活用して、コラボレーション、いかに社員が集まることに意味を持たせるかということを徹底しています。それから卓越した技術とその地球環境に配慮されたスペースデザインがうまく調和しているということです。(図 2-49)見たところ別に普通かもしれませんが、窓ガラスや照明や家具などの扱い、そういった一つ一つの部分が洗練されていて、良いオフィスです。(図 2-50)向こうに借景で公園があって、公園に面して縦型になっている部分が、温度に合わせてブラインドで閉まったりするんです。そういった技術を使いながら、環境を制御しつつ、屋上緑化をし

たりして、周りの環境に溶け込みながらも、最先端の技術を使っています。(図 2-51) どこでもコラボレーションがとれるように、壁が全面ホワイトボードだったり、どこでもプロジェクターが使えたり、そういったプロジェクト用のスペースというのがふんだんに用意されています。

(図 2-52)これは金沢ですが、やはり今年のニューオフィス賞をとったオフィスで、薬品メーカーの営業所です。薬品の商社ですが、徹底したコスト削減をするということと、ワーカーの働き方を徹底的に追求しました、業務のいろんなことを調べて。営業所はサーキットのピットであり、そこにいる人たちはピットクルーである。スタッフであるということです。(図 2-53, 54) 基本的に営業マンたちは病院にいることが一番、営業的に役に立つわけですから、スタッフはそれをサポートする。迅速にタイヤ交換ができるようなオフィスをつくるというコンセプトで、オフィスの量も削減するし、デザインもお金をかけないで斬新な色などを使いながらやっていくというオフィスです。

(図 2-55)最後の事例は三重県庁です。三重県庁も有名な知事さんがどんどん行政改革を進めておられますが、その一環でファシリティ・マネージメントという手法でオフィスの改善に努められています。コストをかけないで県庁職員の意識を変えるということです。もともと新築に建て直す予定だったものを、床下の免震工事によって、居ながら改修をしました。(図 2-56)基礎の下に免震層を構築して、オフィスは一切いじらないで、そのまま運営し続けました。いかにも北川知事さんがやりそうなことですが、そうしてコストを削減するとともに環境負荷を軽減します。もともとある地盤の基礎の底面に、ベニヤで隠れていますが免震層を設け、コンクリートを入れて、基礎梁を入れて免震をしました。(図 2-57) その間、ずっとオフィスでは働き続けていられます。

(図 2-58)事例を8つほど紹介しましたが、こんなふうに整理して、郊外から都市へ、集中から分散という図式で見ますと、三重県庁だけが辛うじて今までのセンターオフィスという事例です。ほかは、分散していったり、富山化学さんのように都市の中で分散したり、中広さんのように郊外で分散したり、いろんな働き方を試みているという事例がおわかりいただけたのではないかと思います。こういった事例の一つ一つの中にこれからのオフィスのヒントがあるのではないかと思います。

#### 働く人の本質(図 2-59)

(図 2-60)働く人の本質というのは何だろうかと考えたときに、仕事はお金をもらえるからやるというものなのですが、もう少し深く考えてみると、自分を社会に位置付けるものとしてやっている部分が多い。仕事を通して、個人と企業あるいは社会を結んでいます。「働きがい」というような言い方もありますが、必ずしも皆さん本当に働きたいかというところでもないのではないかと思います。忙しい人々の中、日本人の中にいるから忙しいだけで、実際にはそんなに働きたくない人は多いでしょうし、今ずっと話してきたのは、ワーカーはいい人だという前提に立っています。性善説、性悪説という言葉

い方をしていますが、ワーカーの中にも悪いというか普通の人もあるだろうと思います。もともとワーカーは忙しそうにして、時間を対価にして会社に仕事を買っているようなものだという言い方もできるのではないかと思います。働く場所や環境が良ければ、すべてナレッジ・ワーカーは生産性が向上するかというと、そうではないでしょう。それから、一人になりたくない人、コミュニケーションの下手な人、片付けられない人など、いろんな人を許容する場でもあります。無意識の行動の中で、そういったものを教育されているという部分もあります。人間の行動と環境の実態に基づくワークプレイスというものをつくっていかねばいけないうだろうと思います。

(図 2-61~64)私どもが行っている調査などを見ても、ある時間軸を取って、何人かのワーカーのそれぞれの行動を秒単位で刻んでいくと、何人かの方がそれぞれいろんな形でアイ・コンタクトをしたり、直接話をしたり、電話をしたりという形でコミュニケーションをとっています。ここは営業だからということもありますが、人がいるという環境下で、本当に集中して同じことをするのは2分ぐらいしか持たないんです。人間はそういうものなんではないかという気もしています。今、皆さんにも集中して聞いていただいていると思いますが、集中できるのは2分ぐらいなんではないかと、実は私の中では思っています。対人関係によって、周りの人の動きによって、いろんなことがその人に影響を与えているということについても研究を続けています。

(図 2-65, 66, 67)これもタワーズの事例ですが、人はいろんな動き方をします。(図 2-68)赤い線は動線を表しているんですが、同じオフィスの中でも、上の図に見るように、いろんなところを歩き回っている人もいれば、割と同じルートを通ったりする人もいて、人によって異なります。右の図でもそうです。同じ道をずっと行く人もいれば、何度も何度も違う道に行く人もいます。(図 2-69)このように会話が発生する場所もいろんなことがありまして、会話する相手というのをずっと調べていますと、(図 2-70,71)あるキーパーソンがいて、必ずしも部や課というものと違った役割のキーパーソンがいたりします。また、単なるおしゃべりかもしれませんが、そういう人がいたりします。それでいいのではないかという気がしています。ですから、あまりカチツとした物をつくる時代ではなくなってきているのではないかというのが正直なところです。

#### まとめ(図 2-72)

まとめますと、ワーカー側が知の創造の場をつくっていかねばいけません。どういうワークプレイスであろうか、環境であろうか、環境問題にどういうふうに関与すべきだろうかと考えると、都市の中に残るオフィスというのはだんだんなくなるという話をしました。ただ、やはり残るものは残ります。それは、リノベーションすることもあるんでしょうけど、結局人は寂しがり屋ですから集まりたがります。だから、コミュニケーションを直接的にとっていく場をどういうふうにつくっていくかがこれからのカギです。それと同時に環境負荷が少なかったり、通勤を減少させるシステムができたり、いろんなこ

とを許容する場所であったり、弱者というのは必ずしも体が悪いとか、あるいは高齢とかというのではなくて、人間的に、皆さんには弱い部分があるわけで、そういった弱さに優しかったり、あらゆる場所が情報環境だったりとすることで、現実の人に基づく環境をつくっていかねばならないだろうと思います。

具体的にこうなさいという話を、きょうはしていませんが、結局、地球環境問題に端を発して、それから情報のIT化が進んだことによって、人の働く環境あるいは居住環境は大きく転換してきています。

日本で行われている構造改革は、本当はそちらのほうに構造改革してもらわなければいけないのではないかと思います。環境に対する人の意識をつくっていくことが、これからの働く場所をつくっていくことのきっかけになっていくと考えています。

途中急いで申し訳ありませんでしたが、時間となりましたのでこれで終わらせていただきます。ありがとうございました。

## 人と環境に優しい住宅を考える 原田 昌幸

はじめに(図 3-1)

建築は計画意匠、環境設備、構造材料という3つの大きい分野に分かれます。わたしはそのうちの環境設備の分野、特に環境工学の環境心理を専門にしています。きょうは、自分の研究分野ではないところにも少し広げて、人と環境に優しい住宅ということで話題を提供します。最初に住宅を取り巻く環境について、次に、これからの住宅を考えるとときに必要になってくる2つの重要な事柄である住環境と加齢について、最後にまとめという順序で話を進めます。



住宅を取り巻く環境(図 3-2)

まず、住宅を取り巻く環境について、日本において住宅はどのようなものであるかを見ていただきたいと思います。日本はほかの欧米先進国に比べて住宅の建設数がおよそ2～3倍あります。また、戦前の住宅が日本ではわずか3.7%であるのに対して、アメリカあるいはドイツでは30%近くが残っています。もう少し年代の範囲を広げて見ると、日本は約8%、アメリカは約40%、ドイツは約90%が1960年よりも前に建てられています。住宅のストックとしての価値が随分と違うことが分かります。

環境負荷

日本では、住宅を造っては壊し、壊しては造りを繰り返しながら、住宅産業あるいは建設産業が発展してきました。造っては壊しをしている中で、日本の住宅がどれくらい環境に対して負荷を与えているのでしょうか。

(図 3-3)住宅で使われるエネルギーは、民生部門の中の家庭用に分類されます。1990～2000年のデータでは、住宅で使われるエネルギーは、全エネルギーのうちの約17%です。経済分野で「失われた10年」と呼ばれますが、このわずか10年の間に、住宅で使われるエネルギーは逆に約20%も増えてます。

建築関係の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)排出量は全排出量の3分の1に及びます。そのうちの半分ぐらいが住宅関係、住宅の建設と住宅の運用で出されるCO<sub>2</sub>です。このことから住宅がいかに環境に大きな負荷を与えているかがわかります。

(図3-4) それでは、1世帯当たりエネルギーをどれくらい使っていて、その内訳はどうなっているのでしょうか。われわれ環境設備にいるものは、住宅で使うエネルギーを少なくするためのいろいろなシステムや設備などについて研究しています。では、どんな形でエネルギーは使われているのでしょうか。暖房、冷房、給湯、照明・動力・その他の別で統計が取られています。統計をみてわかることは、暖房と給湯がそれぞれ全体の3分の1～4分の1程度で、冷房はわずか数%と案外使われていないということです。暖房と給湯の負荷をどう抑えるかが大きな課題です。照明・動力なども増えていますが、これはリモコンなどが多くなり待機電力が増えたことが原因ではないかと思います。

また、廃棄物についてみると、建設関係は全体の20%ぐらいの廃棄物を出しています。平均的な木造建築、床面積が30坪ぐらいの住宅であれば、それを壊せば40トンぐらいの廃棄物が出るといわれています。最初にお話ししたように、先進諸国に比べて日本の住宅は寿命が短いので、問題となります。

(図3-5) 次は資源の枯渇です。石油はあと43年しか持ちません。天然ガスは62年しか持ちません。石油がなくなれば、原子力で何とかするんじゃないかという声もありますが、そのウランも72年しか持ちません。石炭は二百年持ちますが、非常に質の悪い石炭も統計に含まれていますので、今の生活を維持していくのは難しいという状況にあります。このことから、エネルギーを抑えないといけないという背景がわかります。

#### 高齢化社会(図3-6)

もう一つ、日本において今後大きな問題になってくると思われるのは、高齢化の問題です。1998年辺りで、高齢者の割合は先進諸国を抜いて、日本が一番になっています。2006年には20%になると予想されるわけですから、あと数年後には、5人に1人が65歳以上という時代がやってきます。人口ピラミッドの推移の予測図がありますが、最初の図が2000年、次が2025年、最後は2050年で、2050年には2.4人に1人が高齢者という、そんな時代が来ると予想されています。

#### わたしが住宅をテーマにした理由

なぜ住宅のお話をしようと思ったのかを説明させていただきます。ことしの初めぐらいから、某ハウスメーカーさんと住宅の豊かさを考える勉強会を始めました。その中で、今後の住宅のあり方を考えさせられる機会がありました。これがまず一つ目です。二つ目は、ことしの前期に1年生の授業を持たせていただいて、そこでユニバーサルデザインというテーマで授業をさせていただきました。学生と話をする中で、住宅について考える機会がありました。

それで今回、自分の専門と越える部分もありますが、住宅について考えるということを選ばせていただきました。

### 住宅と環境共生(図 3-7)

環境共生を考える上で重要な3つのキーワードがあります。

#### ・1．ローインパクト

1つ目はローインパクトです。環境負荷を低減させるという意味です。具体的に言うと、省エネルギーやエネルギーの有効利用、あるいは、今まで使わなかった未利用のエネルギー、自然のエネルギーの利用、あるいは水や物質の循環をうまく行って、いわゆるリサイクル、リユースを促進することです。それから当然、建物の長寿命化を図ることです。建築学会でも、「100年住宅」や「1000年建築」などという表現もされます。長寿命化によって、環境負荷を低減させるということです。

#### ・2．ハイコンタクト

2つ目が、ハイコンタクトです。「自然との親和」「自然の享受」という表現もされます。これは自然環境をうまく利用するということでありますし、人間が自然環境の方に近づいていくということでもあります。自然を大事にしよう、生態系を保全しようという考え方です。

#### ・3．ヘルス・アンド・アメニティー

最後が健康・アメニティーです。ヘルス・アンド・アメニティーと書きましたが、安全で健康な住空間をつくろう、地域の文化や伝統を重んじよう、という考え方です。

### 環境共生住宅推進の3ステップ(図 3-8)

環境共生住宅は最近使われ始めた言葉です。言葉自体がそれなりの意味を持つようになったのも、ここ10年ぐらいだと思います。日本では旧建設省が中心になって環境共生という考え方を進めてきました。最初が環境共生住宅研究会です。これは1990年に立ち上げられ、資源・エネルギー、住宅の造り方、ライフスタイルという3つの部会がつくられて、基礎研究が始まりました。

この研究会のプロジェクトが終わって、次は推進会議と名前を変えました。先導的なプロジェクトを行って、実際にどれくらいの効果があるのかを考える取り組みがなされたのが2つ目のステップです。

最後が環境共生住宅推進協議会です。ここでは、ある程度の効果が見えてきたので、この情報を公開して広く普及させようということを行っています。実際には、環境共生住宅認定制度というのがあって、1．省エネルギー型、2．資源の高度有効利用型、3．地域適合・環境親和型、4．健康快適・安全安心型と4分類されています。確か、このうちの2分類に該当すれば、環境共生住宅の認定がされます。実際にはまだ販売数は少なく、なかなか難しいと聞いております。

### 世界的動向(図 3-9)



世界的にも、環境共生住宅はそれほど古くからあるものではありません。環境共生住宅としてさまざまな要素を考えながら造られるようになったのは、最近のことだと思います。レスター・ブラウンが、最初に「持続可能な社会」を言い始めて注目を集めました。その後、アジェンダ 21 で「持続可能な開発」(サステナブル・デベロップメント、Sustainable Development)がキーワードになって、ここから本格的に始まったとあってよいでしょう。

環境共生、エコロジーという言葉はもっと以前からありますが、実際に環境共生住宅と呼ばれるようになったのは 1990 年代になってからのことです。先進的な取り組みはヨーロッパに多くあります。エコビレッジと書きましたが、最初のもは森の中に 16 戸が集まって住み始め、エネルギーや食糧などを自給しました。スウェーデンのこの辺りは暖房がメインですので、森から薪を拾ってきて、それを熱源として使う、生活ごみや廃棄物をコンポスト化して肥料などとして使うという取り組みです。集まった人たちは特別な人ではなくて、普段はオフィスで働くワーカーだそうです。こういった取り組みが、スウェーデンではいくつもあると聞いています。

オランダでは、政府が音頭を取って、設計競技会を催しています。そこで入選した作品のいくつかを実際に建ててみて、人を住ませるといったプロジェクトです。こういった取り組みを通して、環境共生住宅を広めようとしています。

#### ローインパクトの技術(図 3-10)

環境共生住宅を考える上での 3 つのキーワードについて話しました。そのうちの最初のローインパクト(環境負荷の低減)にはどのような技術があるのかをまとめてみます。

まず、エネルギー消費の削減、有効利用です。建物だと、居室を適切な配置にし、緩衝帯などをうまく利用して、エネルギーを削減するということです。屋上緑化も 1 つの技術です。それから通風や採光の計画です。通風は最近になってようやく考えられるようになってきました。それから断熱・気密性の向上です。これは皆さんよくご存じだと思います。それから、日射の遮へい・取得、高効率機器の使用、ライフスタイル・生活構造の変更、コジェネレーションシステムの採用です。コジェネレーションシステムの採用は、後で少し説明させていただきますが、今注目を浴びている技術の 1 つです。

自然、未利用エネルギーの活用の代表的なもののが太陽エネルギーです。パッシブな利用からアクティブな利用まで、さまざまな形があります。以前はコスト的に見合わない部分もありましたが、徐々に採算がとれるようになりました。新しい話題としては風力エネルギーの利用です。これも後で少しだけ説明させていただきます。風の条件がいい所では、かなり有効です。特に、オランダやデンマークなど、風の方向が決まっているような地域では、風力発電で国内の 10%とか 20%のエネルギーを賄っています。その他の未利用エネルギーには河川水の利用などがあります。

資源の有効利用の例は水資源や雨水の利用などです。あとは、例えば耐久性や構法・工法の合理化、リサイクル建材・資材の使用が挙げられます。もう 1 つ、廃棄物の削減があ

ります。建設残土や建設残材の有効利用、生活ごみの減量化があります。最後は、ご存じだと思いますが、オゾン層の保護ということで、フロン使用の制限があります。

#### 具体的事例(図 3-11)

##### ・日射

具体的な例として、窓の計画、日射遮へい、日射取得の計画をするということになりますと、当然方位が重要になってきます。天窗なのか、南向きなのか、東向きなのか、西向きなのか。天窗は、普通の窓に比べて約3倍の日射取得があります。うまくデザインしないとマイナスに働いてしまうこともありますので、気を付けないといけません。それから日よけの工夫です。ひさしやブラインドはよく使われますが、ひさしが有効なのは実際には南側だけで、東西は単にひさしだけではうまく遮へいできなくて、樹木の利用や外側の縦ブラインドが有効になります。

##### ・断熱材

次は断熱性能の向上です。断熱性の問題でよく話題になるのが内断熱と外断熱です。もともとは、コンクリート建築で断熱をしようとしたときに、コンクリートの居室側の部分に断熱をすることを内断熱と呼んでいたわけですが、住宅の場合は、壁と壁の間に断熱材を入れる場合も内断熱と呼んでいます。建物の外側に付けるのが外断熱です。

内断熱の場合は、冬は部屋の中のほうが外より温度が高いので、熱が外側に向かって逃げていきます。そうした場合に、壁の中に断熱材を入れると壁の中で結露を起こすことがあって、今は外断熱が推奨されています。

ほかに、ペアガラスにすれば断熱性は向上します。今はさらに、Low-Eガラス(低放射ガラス)を使うという方法が考えられています。これは、ガラスの表面に薄膜の金属を塗布して、光は入ってくるけれども熱は入ってきません。長波長の放射成分をブロックするという機能を持ったものです。当然高価になってきます。

さらに進んで、高性能断熱ガラスもできています。ガラスとガラスの間にプレキシレン系の透明のプラスチックを入れているもので、市販されています。これは、普通の50ミリメートルぐらいの断熱材と同等の断熱性能があるといわれています。

##### ・小型風車

家庭用の小型風車も開発されています。出力は数十ワットのものから500ワットぐらいのもので、大きさとしては50センチメートルから1.5メートルぐらいの羽根サイズで、家庭に付けて使用することを前提に開発されたものです。

##### ・雨水利用

雨水の利用としては、雨水タンク200リットルぐらいの容量のものを雨どいに付けて、雨水をためるというものです。確か5万円ぐらいだと聞いています。こういったもので、水の有効利用を図ろうというものです。

##### ・家庭用コジェネレーションシステム(図 3-12)

続いて、家庭用のコジェネレーションシステムです。火力発電所の発電効率は 40% ぐらいですが、そうすると 60% ぐらいは熱として火力発電所の周辺に捨てられているということになります。排熱が有効利用できるような場所があればいいんですが、なかなかそういうわけにはいなくて、60% ぐらいが無駄に捨てられている現実があります。

コジェネレーションシステムは熱電供給システムと呼ばれたりもしますが、もう少し小さな規模の発電所を造って、熱も一緒に利用しようというものです。これと同じようなものを家庭に、というのが家庭用のコジェネレーションシステムです。技術的に難しかったのは発電システムが小型化できなかったことです。ですが、最近取り組みが本格化し始めまして、家庭用のコジェネレーションシステムが現実みを帯びてきました。

ことしの夏から、大阪ガスが中心になって、モデルルームで実験を始めたと聞いています。200cc ぐらいのガスエンジンを使って発電します。それを商用電力と系統連携させ、テレビ、エアコンなどの家電製品を動かそうということです。発電効率は 20% ぐらいと悪いそうですが、残りの 80% の排熱を給湯利用しようというものです。

住宅の場合は給湯負荷が非常に大きいので、これが実現されれば、エネルギー消費量がかなり抑えられることになります。ただ値段が書いていなかったものですから、まだ随分高いんだらうと思います。今後普及してくれば、値段も下がって、一般的な機器になるんじゃないかと期待しています。こういった環境負荷低減の技術はまだ実験段階です。

・実験集合住宅 NEXT21 (図 3-13)

大阪ガスの CM みたいになってしまっていますが、次にご紹介するのも大阪ガスの「実験集合住宅 NEXT21」です。1993 年 10 月に竣工しました。かなり早い段階から計画をしていて、総合的に環境負荷低減を考えようというものです。1994 年 4 月から 5 年間、最初のフェーズの実験が行われました。

社員 16 家族がそこに住み、さまざまな実験を行っています。目標は従来建物の 1 次エネルギー消費量の 30% 削減です。例えば、各階で断熱材を変えてみて、本当にどれくらい効果があるのかを調べています。われわれ環境工学の人間は、エネルギーシミュレーションをしますが、気候も変わりますし、使い方の状況も変わったりしますので、実際の住宅でデータを取るということです。

また、天然ガスを使った燃料電池のコジェネレーションシステムも導入されています。それから、太陽エネルギーについては、7.5 キロワットの太陽電池が付けられています。3 キロワットがおよそ 1 軒分ですから、そんなに大きな太陽電池ではありません。高気密・高断熱が基本ですので、当然換気をしないとイケません。そのため、24 時間換気システムが付いています。たくさんの生活廃棄物を出しますので、生ごみと排水の処理システムを入れています。住棟の緑化も行っています。

このように、その時点で考えられている技術を全部盛り込んだ、非常に興味深い取り組みでした。実験結果は既に出ています。1 次エネルギー消費量は 27% 削減されています。CO<sub>2</sub> 排出量も 25% 削減されています。窒素酸化物 (NO<sub>x</sub>) の排出量は、生ごみや排水の

処理をしていますので、その寄与が大きくて、74%の削減になっています。上水使用量も19%を削減しています。学会などでも多数の発表がありますが、実際に住んでいる人は非常にしんどいと、陰で漏らしていたのを耳にしたことがあります。

#### ハイコンタクト(図 3-14)

2つ目がハイコンタクトで、自然との親和や自然の享受です。これは、住宅そのものも当然ですが、個人の取り組みに加え、行政的な取り組みが大きいのと思います。その例として、ドイツのカールスルーエ市は緑のネットワークをつくろうと取り組んでいます。生態系を保存するためには、孤立した場所の緑だけではだめで、ネットワークがないと生態系は維持できないということで、行政が基本的なプランを立て、そこに住んでいる住民も緑を増やそうと取り組んでいます。

日本ではなかなかそういうわけにはいかないんですが、例えば、瑞穂陸上競技場のすぐ近くの山崎川を改修して親水公園化し、魚を放流しているという取り組みなどがあります。

#### 健康アメニティー(図 3-15)

次が3つ目の健康アメニティーです。今一番大きな問題となっているのはシックハウス症候群だと思います。北海道で断熱が注目されたのが1970年代前半です。その後、さまざまな新材が開発されて、それが高气密と一緒に問題を起こし始めたというわけです。

北海道の人たちは換気をしっかり行っていたので、あまり問題にならなかったんですが、これが本州にやって来たとき、東北地方の人たちには換気概念があまりなかったために、せっかく換気システムを付けても止めてしまうということが問題になりました。

そうこうする間に、旧省エネルギー基準、新省エネルギー基準、次世代省エネルギー基準などが定められ、住宅金融公庫融資と絡み、世の中の住宅が高気密・高断熱化、もしかしたら本人の意思とは違っても、が進んできました。

そうすると、どうしても換気の問題が大きな問題になってきて、知らない間にシックハウス症候群が全国各地に広まってしまったということです。化学物質過敏症と呼ばれたりしますが、呼吸や食べ物を通して体内に蓄積された化学物質が、ある限度を超えると発症するといわれています。住宅で長時間生活する主婦と幼児に影響が出ています。

一つの説では、落ち着きのない子供や暴力的な子供は、この化学物質過敏症が原因ではないかと考えられたりしています。

(図 3-16)社会問題化してきたので、厚生労働省も指針を出しました。代表的なものはホルムアルデヒドになると思いますが、濃度を0.08ppmに抑えようというようなことです。ただ、実際にこれを測定するのは難しいので、この指針値がうまく機能していないところがあるんだと思います。業界団体が中心になって、今はJIS規格になっていますが、合板や繊維板から発生するホルムアルデヒド等の量によって「Fe1」「Fe2」という呼び

方で等級付けをしています。

(図 3-17)住宅をつくっている材料はたくさんあります。まず、大きな影響を与えるのは面積を持つ壁、天井、床です。インテリアとして持ち込まれるカーペット、カーテン、畳、家具なども大きな問題になります。

具体的には、ビニールクロスはビニールクロスそのものが発がん性を持っています。ある程度の硬さを持たせるとか、つやを出すために添加される添加剤にも揮発性のものが含まれていて害があります。燃やすとダイオキシンが出るという問題もあります。畳も J I S 規格であっても、殺虫剤が中に染み込ませてあります。カーテンやカーペットも同様です。抗菌仕様なんていうのはまさにそれです。それから、断熱材などで問題になるのが、ポリスチレンフォームで、そのものから揮発性有機化合物 ( V O C ) が発生します。それから、シロアリのための防蟻処理ですが、これも大量にまかれて、中に住んでいる人たちがこれで苦しむということも報告されています。もっと困ったことがあります。

(図 3-18)安心できる素材として今注目を浴びているのは、しっくい、ドライウォール、珪藻 ( けいそう ) 土、ムク板などです。しっくいは、実は知らない間に、中に防かび剤やアスベストが混ぜ込まれていて、これらが問題になります。珪藻 ( けいそう ) 土は、このまままだとはく離してしまうので中に接着剤が混ぜ込まれていて、その接着剤が問題になってきます。せっかくムクの板を使っても、その上につや出しのための塗料が塗られますが、それが問題になってきたりします。いろいろなところで注意を払わないとなかなか安心して住めません。

生活用品では、電気蚊取り線香も問題だし、防虫剤、芳香剤も何ともしようがありません。新聞、雑誌もそうです。皆さん、雑誌のカラーページのにおいをを少し嗅いでいただくとわかると思いますが、すごいにおいがします。V O C の問題は今、建築だけの問題ではなくて、生活そのものを変えなければいけない問題になってきています。

放散量の測定は、濃度が非常に小さいので、測定するのは難しいです。一般的に用いられているのがデシケーター法です。デシケーター法とは、ガラスやアクリルの容器に蒸留水と一緒に測定したい建材を入れて、24 時間放置して、水の中に溶け込んでいるホルムアルデヒドを測定する方法です。濃度を測定するのにお金がかかるという問題もあります。もっと本格的にやろうとすると、時間変化を測定しないといけないので、チャンバー法ということになります。チャンバー内に建材を入れて、フレッシュな空気を流して、揮発量を経時的に測定する方法です。これはさらに費用がかかり、もちろん設備も限られています。

(図 3-19) V O C の除去のために、いくつか方法が考えられています。シール効果。壁や床から出てくるのが大きいわけですから、そこをコーティングをしたり、あるいは仕上げ剤の塗り壁などの中にホルムアルデヒドを吸着させるものを含ませて、それで処理しようなど、いろいろと考えられています。

最近では、空気清浄機も化学物質を除去する機能を付加させているものがあるようですが、

効果の高いものから低いものまでまちまちで、まだ何とも言えない状態だそうです。

### 高齢化社会の対応

#### ・ユニバーサルデザイン(図 3-20)

次は高齢化社会への対応についてです。最初はユニバーサルデザインです。これは某ハウスメーカーさんにお借りした図です。年齢を重ねていくと、人間の機能・能力が変わっていきます。また、人さまざまで、細い人がいれば太った人もいるし、背が高い人もいれば低い人もいます。妊婦もいますし、けがをした人もいます。車いすの人もいるでしょう。こういった人たちすべてに対応できるのがユニバーサルデザインです。

(図 3-21)ユニバーサルデザインの基本的な考え方には7つあります。

1. 公平性。誰でも使える。
2. 自由度。フレキシビリティがある。
3. 単純性。使い方が簡単である。
4. わかりやすさ。直感で使い方、知りたい情報がわかる。
5. 安全性。ヒューマンエラーがない。
6. 小体力。体力がなくても使える。
7. スペースの確保。アクセスしやすいとか、何か行動するのに十分スペースがある。

住宅関連産業はこのようなユニバーサルデザインの機能をもった商品を開発しています。

(図 3-22)年を重ねるにつれて、人の肉体的な機能は落ちていきます。体力的なものとしては、どういうわけか 20 代後半を基準にして考えるようですが、肺活量も、40 代では 80%、50 代では 70%ぐらいまで下がってしまいます。生理機能では、代謝量は、40 代では 90%、50 代で 80%ぐらいになってしまいます。脳の血流量は 40 代で 80%ぐらいで、50 代で 75%ぐらいになってしまうというのはちょっと怖い話ですが、これが現実のようです。このことに対して、どう対応するのが大きな問題です。環境工学の分野にも関係があります。

#### ・温熱環境と加齢(図 3-23)

温熱環境と加齢で問題になるのが冬です。居室は暖房していますが、廊下、トイレ、浴室は暖房していません。トイレや浴室などでは服を脱ぐので、一層ヒートショックを受けます。

実は、高齢者の入浴中の溺死が 1 年間に 1 万人ぐらいいると推定されています。きちんと統計を取っているのは東京都だけで、東京都のデータから、年間 1 万人ぐらいはいるだろうという推定です。

(図 3-24)浴室の問題を考えるために、どういった環境がいいのかを実験しました。浴室の温度と湯温と床暖を変数にしました。図を見ていただきますと、左の図が湯温 38 で、右の図が湯温 42 の条件です。普通の居室にしばらくいて、脱衣室に移動し、着衣を脱いで、浴室に入り、出浴して脱衣室に戻って、居室に戻るというプロトコルです。このときの平均皮膚温の変化は、湯温 38 と 42 を比べると、42 では急激に皮膚温が上昇するこ

とがわかります。

心拍数の変化でも、湯温が 42 であると急激に上がってショックを起こす可能性があります。高温の入浴が非常に危険だということです。浴室を暖房しないと寒いので、高温の入浴を好むというデータがあります。全館空調している住宅だと、脱衣室も浴室もみんな暖かいので、あまり高い温度では入浴しません。高温入浴は入浴中の事故の原因の一つだと推測されます。

#### ・生活行動と温熱環境(図 3-25)

加齢とは直接関係しませんが、次は生活行動と温熱環境の関係です。これも冬の研究ですが、リビングの上下温度分布を測ったものです。15 個測定点がありますが、赤い点が天井付近、緑の点が頭の付近の 1.1 メートルです。青い点が床面です。いろいろな住宅で測って、そこでの生活行動を調べたものです。

図を見ますと、いす座とユカ座で大きく分かります。いす座の生活をしようとする、床付近の温度が 14 以上必要だということになります。実際の住宅の行動と温熱環境の測定からわかったことです。これから高齢化社会になってくると、ユカ座、布団の生活より、いす座、ベッドの生活のほうが介護もしやすいし、生活も楽だと思います。そうなってくると、床付近の温度が大きな問題になってきます。断熱材を使って断熱効果を高めないと上下温度差が小さくなりませんから、高气密、高断熱が有効になってくるわけです。

#### ・視環境と加齢(図 3-26)

年齢が高くなると視力はどんどん落ちてきます。加えて、もう一つ、視界が黄色くなるのが年を取ったときの問題です。目の水晶体の部分に紫外線を受けると、紫外線は体に悪いものですので、ブロックしようと働きます。その生体防御のために、タンパク質が変質して黄色くなるというわけです。これは黄変化と呼ばれるもので、世の中が黄色く見えます。これは亡くなられた方の目を実際に調べた生理学者がいて、取り上げられるようになりました。

(図 3-27, 28) 皆さんは青色のサングラスをかけたら、最初は気になりますが、しばらくするとあまり気にならなくなりますね。実際には色順応があって、心理物理量としての測定が必要です。そういったことで実験をしたわけです。

横軸に年齢、縦軸に色の識別能力(n 値)をとった図ですが、20 歳代、50 歳代、60 歳代、70 歳代となるにつれて、識別能力が低下します。識別がしにくくなるのは緑と青の付近、赤と紫の付近だということがわかります。

その表の下は色表を使った実験ですが、若い人たちは明度より彩度や色相をうまく識別できるというのがわかりました。逆に、50 歳代、60 歳代、70 歳代の人には彩度や色相よりも明度の違いがわかりますので、明度の違いを使った色使いをしなければいけないということがわかりました。

#### ・音環境と加齢(図 3-29)

最後に音環境と加齢です。人間の耳の構造は大きく 2 つの部分に分けられます。伝音系

と呼ばれる、外耳、中耳に相当する部分と、感音系と呼ばれる内耳以降の部分です。年を取ってくると、感音系の部分、蝸牛（かぎゅう）と呼ばれるところがあって、ここの有毛細胞は音を受けたときに震える細胞ですが、この働きが悪くなってきて耳が聞こえにくくなります。下のグラフは、年齢と周波数の関係で、一番上から 30 代、40 代、50 代、60 代、70 代で、左が男性で、右が女性です。年を取ると、高周波数の方の聞こえが悪くなってきます。悲しいことに、男性のほうが顕著に現れてきます。補聴器を使いましょうといわれたりするのですが、補聴器は音を大きくするわけですから、伝音系の部分が悪い人にとっては補聴器は有効に働きますが、神経細胞に近い、脳の反応に近い感音系のところが悪い人にとっては補聴器では何ともなりません。ぼうっとした音が大きくなるだけです。これが今の補聴器の技術です。聞きづらいのは、高音の音、高周波数の音ということになりますから、チャイムが聞こえないとか、電子レンジの音が聞こえないとか、電話が鳴っているのに聞こえないということが生活上問題になってきています。

まとめ(図 3-30)

最後にまとめさせていただこうと思いましたが、これは最後の総合討論のときに少しお話しさせていただければと思います。ちょっと時間が延びてしまいましたが、ご清聴どうもありがとうございました。

原田氏の講演、終わり





持続型社会における建築技術  
松井 徹哉

はじめに(図 4-1)

私の専門は建築構造学です。普段学生さんには構造力学を教えています。新しい構造の解析理論を作ったり、あるいは実際にコンピュータで解析したり、実験室で構造の模型をつぶしたり、振動台で揺らしてみたりする研究をしています。

そういう人間がこういう所で、皆さんに環境問題をお話することには一瞬ためらいましたが、考えてみますと、環境問題の専門家はだ



れもないのです。専門家がいたら、環境問題は起こっていません。皆さんが素人であり専門家であり、また皆さんが加害者であり被害者であるという、非常に特徴のある問題です。ですから、私も一人の建築構造学に携わる人間として環境問題をどうというふうに考えたらいいかをお話しさせてください。

(図 4-2)建築には「用・強・美」があって、建築構造学はその「強」を主として担当します。どちらかといえば、建物の器を丈夫に造るのが基本的な役割です。今までの建築は建築の分野だけで考えていれば良かったのですが、環境問題等の問題が浮上ってきて、建築もいろんな所に進出し、いろんな分野と連携して、世の中に貢献できるような学問に育てていかなければいけないということで、環境学研究科に移ったという趣旨説明があったと思います。

きょうは、「持続型・循環型社会構築」に役に立つようなお話をしたいと思います。建物は強ければいいというのではなく、「用・強・美」と三拍子揃っていないとダメです。特に環境問題をお話するときには、「強」だけの話をしては何の意味もありません。「美」の話はあまりないかもしれませんが、「用・強・美」の話に発展していくかもしれません。ということで、さきほどの恒川先生や原田先生のお話にかなり侵食していく、あるいは重複するところもありますが、重複するのはそれだけ大事だとみんなが認識しているという証拠なので、同じことが若干出てくるのはご了承くださいたいと思います。

(図 4-3)講演内容としては、最初に、建築を今取り巻いている状況を簡単にお話しします。次に、我々の建築活動が地球環境にどのような影響を及ぼしているかを統計資料で定量的にご説明します。今、地球温暖化が大変な問題になっています。これを巡ってどう動く

きがあり、それに対して建築学会がどんな取り組みをしているかを簡単にご紹介します。そのあとは、「長寿命建築」「建設廃棄物とリサイクル」「森林資源と木材利用」と続き、最後に「まとめ」です。

#### 建築を取り巻く環境変化(図 4-4)

新しい世紀になって、建築を取り巻く環境が大きく変化しています。これは私が言うまでもなく、皆さんが感じておられることだと思います。1つは情報化、グローバル化が進展してきて、国境がなくなり、外国の資本が日本に入ってくるし、国際間競争が激化しています。もう1つは、きょうのメインテーマである地球環境問題が顕在化してきました。このまま行くと、人類の存亡さえも懸念されるほどに顕在化している状況です。

我が国に目を移すと、高度成長経済が終わって、これからは成熟社会、成長経済に移行していく時代になってきました。先ほど来、お話に出っていますが、これからは少子高齢化社会になっていきます。最近言われるように、20世紀までの大量生産・消費・廃棄型の社会から持続型社会への転換を図らなければならないという情勢です。特に建築に焦点を絞ると、これまでの「スクラップ・アンド・ビルド」から「ストック・アンド・リノベーション」へです。古い建物を大事に使って、また用途変更をして再利用していくことが求められています。

#### 建築活動と地球環境負荷(図 4-5)

特に環境問題ということで、建築活動がどれだけ地球環境に負荷を与えているかというお話をさせていただきます。原田先生と若干重複すると思いますが、統計資料を交えてお話しします。

建築は、建設 運用 廃棄というライフサイクルの中で、大量の資源やエネルギーを使いますし、温室効果ガスを排出して廃棄物を生み出します。建築活動が地球環境にいかに大きな負荷を与えているかは、いろいろな統計資料を調べてみるとよくわかると思います。(図 4-6)原田先生のデータと同じだと思いますが、これをご覧になっていただくとわかります。この黒い部分がその他の産業分野で、その他のカラーの部分は建築が関連している分野です。CO<sub>2</sub>の排出量が約 36%ですから、大体 3分の1です。内訳を見ると、建設に関わる部分を住宅建設と業務ビル建設とに分けていますが、両方足して約 10%。それに比べて、住宅と業務ビルの運用エネルギーが大体 36%の、さらにその 3分の2を占めるという感じですが、それで運用のエネルギーをなんとか減らそうと、先ほどの原田先生のお話のようなことがいろいろ考えられています。

(図 4-7)これも先ほどの原田先生と同じで、建築分野がいろんな廃棄物を出しているというデータです。重複するので飛ばします。(図 4-8)特に性質の悪いのは不法投棄が圧倒的に多いことです。このデータによると、廃棄物の不法投棄量は建築関係が 90%ぐらいを占めています。建設廃材、木くず、その他の建設廃棄物が不法投棄の源になっています。この

ようないろんなデータを見ると、建築活動が地球環境に非常に負荷を与えているし、また私ども建築に関係する者が地球環境問題に対して真剣に取り組むべきであるということがよくわかると思います。

(図 4-9)地球温暖化防止京都会議 (COP3) が 1997 年にありましたが、このときの京都会議定書で、日本は 2008 年から 2012 年の間に、温室効果ガスの排出量を 90 年レベルの 6% に削減するという割り当てがありました。これを受けて、我が国では地球温暖化対策推進大綱が 2002 年 3 月にできましたが、ここで産業、民生、運輸という分野に削減目標の割り当てがありました。

建築分野にはどんな割り当てがあったかという、建築は民生部門が相当しますので、民生部門の運用エネルギーの削減を建築がやるという割り当てでした。これに対しては、私だけではなく、いろいろ不満を持っている人もいました。

日本建築学会声明の日付は 1997 年 12 月 2 日。京都会議をしている最中だったと思います。建築学会は、「今後、我が国の建築物は二酸化炭素の排出量の 30%削減、耐用年数の 3 倍増を目指すべきである」という声明を発表しました。このときには地球環境委員会が建築学会にありますが、その先生たちがいろいろスタディされて、これが削減できるという見通しでなく、むしろこれぐらいやらないと多分 6%を達成できないという計算の仕方でした。一応目標を出して取り組んではどうかという声明を建築学会は出したということです。

#### 地球環境・建築憲章(図 4-10)

そのあと、地球環境問題に対して、建築分野としてどう取り組むべきかということ、建築学会が中心になって、建築関係のほかの団体と共同して、今から紹介する地球環境・建築憲章というのを出しました。要点だけ読ませてください。文章を作るのにすったもんだ議論があったので、何回も修正した文章です。

「建築は世代を超えて使い続けられる価値ある社会資産となるように、企画、計画、設計、建設、運用、維持される」。要するに長寿命を目指しなさいということです。「建築は自然環境と調和し、多様な生物との共存を図りながら、良好な社会環境の構成要素として形成される」。自然との共生を図りなさいということです。「建築の生涯のエネルギー消費は最小限にとどめられ、自然エネルギーや未利用エネルギーは最大限に活用される」。これは省エネルギーを図りなさいということです。「建築は可能な限り環境負荷の小さい、また再利用・再生の可能な資源、材料に基づいて構成され、建築の生涯の資源消費は最小限にとどめられる」。つまり、省資源、循環を図りなさいということです。それから 5 番目、これが非常に大事なのですが、「建築は多様な地域の風土・歴史を尊重しつつ、新しい文化として創造され、良好な生育環境として、次世代に継承される」。地球環境問題だから何が何でも CO<sub>2</sub> を減らせという話ではなく、建築はきちんとした風土・歴史に根付いた文化だということを最後に強調しているわけです。こういう憲章を出して、環境問題に取り組む姿勢を学会は示しました。

#### 長寿命建築(図 4-11)

まず、長寿命建築についてお話をします。なぜ長寿命かという話ですが、1つは地球環境維持に貢献する。これは一番大事なことです。建設時や廃棄時のエネルギー・資源消費、温室効果ガス・廃棄物排出量を削減しようというのが1つの大きな目標です。なぜ長寿命化が削減になるのかと言うと、長寿命化によって、年間あたりのエネルギー、資源の排出量、温室効果ガス、廃棄物の排出量が削減されるという単純なことです。これで地球環境維持に貢献しようというのです。

2番目に、社会的、経済的な社会資産の蓄積です。価値ある社会資産として、世代を超えて使い続けられることです。社会資産として残すと、次世代の方の建設投資費を我々が負担して軽減されます。環境問題という重い課題を、次世代に受け継がざるを得ないわけですが、せめて我々の世代でちゃんとやっておこうということです。

それから、長期に存在することで、町の景観に安定感を与えます。安定感あるいは雰囲気形成に役立ってます。安定した町の景観を創り出すことで、これもまた世代を超えて記憶が継承されます。歴史的、文化的な遺産になります。建築の場合は、地球環境問題だからといって、CO<sub>2</sub>を減らすだけではなくて、歴史的、文化的ということが非常に大事だと思います。

(図 4-12)日本の建築は欧米諸国と比べて寿命が短いという特徴があります。先ほど原田先生が同じようなデータを示されたので簡単にしますが、欧米諸国は大体100年に近い。住宅のストックを年間の新築戸数で割ると、どのぐらいの寿命になるかという単純計算ですが、イギリスは125年、アメリカで81年、短いドイツでも60年で、日本は大体42年です。

それからGDPに占める建設投資比率は逆に日本が高い。欧米諸国は日本よりずっと低い。特に新築に対する投資で、いかに日本が新築に投資しているか、ほかの国は新築よりもむしろ建物の更新に投資をしているということがわかります。

(図 4-13)もともと日本の建物の寿命がそのように短かったのかというと、そうではなく、日本には長く建物を大切に使うという文化があったはずで、皆さんがよくご存知の伊勢神宮は、20年に1回の式年遷宮をやります。これは20年ごとに新築しますので、地球環境という意味からいくと、あまり好ましくないかもしれませんが、建物の様式をちゃんと伝えていくことは建物を長く使う文化ということになります。

法隆寺の金堂は1300年前に建立された世界最古の木造建築です。何度も修理を繰り返して、1300年間、きょうまで維持してきたわけですが、厳島神社は、皆さんご存知だと思いますが、日本三景の広島神社です。この神社は干潮と満潮の水に浸される場合と、全く水がない場合とが毎日繰り返されるわけで、柱の腐食は非常に条件が悪いのです。乾燥状態と湿潤状態が交互に繰り返されるわけで、非常に早く痛むのですが、日本には根継ぎという柱を継ぎ足す技術が昔からあって、何度も根継ぎをして今まで維持してきたという文化

があります。皆さんがよくご存知の飛騨白川郷の民家が定期的に萱葺き屋根の葺き替えをして、建物を長く大切に使うという文化が日本にありました。

(図 4-14)短寿命は何が原因かと言うと、いろいろありますが、多分 1 つは都市の膨張に伴う住宅、オフィス等の需要が急増してきたことです。特に日本は戦後復興、その後経済成長を進めてきていますから、その間に都市が膨張して住宅、オフィス等の需要が急増してきたということです。

政府も景気刺激策で住宅建設を奨励してきました。それから、土地価格の高騰で土地が非常に高いので、建物にお金を使ってられず、土地で儲けようということになるわけです。土地が高いので、建物がどんどん粗悪になっていく、簡単に取り壊されるという状況が加速していきました。この当時は今と違って金利が非常に高いので、短期に償却しないと資本回収ができないということで、建物を新しく取り替えていくことに拍車を掛けたのです。

もう 1 つは税制の問題です。建て替えを促進したのに相続税もあるという話も出ました。これは都心などで親から土地建物を譲り受けると、高額な所得税を納めなければならないので、仕方なく建物を取り壊して、土地を半分売って処分することがよくあります。減価償却税をよくご存じと思いますが、これはある年数を経過すると、建物としてはもう資産価値がないということをいっているようなものです。建物寿命はここまでというのを法律で決めているような面があります。木造の事務所は 24 年です。木造のモルタル塗りだと、22 年でもう減価償却年数になります。はっきり言えば、建物の寿命は 22 年しかありません。鉄筋コンクリートでも 50 年しかないという状況です。このように、税制までが率先して、世の中が長寿命化を阻んできたわけです。

#### 長寿してきた建築物

(図 4-15)本当にどれくらい寿命があるかということを考えてみると、木造の寿命は難しい。多分推定する式はありませんが、いろいろ資料を見ていると、杉本賢司さんが著した『「千年住宅」を建てる』という本に、「木造の建物の寿命はおよそ柱の太さで決まる」と書いてありました。きちんとした太い柱を使えば、この図のようなカーブになるということです。百年住宅を目指すのなら、130 ミリ角以上です。昔流に言うと 4 寸 5 分です。今はちょっと立派な家で 120 ミリくらいです。安普請だと 100 ミリ角くらいのも結構あったような気もしますが、それなら寿命も短いということになります。

木造の建物も大事に使えば、いくらでも持つという例がここにあります。江戸時代の豪農の住宅で、奈良家というのが秋田県にあります。江戸時代 1751 年ですから、もう 300 年近く前のものです。これは重要文化財になっていますので、手厚く保護されていますが、大事に使えば、このようにいくらでも持つということです。

(図 4-16)鉄筋コンクリートはどうかと言うと、いろいろ問題がありますが、理想的にコンクリートが施工されていれば、こういう式でいけるそうです。コンクリートの本に、「中

性化の速度と鉄筋のかぶり厚の関係で鉄筋コンクリートの寿命は決まる」と書いてありました。鉄筋の所まで到達すると、鉄筋がさび始めて、コンクリートにひびが入り出します。その時をもって鉄筋コンクリートの寿命にしようということです。

浜田式は浜田先生という方がいろいろ試験されたデータですが、これで計算すると、かぶり厚を少し大きくすると最長 115 年くらい持つということです。今は 3 センチくらいが標準ですから、今より 1 センチかぶり厚を増やすとそれだけ寿命は延びるということになります。ただし、これはいろいろ問題があって、丁寧に施工されることが条件です。

日本ではじめての鉄筋コンクリート橋梁は 1924 年に建造されたものです。内房線ですから、千葉県です。海の潮風が結構吹きつける所ですので、コンクリートにとってはそんなに良い気象条件ではありませんが、ちゃんと持っています。ほかに、秋田にある、相当古い鉄筋コンクリートのアーチ橋ですが、ほとんどひびが入っていないそうです。今なお健全に使われています。昔のコンクリートはきちんと突き棒で固めて、硬いコンクリートを丁寧に打ったわけです。だから、いまだにちゃんと持っています。

問題は、1970 年代に造られた山陽新幹線の高架橋です。海砂を使ったり、相当粗悪なコンクリートを打ったということで、新聞で話題になりました。柱が浮き上がっています。梁も鉄筋が見えてきています。急いで造ったものだから、下のかぶりが足りなくて鉄筋が見えています。丁寧に造れば、ずいぶん長持ちするのです。

(図 4-17)鉄骨構造もそうです。1779 年のアイアン・ブリッジは鑄鉄で造られましたが、いまだに健在です。エッフェル塔は錬鉄で 1889 年に造られて、いまだ健在です。フォース鉄道橋は 1890 年、これは現在スティールといっている鋼鉄ですが、昔は鑄鉄でした。今の鋼ほど粘りのない鑄鉄や、少し粘りのある錬鉄で造ったものは、今なお健全に使われています。

我々が心配なのは、今の超高層ビルがどうかということです。超高層ビルはしょっちゅう風で揺れています。微風だったらいいのですが、大きな台風が何度か来ます。風揺れによって疲労が起こります。超高層ビルは約 200 年の疲労寿命だそうですから、今造られているビルは 200 年ぐらいすれば、風揺れの疲労でだめになるということを知ったことがあります。いずれにしても建物の寿命は非常に長いのです。きちんと施工して大事に使えば、建物は長く使えるということです。木造ですら 1300 年も持っているわけですから、鉄筋コンクリートや鉄だともっと長く使えます。

#### 耐用年数(図 4-18)

耐用年数には 3 つあります。ご存じだと思いますが、物理的な耐用年数、機能的な耐用年数、経済的な耐用年数です。物理的な耐用年数は老朽化して、もう物理的に使用不能になったというものです。それに対して、機能的耐用年数は、陳腐化によって用途的に、あるいは経済的に使用することが無理になるということです。経済的な耐用年数は、経済学の用語で、このときに壊すと一番費用が最少になるという最少支出の年数をいうそうです。

要するに、そこで処分しても、その後使っても、今壊すのが一番経済的に最少の支出になるという概念だそうです。一般的に、物理的耐用年数が長いのですが、機能的耐用年数や経済的耐用年数はこれよりもだんだん短くなっていくということです。

日本の建物が、なぜ短寿命かという、物理的な耐用年数は今お話したように十分あるわけですから、機能的耐用年数や経済的な耐用年数が短いからです。先ほどの税制や社会がむしろ短寿命を後押ししているわけで、社会的な要因で決まっているということです。

#### ライフサイクル・マネージメント(図 4-19)

建築を考えるときに大事な視点は建築を時間軸で考えるということです。先ほど恒川先生からいろいろお話しいただいたライフサイクル・マネージメントという概念です。建物を時間軸で考えます。造った時に良ければいいという視点ではなく、長いロングスパンで考えるということです。

その中の 1 つはライフサイクル・コストを最少化することです。今までの建築は、どちらかというといニシャル・コストを最少化することでした。建設費が安ければいい、後はなんとかなるだろうということです。それでは、これからの長寿命建築を考えるには十分ではありません。ライフサイクルのコストを最少化するというアプローチが重要視されるようになってきています。

先ほど恒川先生の絵がありましたが、生涯コストから見ると、建設段階のイニシャル・コストはほんの 1 割くらいでした。運用段階のコストのトータルのほうがずっと大きいということで、時間軸でコスト低減、あるいは CO<sub>2</sub> 排出量の低減を考えていかなければいけません。どうしてもイニシャル・コストをアップすることを皆さんは嫌うわけですが、建設段階でのコストアップはせいぜい 1 割くらいです。長期的に見れば、十分回収できるコストアップなのです。むしろ、管理運用をきちんとして、そのコストを削減するという考え方がいいということです。

#### リスク・マネージメント

それからもう 1 つ、これも恒川先生がおっしゃいましたが、リスク・マネージメントという考え方です。今の耐震設計は巨大地震に対しては、人命が助かればいいという考え方になっています。そうではなく、もっと損失を最少化するアプローチを取るべきだということです。なぜかという、建物の寿命が大きくなると、それだけ災害に遭遇する確率が高くなっていくわけですから。災害によって、その建物がどれくらい損失するのかということ予測して、その損失を最少化、補修や復旧に要する費用を最少化するようにすべきだということです。あるいは傷害保険などで担保していくという経営戦略を考えるという時間軸で考えることが大事になります。こういう視点は今までにもいろいろ概念的にはありましたが、あまり真剣に取り組まれていないのではないかと、これからの建築はこういう形でやっていかなければならないのではないかと思います。



#### 長寿命建築をどう造るか(図 4-20)

具体的に長寿命建築をどう造るかのいくつか基本的な条件を述べます。1 つはもちろん物理的寿命が大事ですから、高耐久性・高耐震性を備えた構造躯体がまず第 1 条件です。このあたりは私どもの専門分野がお役に立てるところだと思います。構造躯体を高耐久化・高耐震化することによるイニシャル・コストのアップは管理運用コストで十分吸収できます。それよりも、大地震でも起こって、大きな損傷を受けたときの被害額のほうがずっと大きいわけですから、ライフサイクルで考えていくわけです。

それからもう 1 つは、先ほど言いましたが、物理的寿命は十分あるのに、社会的、機能的、経済的な寿命が来てしまって壊すというケースが多いのです。なぜかと言うと、これまでの建物が、周辺の社会が要請する利用環境の変化に対応していく内装、設備システムを備えていないからにほかならないわけです。これからは利用環境の変化に順応していく内装や設備システムを備えた建築にしないといけないということです。特に、今まで以上に利用環境の変化はますます加速していくと思いますので、こういうことが大事かと思えます。

それから、建物を造りっぱなしというのは絶対長持ちしないわけです。メンテナンスを定期的にするのが基本です。どんな建物でもメンテナンスなしで長寿命というわけにはいきません。

こういうことを総合して、長寿命建築の望ましい 1 つのスタイルとして、先ほどからもいろいろ話が出ていますスケルトン、要するに普遍的部分、物理的寿命が尽きるまで変化しない部分と可変部分を分離しようという考え方が出てきています。

スケルトンは構造躯体です。空間に余裕を持たせて設計しておく、あまり狭い間隔だと、用途変更したときに対応できないということになりますので、階高、柱の間隔、積載荷重をいろいろ余裕を持って造っておく必要があります。階高や柱間はもちろん、空間の自由度を高めようとする、当然広いほどいいわけですが、積載荷重が重要で、今、建築基準法では事務所が平方メートル当たり 300 キロ、住宅が 180 キロというふうに決まっています。仮に住宅として 180 キロで設計しておいたものを今度事務所に転用しようとするときは、この積載荷重で引っ掛かるという可能性もあるので、積載荷重なども余裕を持って設計しておく必要があります。

一方のインフィルは可変性が求められるわけですから、更新ができるだけ容易にできるような造りにしておきます。点検して修理するときいろいろな所を壊して修理していたのでは何もなりません。きちんと設計のときに修繕計画も考えておくことも大事かと思えます。

#### 構法順序による階層化

構法の順序は、建物が大きな一次的な骨組から二次的な骨組になって、いろいろな造作材

が付いてくるといった段階があります。その段階をきちんと順序を付けておくということです。「構法順序による階層化」という表現は私が勝手に作った言葉です。専門の方に勝手な言葉を作るとしかられるかもしれませんが。

それから、改修周期をうまいサイクルにしておくというのは、本に書いてあったのを横取りしてきましたが、自動車がそうです。最初買ったとき、6カ月点検があって、1年点検、2年点検、そして3年目に車検となっています。そういうのを建物に使用するという話です。後で詳しくお話しします。部材、部品、設備の点検、交換が容易にできるような造りにしておかなければ、可変性に対応できません。こういうスケルトンとインフィルを分離するというのが、長寿命建築の1つのスタイルではないかと、私だけではなく、皆さんがおっしゃっています。

#### スケルトンとインフィル(図 4-21)

先ほど原田先生がご紹介されていましたが、NEXT21のホームページから転用してきたのですが、具体的にスケルトンとインフィルを実際に分離した構造ということで、ここにありますように集合住宅なら集合住宅の躯体の部分と住区の部分を分けます。躯体はいつまでも長く使えるように丈夫に造っておき、住区部分は住む人のいろんな要求によって変えられるようにするというシステムです。具体的な構法の写真が入っています。

#### 長期修繕計画(図 4-22)

長期修繕計画について書いてある本から転用させていただきました。構法的に支持・被支持の関係にある構成部位、例えば、柱・梁が支持になって壁が被支持になると、各部位の改修の周期は支持側が被支持側より長くしておくということです。長くするだけでなく、できれば倍数の関係にすると長期の修繕計画がうまくいくのではないかと、ということです。2<sup>n</sup>年の改修周期方式というそうです。もちろん各部位が切り離しやすい構成になっていないとやりにくいので、こういう三原則が書いてあります。

例えば、コンクリートの躯体寿命が60年ということですが、このコンクリートの集合住宅は、60年の半分のところで、内装、屋根、外装、設備の大きな変更をやりましょうと。防水層と書いてあるのか見えませんが、その半分のところで、中間段階のチェックをしましょうと。頻繁にチェックをしなければいけないところは、その2分の1ということにします。さっき言ったように、構法的に支持・被支持の関係にある場合には支持側を長くしておく、うまく改修のサイクルが回っていくのではないかとという提案です。

どこかの設備を取り替えるときは、どこかの外装材や屋根材を壊してしまわないと改装ができない工法にしておく、設備の点検のために壊さないといけないところが出てくるのはまずいのです。屋根の改装のときに、ついでに設備も更新しようという、逆の関係だったらいいのですが。そういうことをきちんと設計のときからしておけばどうかということです。センチュリー・ハウジング・システムというのは、そういう改修計画が採用され

ているそうです。こういう修繕をしていくことが長持ちさせる一番の基本です。

#### 損傷制御設計(図 4-23)

私は構造が専門ですので、若干構造の話をしたと思います。先ほど言いましたリスク・マネジメントの話です。地震による損失を最少にするための損傷制御設計という考え方が最近注目されています。この考え方は結構昔からありました。従来の耐震設計は、皆さんご承知だと思いますが、1981年にできた、みんなは新耐震設計と言っている改正建築基準法ですが、これは建物の震度レベルを2つに分けています。建物の寿命の期間に発生する可能性の高い中規模地震をレベル1と言います。その時には無被害または軽微な損傷にとどめなさいということで、機能保持を設計の目標にしています。起こりうる最大級の地震はレベル2で、この場合は損傷してもいい、専門用語でいうと塑性変形してもいいということです。ただし、倒壊させない、人命は最低限保護するという2段階の設計法になっています。これはこれなりに成功はしていますが、2段階設計法にはいくつかの盲点があります。

1つは、建物の寿命に比例して、大地震に遭遇する確率が高くなります。今まで60年で考えていたものが、100年や120年になると、それだけ大地震に遭遇する確率が高くなります。長寿命の建築になると、レベル1、レベル2の中間領域の地震に遭遇する確率が非常に高くなってくるのではないかと考えられます。そうすると、果たしてこの新耐震設計法のレベル1、レベル2でいいのかという問題があります。

それから、レベル2の地震の時に損傷は許すと書いてありますが、どの程度損傷を許すか、人さえ助かればいいというものから、ほんの少しでも亀裂が入ったら困るという状態まで、いろいろあるわけです。それに関して特に規定されていないのです。それをなんとか制御しようと、損傷制御設計法というのがあります。これは結構前からあったのですが、阪神大震災で大きく取り上げられるようになりました。地震のレベルを連続量で評価するという、レベル1とレベル2の中間領域をもう少し綿密に評価して、この時に建物がどういう損失を受けるかを、単に倒壊するとか、梁や柱に亀裂が入るとかの話ではなく、家具が転倒するとかいろんなことを含めての損失可能性を評価するものです。地震によって補修補強する費用を最少にする、つまり資産価値をもっと大事にした設計法です。従来は機能、人命だけだったのを、これからは建物の資産価値を大事にしていくという考え方です。

#### エネルギー吸収デバイス(図 4-24)

こういう損傷制御設計がずいぶん提案されています。これはわかりやすく言うと、スケルトン、インフィルに対応して、構造の中でもスケルトンの段階を2つに分けるということです。常時荷重、つまり地震のないときの荷重を支える主体構造は損傷をさせない、中を取り替えないということで、不変要素になるわけです。

それから地震の時に、地震のエネルギーを吸収する制振のデバイスを使う考え方もあり

ます。大地震の時は損傷してもいいが、損傷後に取り替えるという考え方です。構造の中では、こちらがスケルトンの中のスケルトンと、スケルトンの中のインフィルというように考えてもらったら、わかりやすいかと思います。具体的にイメージしていただくと、ビルの梁、柱が変形すると、ここに制振ダンパが地震のエネルギーを吸収します。これは結構変形しやすい構造になっています。むしろ変形することによって、地震のエネルギーを吸収します。変形したら、それを取り替えるというシステムです。

(図 4-25)日本にも損傷制御設計の考え方はずいぶん昔からありました。先ほど巖島神社のお話をしましたが、満潮時と干潮時とで全く様が変わるといふ素晴らしい建築です。この満潮、干潮というのは、我々が全くエネルギーを使わずに、自然が勝手に動いて、2つの建築のありさまを日ごとに演出してくれる素晴らしい建築だと思います。図の右側が平面図です。回廊が周囲に巡らされています。これはもちろん重要なデザインの1つの要素になっています。実は本殿を取り囲む回廊や舞台は海の波や山津波に対して、本殿を守る消波体あるいは砂防体としての役割を担っていたそうです。事実、終戦間際に山津波で背後の山が崩れてきたそうですが、その時に回廊がひどくやられたのですが、そのおかげで本殿は軽微な損傷で済んだという記録があります。これがまさに損傷制御設計です。回りの回廊がエネルギーを吸収するデバイスになって、真ん中の本殿が守られる構造になっているわけです。

(図 4-26)有名な随筆家の寺田寅彦さんが、随筆の中で、この免震制御設計という概念をすでに言っておられたそうです。「子どもが階段から落ちてけがをした。鎖骨というのはこういう場合に折れるためにできているのだそうである。これが安全弁のような役目をして気持ちよく折れてくれるので、その身代わりのおかげで肋骨その他の最も大事な部分が救われるという話である。それで自分の素人考えでは、いっそのこと、どこか家屋の鎖骨を設計施工しておいて、大地震が来れば必ずそこが折れるようにしておく。しかしその代わり他の大事な致命的な部分は、そのおかげで助かるというようにすることはできないものかと思う。こういう考え方は以前から持っていた。時々、その道の学者たちに話してみたこともあるが、だれも一向に相手になってくれない」という随筆です。すごい卓見です。素人考えどころか、素晴らしいアイデアです。やっと今、こういうことが実現できるようになりました。

(図 4-27)いろんなエネルギー吸収デバイスが今開発されています。損傷層の設計は、それをやるだけの技術的なバックアップが十分あります。(図 4-28)それから、もう1つ、免震装置や免震ゴムで支えるというのもあります。このアニメはうちの学生に免震構造の講義をする時によく使います。図中の赤が免震の建物です。青が免震をしていないほうです。この線の下のちょうど地下が免震部分になっているところです。赤いのはまっすぐ立ったままうまく動いています。青いのはすごく変形しています。これは実在の免震建物をモデル化して入れてありますので作り物ではありません。我々は今こういう技術を手の中にしています。

#### 建築廃棄物処理(図 4-29)

廃棄物処理の最近の動きをお話しします。建設廃棄物はリサイクルが進みません。先ほどデータを示しましたが、建設廃棄物は全産業廃棄物の 19%も占めます。リサイクル率は 57%で他産業に比べて低い。不法投棄量の 87%は建設廃棄物ということで、この廃棄物削減に関しては建築がかなりの責任を持っていると言わざるを得ません。もう 1 つ、最終処分場が枯渇してきているというのは深刻な問題です。

そういった中で建設リサイクル法が 2000 年 5 月に施行されて、建設廃棄物に関して規制が強くなっています。一定規模以上の建設工事におけるコンクリート、アスファルト、木材の工場現場での分別解体、再資源化を義務付けるといふ、かなり厳しい規定になっています。発注者は対象建築工事の事前届を義務付けられています。あるいは解体工事業者が登録制という、厳しいですがこれぐらいにしないと、ゴミの最終処分場の枯渇に対応していけないということで、こういう手が打たれています。建設業はこれに対していろんな努力をされて、リサイクル率はかなり上がっているのではないかと思います。今いろんな現場を見学させていただいても、廃棄物の分別はきちっとやっています。これはかなり進んでいくと思っています。

#### リサイクル(図 4-30~33)

リサイクル率は数字を説明しても皆さん面白くないと思いますので、飛ばします。まずコンクリートです。どういうふうに関リサイクルされるかというと、1 つは再生骨材というのがあります。ご承知のように、コンクリートはセメントと砂と骨材を混ぜて造ります。そのうちの粗骨材を、解体したコンクリートから、モルタル、セメント、砂の部分を取り除いて骨材として再生するという技術があります。

具体的には、コンクリートを加熱すると、脱水してセメントペーストがぼろぼろになるそうです。これを鉄球などですりもみますと、骨材だけが残ります。その骨材を使うとともに、その時に発生した微粉をセメント原料として再利用する技術です。コンクリートが路盤材として使われるというケースも多いので、コンクリートは割とリサイクル率が良いそうです。

鋼材、アルミニウムなどの金属類は基本的にリサイクルできます。特に電炉鋼が CO<sub>2</sub> の排出量が高炉鋼に比べて 30%くらいになるというので、環境保全という面では望ましいわけです。後でまたデータが出てきます。

それから木材は多段的なリサイクルが可能ということで、リサイクル率がどんどん上がっていくと思います。木くずをチップ化して木質ボードや紙パルプに再生すると、さらにもう 1 回燃料としてエネルギーに変換するという多段的なリサイクルが可能で

(図 4-34) 電炉鋼と高炉鋼では CO<sub>2</sub> の排出量がずいぶん違うということですが、電気炉の方が 30%くらいになります。ところが、日本は電気炉の比率が少し低く、アメリカは高い。

アメリカなどと比べて日本はかなり低いです。新しく設備投資をするのは大変なので簡単にはいかない問題ですが、環境問題という点から言うと、できるだけこの電炉鋼に変えたほうが良いということになります。

(図 4-35)建設廃棄物を減らすことは、さっきのライフサイクル・マネージメントと同じ考え方ですが、設計の時に既に、壊す時にはどのように解体して、この部分はどのようにリサイクルするということをきちんと考えておくことです。できれば部材が容易に取り外せるようにしておくということです。

使用材料の種類も、あまりたくさんあると分別が大変ですので、あまりいろいろと使わないとか、部材の標準化を図るとか、建設現場での加工を少なくして、できるだけ工場生産にして半端材を出さないなど、いろいろあります。部材に製造者名や材料の成分をきちんと書くことも大事です。それから、長寿命に通じますが、建物を壊さないで使うということです。そういうことで、解体、再使用を考えるということが大事です。

(図 4-36)クリスタルパレスは 1851 年、ロンドン万博で造られました。当時はまだ鋳鉄でしたが、これはもう完全にシステム化されていて、解体のことも考えていました。実際、万博ですから、終わると解体しなければいけないですが、解体してきちんと移築して使われたそうです。火災で燃えて今はありません。昔からそういうふうに設計された考え方があったわけです。

(図 4-37)図に示すのはトラスのユニットです。ジョイントの部分でつなぎ合わせていくトラス構造というのがあります。解体、再使用に向けた構造システムです。これは金山駅からコンコースを来られると、小規模の赤色をしたトラスが架かっていると思いますが、この規模の大きいのです。帰りに見ていかれたらいいと思います。こういう構造システムは解体、再使用ができて、廃棄物の削減に役に立つと思います。我々構造の人間は、こういう研究をやっていく必要があるのではないかと思います。

(図 4-38)図に示すのは名古屋ドームではありません。名古屋ドームは溶接ですが、ドームを接合するのに、溶接の代わりに、ジョイントで取り外し可能なシステムにしたかどうかという研究を新日鉄と共同でやっています。その時の写真です。実はこれは 10 年くらい前の研究ですが、この時は環境問題など全く意識していませんでした。施工の効率アップという観点から、この研究をしていましたが、これからは廃棄物を減らすという意味から重要になるのではないかと思います。

#### 森林資源と木材利用の現状(図 4-39 ~ 40)

日本の森林資源と木材利用の現状についてご紹介します。日本の戦後復興と、それに続く経済成長では、木材需要は急激に伸びています。その時に針葉樹が建築材料として使いやすいわけですから、当然値段も高く、重宝されました。そのころ、いろんな里山の雑木林を全部切って、経済価値の高い針葉樹に植え替えたという歴史的経緯があるそうです。

これは最近、森林の本を読んで勉強したのですが、この時に植えられた針葉樹人工林が

国土面積の 3 分の 1、森林面積の 40%を占めるそうです。これが伐採可能な時期に来ているそうです。間伐といって間引きをしてやらないと木が育たないのですが、その後木材価格が低迷したとか、いろんなコストが増大したので採算が合わずに、間伐や伐採を全く行わないできました。間伐を行われないで育ってきた針葉樹の人工林は、幹が細く根も浅く土をつかむ力も非常に弱いということで、これがいろんな土砂災害などを引き起こす原因にもなるわけです。日本の森林が今非常に荒れているという現状があります。

もう 1 つは外材の輸入策を政府が取って、国産材が衰退してきたという状況があります。外材の輸入策によって、国産材は安定した製品を大量に供給するというだけでは外材に太刀打ちできないということらしいです。日本の木材の需給率は今 20%です。米国、中国に次いで 3 位の木材輸入量という状況です。(図 4-41 ~ 42)どこから輸入しているかと言うと、多いのは米国、カナダ、オーストラリア、ロシアです。最近ではヨーロッパの木材輸入が急増しているそうです。これは集成材といって薄い板を層状に接着剤で圧縮して大断面の構造材を造るのですが、その集成材の原料、ラミナーと言ったかな、それから集成材そのものも欧州からの輸入が増えているということです。チリからも輸入しているそうですが、日本は遠方から結構膨大な輸送エネルギーを消費して木材を輸入しているという状況です。

自国の森林は荒れ放題、かつ外国からいろんな輸送エネルギーを使って外材を輸入しています。それが日本の森林と木材を取り巻く状況です。最近よく皆さんが、「木材は環境共生材料だから使え」とおっしゃるのですが、こういう日本の森林資源の状況を踏まえたいうえで、木材なり木造建築を考えていかなければならないと思います。

#### 木材の優位性(図 4-44, 45)

いくつか木材の優位性についてお話します。これは再生可能な資源ということです。木材の使用量が森林の成長量を上回らなければ、永久に持続可能な資源として使えるということが 1 つです。それから低環境負荷です。木材の製造や加工に使う消費エネルギーや炭素放出量は、鋼、アルミニウム、コンクリートに比べて非常に小さいです。あとでグラフをお見せします。それから CO<sub>2</sub> を吸収して固定する効果があります。樹木は光合成によって、二酸化炭素と水から有機物を作って、木材となって、その副産物として酸素を放出します。木材として存在している限り、炭素を貯蔵し続けるという吸収固定する効果があります。これを使って CO<sub>2</sub> 排出量を取引しようという話も出ていますが、その原因になっているのがこういう効果です。先ほどお話しましたように、カスケード型、多段型リサイクルができるということで、環境共生材料として木材が非常に優れているということです。

#### 消費エネルギー(図 4-46)

鋼材、アルミニウム、コンクリート、木材がエネルギーをどれだけ消費するかという統計表を見やすいように色で区分していますが、グリーンで書いたのが木材の消費エネルギーです。鋼材、アルミニウム、コンクリートに比べて非常に小さいというのがわかりい

ただけだと思います。特にエネルギーを使うのがアルミニウムです。これは 1 立方メートルあたりの消費エネルギーですが、アルミニウムが圧倒的にたくさんあります。最近アルミニウムが好まれるのですが、環境保全からすれば良くないのです。コンクリートは意外に少ないようですが、実際に使われる体積が多いですから、単位体積あたりは少ないけれども、総量としては結構多いということになります。

(図 4-47)在来の軸組木造と鉄骨のプレハブ、鉄筋コンクリートと比較すると先ほどと同じ傾向で、在来木造が非常に少ない炭素放出量になります。鉄筋コンクリートは単位体積が少なくてもボリュームが大きいですから、やはり多くなります。

(図 4-48)そういうことで、今日本の 3 階建て以下の建物を全部木造にしたら、どのくらい炭素吸収量が増えるかという計算がありました。私がやったものではありません。実はこれをやったらどれくらいかと考えていましたが、林業白書にデータがありました。要するに製造にかかる消費エネルギーが低減できるわけです。それから木造の建物自体が炭素を固定してくれる、その増加分です。それから建物を廃棄する時に、木材を燃やしてエネルギーにすると、それを化石燃料でエネルギーを消費したときに比べて減るということをする、ここに示すような結果になって、これらの炭素固定増加量と炭素排出低減量の合計は日本の年間炭素排出量の 2% に相当するということです。6% 削減の 2% はこれでいけません。仮定が乱暴ですのでやや現実味はないですが、木造の建物はやはり良く、しかも、できたら国産の木材を使うと良いのです。

#### 感覚にフィットした特性(図 4-49)

これは原田先生の領分を侵しますが、人間の感覚にフィットしたという、いろんな特性があります。調温機能、調湿機能があるとか、反射音、音響のスペクトルを見ると、木材が優れているということです。それから乳がんによる死亡率が木造率が高まるほど小さくなります。心理学、心理的な人間の感覚で、ヒノキの部屋にいるのと漆喰の白壁の部屋にいる時の憂鬱感、疲労感に限って言うと、木造ヒノキは全部プラスが出て、白壁はどうも悪いほうに出ているということもあります。

#### 木造建築物の勧め(図 4-50)

最近皆さん、「木造建築を造れ」とおっしゃいますが、なかなか木造の家が増えてきません。特に大学は木造のカリキュラムが全くありません。私が学生のころには、木造というのはありましたが、冷遇されていました。

戦後、建築物の不燃化対策で、都心に造る建物は木造はだめという方針がありました。それから古い資料を見ると、都市の防火の観点から木造建築を廃止すべきだという決議を建築学会がしたそうです。今から考えると全く逆の方向ですが、そういうことがあって、鉄筋コンクリートや鉄骨が主流になり、逆に木造建築は大学のカリキュラムからも姿を消していったということです。わずかに大工さんたちがその技術を伝えているという状況が



続いています。最近、木造を見直そうという動きが活発化してきていますが、できれば大学も木造をやったほうがいいという感じがします。できたら先ほどの日本の森林資源とか木材資源の状況を考えて、国産の木造建築を私は願っています。

まとめ(図 4-51)

建築を取り巻く環境が非常に急変してきているということで、新たな建築のあり方や造り方が、今問われている。建築の仕事に携わる人間は地球環境問題の解決に大きな責任を負っているということ、これは言うておきたいと思います。これからの建築に求められる要件、建築の条件は分厚い本ができるぐらいいろいろあります。環境問題の視点からお話ししますと、まずは長期耐用です。これも物理的だけではなく、機能的、経済的な長寿命化、あるいは既存建築の延命化が必要になってきます。それから省エネルギーです。運用段階での省エネルギーです。省資源、循環。これは、素材、部材あるいは部品、設備の循環利用です。それから環境親和性、周辺の自然と社会環境との調和性です。

最後に、建築構造学の専門家として何ができるか、何をすべきか。これが多分、わたしに問われているんだと思います。先ほどから言っていますように、高耐久性、高耐震性あるいは更新容易性を備えた構造躯体の設計とその維持管理技術を開発するのが、建築構造分野の人間のこれからやるべき重要な課題一つです。建築の構造家として、解体、再使用<sup>や</sup>を考えた構造システムの開発、木造建築の振興とその技術支援という面で協力していくべきではないかと思います。

松井氏 講演終了

## 質疑と応答

西澤 それでは、時間の余裕がなくなっていますが、尻切れトンぼで終わるのはよくないと思いますので、少しでも質問に答えたいと思います。質問が多岐にわたったときに、1つの話題に集中するとほかの質問に答えられないということがよくありますので、紙に書いていただくのは抵抗のある方もいたかもしれませんが、そういう意味で質問を登録制にさせていただきます。



今出ている質問用紙を全部読みました。読みまして、まとめて、こういう問題があるということでお三方が、全体テーマについてわたしがお答えします。

まず、全体テーマに関する質問です。企業、ゼネコン、ハウスメーカーがサステナブルな建築都市をつくるための技術を取り入れていくことは、企業の選択に任せるべきなのでしょうか。大学の側から何かできることはあるのでしょうか。また、現在行われている企業への働き掛けはあるのでしょうか。こういう質問です。これは大学の存亡にもかなりかかわる問題でもあるし、実際に環境問題に対して一体われわれは何ができるんだという非常に素朴な問題でもあるし、本質的な問題でもあると思いますので、最初にこの質問を取り上げさせていただきます。そういう観点の質問で、これは全体なんですけど、どなたでもいいんですが、原田先生、よろしくお願いします。

原田 わたしが最初にお答えるのが適切かどうか危惧しますが、大学の役割としては、それぞれの要素技術がどれぐらいの効果があるのかを評価するのが大事な仕事だと思います。例えば、屋上緑化だとかコジェネレーションがどういった効果があるのか、もう少し言うと、屋上緑化がどういう建物にとっていいのか、コジェネレーションがどういう用途の建築にとって有効なのかを正しく評価しないと、それを実際に採用する側にとって不安です。もちろん環境問題は重要ですが、コストの問題も大きな問題です。そういったところをわれわれ環境設備の分野にいる研究者が担当することになるんだと思います。

お墨付きではないですが、こういう条件であればこれぐらいの効果がありますよと、PRにつながると思います。また新規技術に関しては、企業に共同研究など積極的に働き掛けるのが、環境分野では考えられることかと思っています。

西澤 松井先生、お願いします。

松井 大学と企業の関係も時代とともにずいぶん変わってきていると思います。大学には大学の役割、企業には企業の役割があって、大学ですべてやろうなんていうのは非常におこがましいことです。特に環境問題は複雑多岐にわたっていますので、ちゃんとした考え方を提示するのが大学の役割で、それを受けて企業は実際にモノとして開発するというのをきちんとしたほうがいいと思います。

環境問題はいろいろな要因が複雑に絡み合ってきています。それがどういう関係になっていて、今こういう開発することが地球環境の改善にどう役立っていくかという広い視点から、いろいろな開発をしていかないと、多分環境問題の解決にはならないと思うんです。個別の、自分の専門分野に近いところを細かくやって、これで省エネ効果がいくらあったとか言ってみたとこで、それが地球環境全体に対してどういう貢献をしているのかという視点が非常に大事だと思いますので、大学はむしろそういうグローバルな視点から、それも正しい情報をきちんと皆さんに提供すべきです。今の環境問題は、言葉が氾濫していて、何でもかんでも環境問題と言います。本当の環境問題は何かというのをきちんとマクロに整理して、それを皆さんに提供するのが大学の役目ではないかと思います。

西澤 はい、わかりました。実は今の質問の前段に注釈が書いてありまして、ちょっと読ませていただきます。これもかなり本質的な問題を提示していると思うんです。

「建築の用・強・美の各分野で環境学と融合した研究が行われている様子がよくわかりました。しかし、それぞれの分野が個別に研究を進めていても環境問題は解決せず、実際に難しいのはそれぞれの分野を有機的につなぐことだと思います。具体的に各分野の研究成果を用いて、建築物を造るのが企業その役割になろうかと思います。」

こういうことで、先ほどの質問が提示されています。先ほどわたしが質問のところを読みました。前半部分について、わたしからお答えします。

建築の各分野の研究それから建築学という研究だけでなく、一応今、環境学研究科という新しい大学の組織があって、そこで何をしているかという、地球環境を専門にしている理学系の方々、あるいは心理学とか、社会学とか、経済学とか、法学とか、そういう人文・社会学系の方々と一緒に研究したり、そちらの学生を主体とした建築の授業をすとか、そういう変わったことをやっています。それは試行錯誤ですので、今すぐ成果が出るということではありませんので、息の長い話なんです。恐らく、10年後、20年後に、自分の専門分野はあるけれども、ほかの分野のことがわかるという人材が出てくることを確信して、今そういう授業をしているということを説明しておきます。

西澤 別の、全く違う質問に移ります。松井先生へ、とは書いてありますが、多分これは松井先生だけではなくて、皆さんにかかわるんじゃないかと思います。

再使用をあらかじめ考えた構造計画、デザインに取り込んだ事例はありますか。具体的にそういう事例がありますか。再使用を考慮したときに、建物の寿命はどうなりますか。解体と関連して、部材をディスプレイのメカニズムと技術開発の進展について、お話をお願いしますということです。

松井 再使用をあらかじめ構造計画、デザインに取り込んだ事例はありますか、というのは、今考えている地球環境とか、そういう意味でかどうかは知りませんが、万国博覧会系の建物は大体はその後、再使用することを考えて計画しているものが多いです。

先ほどちょっとスライドでお見せしたクリスタルパレス、これはもう大昔の話ですけども、あれもその後移築されていますし、大阪万博は再使用はされなかったですが、解体容易性を考えられていると思います。詳しくは調べていませんが、デザインで再使用を考えたということはあると思います。大体、万博系の建物は、そういう後の解体のことまで考えているはずですよ。

再使用を考慮した建物寿命。これは一般的にお話するのは非常に難しいです。個々の建物で、何で建物の寿命が尽きたかということで、先ほどからお話しています機能的なということであれば、まだ構造体は十分余力がありますし、当然、再使用に当たっては耐力調査は必要でしょうね。今も既存建物の耐震診断とかをやっていますから。そういう構造躯体の状況は一応考えてということになるのかと思います。

解体と関連して、何かジョイントのメカニズムとかいうのは多分まだそんなには進んでいないんじゃないかな。解体ということをあまり意識していないんです。これまでのトラスジョイントというと、どちらかというと施工が楽だとか、精度がよいということですね。そんなことでよろしいですか。

西澤 わたしは実は、きょうお話しされた方々と全く違う専門で、歴史をやっている者です。わたしの専門からちょっと付け加えると、先ほどの松井先生の絵に出てきた伊勢神宮はやはり解体を前提に造られていまして、壊した後はあの部材はほかの建物に必ず使います。例えば、今、伊勢神宮に行きますと宇治橋というのがありますが、宇治橋の欄干に使ってありますね。それから、日本中の神社に分けていまして、あれは解体を前提にして造っているんです。伊勢神宮そのものは20年しか持たないので、そういう意味では長寿命ではないんですが、部材そのものは長寿命化していまして、それをその後どんどん順繰りに行って、その神社から別の神社に行きますので、1本の柱が100年とか、そのくらい使われている事例ももちろんあります。

西澤 別の質問に移ります。恒川先生へ、ということです。オフィスとか、都市の将来像についての質問、あるいは集中と拡散のあり方はどのようなものが望ましいか。ちょっと漠然としています。新たな建設は必ずしも必要ではない。しかし、経済成長を考えると建て替えが必要不可欠か。こういう質問です。お願いします。

恒川 かなり大きな、都市はどうなるかというような話なので、こうなります、と答えるのが非常に難しい問題です。先ほどお話ししたように、間違いなく分散化は進んでいくでしょうが、それ以上に都市の集中化も起こっていくと思うんですね。というのも、皆さんもご存じでしょうが、日本の人口はこれから減少傾向に向かいますが、大都市圏に集中する人口の比率はどんどん増えているんです。今後、例えば東京なり、名古屋なりで、都市にオフィスが余るという状況が起こったときには、値段が安くなることも考え

られます。あるいは、コンバージョンとか、そういう形で都市に需要ができれば、地方の過疎化がより進むことも、逆に考えられます。いろいろな方向が考えられると思うんです。分散が進んで、本当に国土の構造が変わることも考えられますが、都市のほうがやはり魅力的だということもあり得ますので、むしろ後者の方が可能性はあるんじゃないかと思います。

経済成長を考えると建て替えは必要不可欠、というのに関しては、今の社会はそういうシステムになっていますが、そのシステム自体が変わらないと、先ほどのようなパラダイムの転換にはなっていないだろうとは思っています。

西澤 原田先生に2つ来ています。1つは、新たな機械システムと同時に、これまで工夫された環境維持システムの質の向上が重要ではないかということで、対流とか、換気とか、通風という事例が挙げられています。それはいかがでしょうか、ということです。

原田 まさにご指摘のとおりで、既存のシステムについても研究や開発は進んでいます。対流、換気、通風ということが挙げられていますが、高气密、高断熱ということが今、住宅で盛んにうたわれていまして、実際に今から建つ建物のほとんどはそうなるんだと思います。高断熱、高气密にして、負荷を少なくしようとする、どうしても、窓を小さくするとか、開口部を小さくするという方向に動きます。ですから、そういう意味で、換気、通風は非常に大きな問題になってきます。環境共生住宅を考える場合には、その地域の風の向きがどうなのかとか、気候、風土がどうなのかというのを調べながらデザインをしていきます。既存システムについても目を向けることは非常に重要だと思っています。こんなので答えになっていたんでしょうか。

西澤 もう1つ、原田先生に来ています。住宅の豊かさについて、やみくもにアメリカ型になるというわけではないけれども、やみくもに何かこう、エネルギー消費を減らそうというのが現在では賛同を得られるかどうか。それを考えると、従来の豊かさの概念を否定、変革しない限り、せいぜい現状維持が限界ではないかと思われる。豊かさを求め続けてきた日本の社会の中で教育を受け、過ごしてきた今のわれわれは、どうやって、どんな方向へ豊かさの概念を転換できる可能性があるか、という質問です。これは原田先生へですが、ほかにもあればと思いますし、わたしも答えますので、原田先生、先にどうぞ。

原田 非常に大きな質問を頂きました。どこからお答えしたらいいのかわかりませんが、アメリカ型が悪いという前提でお話をされているのかもしれませんが、オフィスの場合は、ランニングコストとインシャル・コストですと、ランニングコストの方がはるかに大きいです。これは恒川先生がお話されたとおりだと思います。住宅の場合には、一概にランニングコストが大きいというわけではないんです。オフィスは年じゅう空調をしています。住宅の場合はそうではありませんので、インシャル・コストとインシャル・エネルギーが重要です。当然住宅を壊すときに使うエネルギーやコストも大きいですので、長寿命化させるのは非常に大きなことだと思います。

アメリカの住宅は、わたしはそんなに詳しいわけではありませんが、実際に建てて、その後、住んでいる人たちが日曜大工的にどんどん造り替えていって、住宅の質を向上させていきます。ですから、建てたときと比べて、売るときのほうが高くなることが実際にはあつたりすると聞いています。日本の場合は、20年、25年もたてば、もう廃棄物として扱われて、下手をすれば建っていることで土地の価格が下がることもあります。アメリカの考え方は、ある意味で正しいのかなということもできます。

われわれがやっている研究会の中でも根本的な広さの違いについて議論されました。ある程度スペースがあるので、住宅の中での住み替えといえますか、移動が可能です。だから、夏は日の当たる所を避けて住まうということも、もしかしたらできるんじゃないかと考えたりしています。広くて、エネルギーを使っているのかというと、意外にそうではないんじゃないかと、今ちょっと思っています。そういう意味で、彼らの住宅のほうが今の段階では豊かなんじゃないかという気が少ししています。

今後どういう形がいい住宅なのかというと、日本の場合は、使い捨ての文化が、ある時期にありましたので、他人が住んだ家に同じように住めるかというのはなかなか難しい問題ではないかと思っています。意識改革が課題になります。近い将来住宅を壊すときに非常に大きな処分の費用がかかるという時代が来るんだと思います。そうしたときに、必然的に変わらざるを得ないような、そんな時代がもしかしたら来るのかもしれないと、思っています。十分答えになっていないかもしれませんが。

西澤 わたしからちょっと付け加えます。豊かさというのは意識の問題ですから、議論すれば切りがないんですが、概念をどうするかという問題をやはり議論する必要があると思います。我々の組織、環境学研究科はそれができるように、社会学とか、法律とか、心理学の専門の人がいます。われわれ大学の中でもそういうのをやっているし、これからもやっていきたいと思っています。

1つ事例を挙げると、日本の戦後の住宅政策は、とにかく戸数を増やすこと、戸数が確保されると次に1戸当たりの面積を増やすことと、大きくなるほうへ、ずっと50年間やってきたのは事実です。質は数量化されにくいですから、住宅の質、豊かさは問われずに、数値が大きくなることだけが進んできたのは間違いありません。それを今度は、皆さんが議論して変えていくという作業は必要です。

例えば、数値が減ってもいいんじゃないか、つまり70平方メートルのマンションが広過ぎて、わたしは50平方メートルでいいですよという人がいっぱい出てきてもいいんじゃないかと、わたしは思っています。都市に住むから狭い住宅に住むのは当たり前で、その代わり都市の中で共有できる所、公園とかをいっぱいつくっていく、住宅の外に共有部分をつくって、みんなで共有する、みんながそこで利益を得ることがあれば、1戸当たりの住宅が狭くなっても問題ないと、わたしは考えています。今の問題も議論すれば、当然けんけんがくがくの議論が始まります。そういうことを今まで議論してこなかったので、していったほうがいいと思います。

西澤 出していた中で読んでいない質問もあります。全部ではないですが、出していた方の質問にはひと通りお答えしました。

きょうの話をまとめると、2つ問題が出てきています。環境学と建築学との間で、建築のほうから環境問題にアプローチできることはきょう話していただきました。それに対して逆に環境から建築に求めてい

ることもあります。それが合致している部分がきょうの話題に出てきています。共通の話として言えることは、新しい建築の展開が必要だということがあります。それは松井先生のお話の最後に出てきました。その中の大きな問題として、皆さんが共通で言っていたことがあります。1つは、ストックの活用が大事であろう。それから、環境共生という概念が非常に重要である。それから、地域や町並み、あるいは歴史、文化、風土、そういうものとの調和した建築が絶対に求められる。それから、松井先生のお話にありましたが、建築を時間軸でとらえることがどうも必要だろう。こういうことが論点整理として出てきています。

最後に一言ずつ、環境問題と建築学ということで、まとめではなくても構いませんので、今の質疑も踏まえて、これからの方向といいますが、皆さんに訴えたいことでも構いませんが、恒川先生から順番にお願いします。

恒川 今の西澤先生のお話の中にもありましたが、重要なのは皆さんの意識、考え方、そのものだと思います。わたし自身が建築の計画の研究者であります、設計者でもありますから、やはり新築を建てたいですが、そういう時代じゃなくなるんだということを自分が認識しなければいけない。あるいは、企業や、個人、家を持つ人が、社会に生まれついた以上はこうしなければいけないということなんだと思うんです。結局、環境問題に一番寄与できるのは人口の減少です。あなたが生まれてきた以上は、というものがついてしまうものだと考えるべきものなのかなと思っています。

原田 同じようなことなんです、わたしがきょうお話しさせていただいた住宅に関しては、本当にたくさんの分野の人たちが携わっています。当然、住宅を建てようとするわれわれ、設計をする人たち、施工をする人たちが中心です。行政がどういう取り組みをするのか、学会がどういう取り組みをするのか、住宅を造るためにはいろいろな素材を使うことになるわけですから、当然何よりもメーカーの人たち、大学の研究者など、さまざまな人がたくさん携わるわけです。全員が意識改革をしていかないと、環境問題に対して進まない、1カ所どこかが止まってしまったら進まないということも出てくるんじゃないかという気がします。

その中で一番大事なのは、われわれ個人の意識じゃないか、住宅を建てようとする、建築を使おうとする、そういう人たちの意識じゃないかと思います。環境共生を例に挙げますと、設計者に対して、あるいは施工する人たちに対して、本当にあなたは環境共生を考えられる設計者ですか、あるいは施工者ですかという問いができる程度には、ある程度自分たちで情報収集して勉強しないとイケなくて、そうしないと最終的に被害をこうむるのは自分たちだ、という意識が芽生える必要があるんじゃないかという気が、今はしています。少し質問とずれてしまったかもしえませんが。

松井 わたしはちょっとお二人とは意見が違います。今、環境問題を倫理問題で皆さんは語られていますね。みんな、意識を改革しろとか。もうそれでは遅いと思うんです。環境改善に熱心に取り組む企業とか、建築家とか、そういう人たちにもっとインセンティブを与えるような仕組みを考えていかないと、多分環境問題はいつまでたっても倫理問題で語られるだけで、こういうシンポジウムで皆さんでディスカッ

ションして、それで終わりということになりかねないと思うんです。原田先生がおっしゃったように、行政の人の主導で、そういう人たちに対してわれわれ学会の人間とかはいろいろ意見をもちろん言う必要があると思いますが、環境保全をしないと成り立っていかないような社会の仕組みを考えていかないとね。うまく環境共生した建物に対しては非常に高い評価を与えとか、財政上のいろいろな補助をするとか、環境に対して負荷を与えるような建築には逆にコストがすごく高くなるような仕組みとか、もう、そういうことを考えていかないと、皆さんは多分真剣に考えないと思います。

今のいろいろな世の中の体系を急にドラスチックに変えるわけにもいかないので、そこら辺をどう軟着陸させるかです。ストックをしる、新しいのを造るなど言ったって、企業は新しいのを造らないと収入にならないので。まあ、そういうことです。

西澤 どうもありがとうございました。予定の時間をちょっと超過しました。この会場の制限時間がありますので、この問題は話したすと延々と一年中話せるくらいの問題だと思うんですが、きょうはとにかくこれで終わりにさせていただきます。

私どもとしては、できれば毎年こういう集いを続けていきたいとは思っていますが、参加者の問題とか、会場の問題とかいろいろありまして、うまくいくかどうかわかりません。一応そういうことも踏まえて、簡単で構いませんからアンケートに記入をしていただいて、受付の所へ出して、お帰りになっていただければと思います。アンケートは今後の貴重な資料になりますので、よろしく願いいたします。土曜日の午後で貴重な時間を、ここにお集まりいただきまして、主催者としてお礼を申し上げます。どうもありがとうございました。



--終了



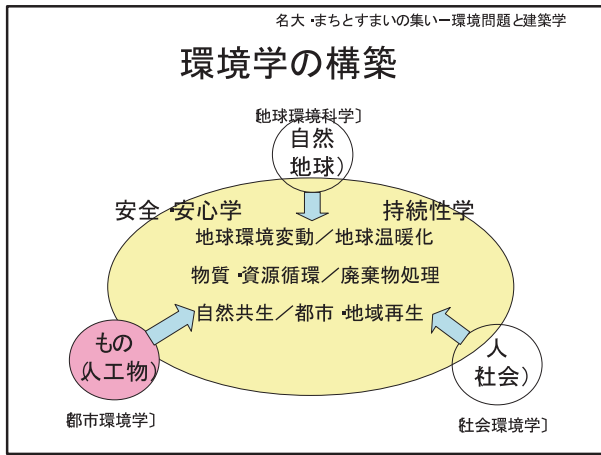


図 1-1

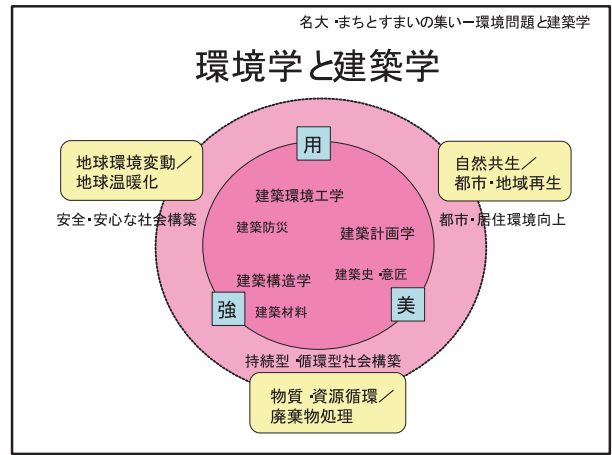


図 1-2

ひとが働く環境  
オフィスからワークプレイスへ

名大・まちとすまいの集い  
「環境問題と建築学」  
2002. 10. 26

名古屋大学工学部社会環境工学科  
恒川 和久

図 2-1

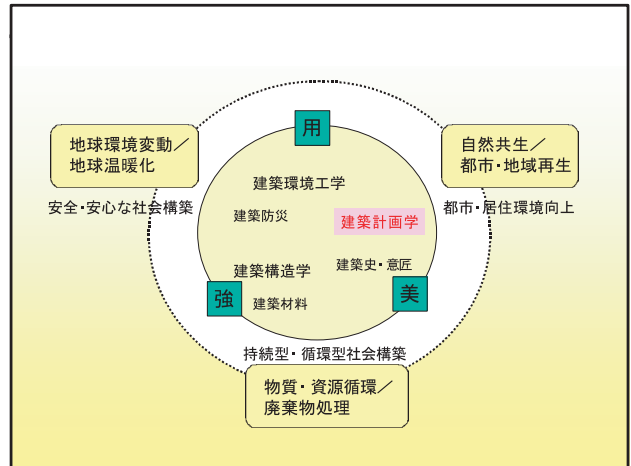


図 2-2

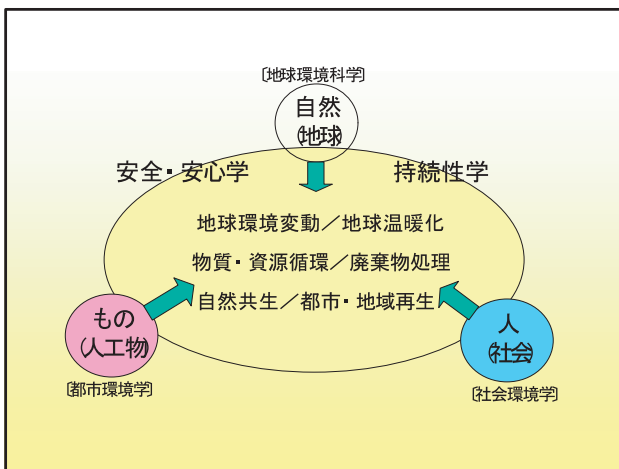


図 2-3

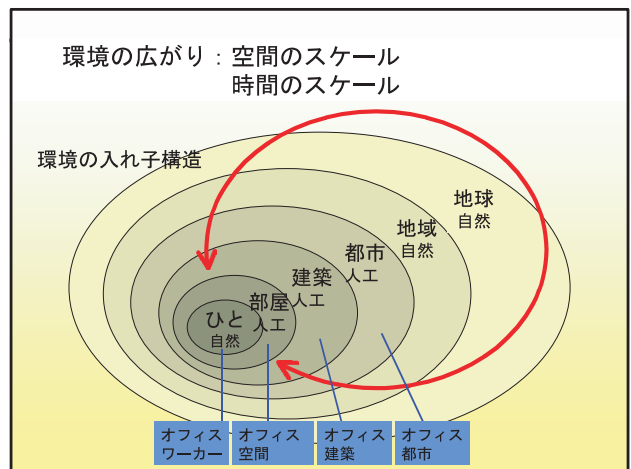


図 2-4

- オフィスを取り巻く社会の変化と環境問題
- オフィスからワークプレイスへ 中部地方にみる新しい動向
- 働く人の本質について考える オフィス環境調査ケーススタディより

図 2-5

1. オフィスを取り巻く  
社会の変化と環境問題

図 2-6



図 2-7

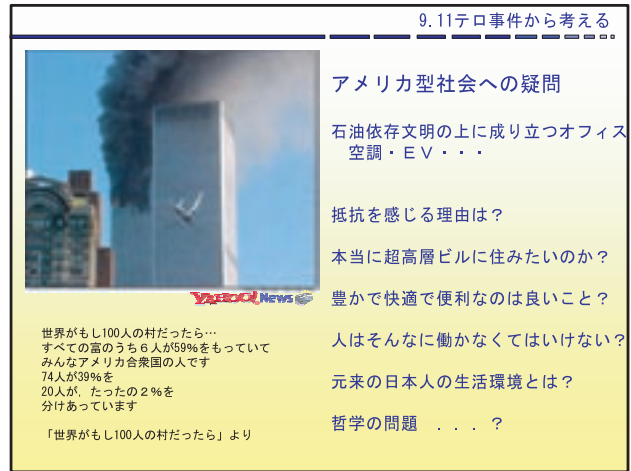


図 2-8

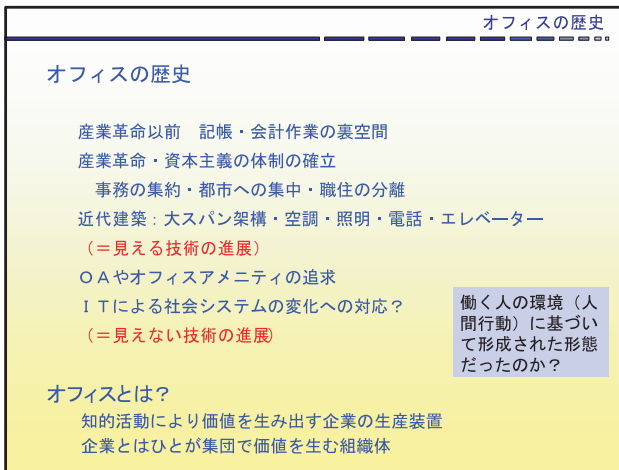


図 2-9



図 2-10

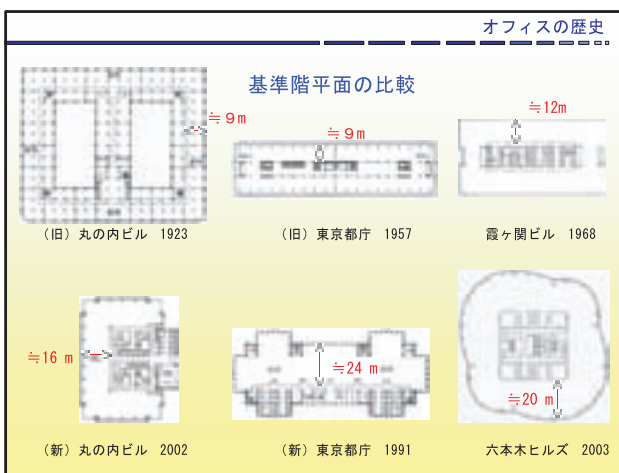


図 2-11

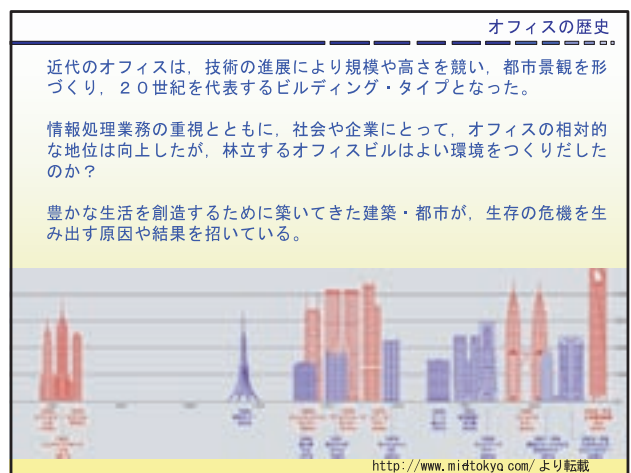


図 2-12



図 2-13

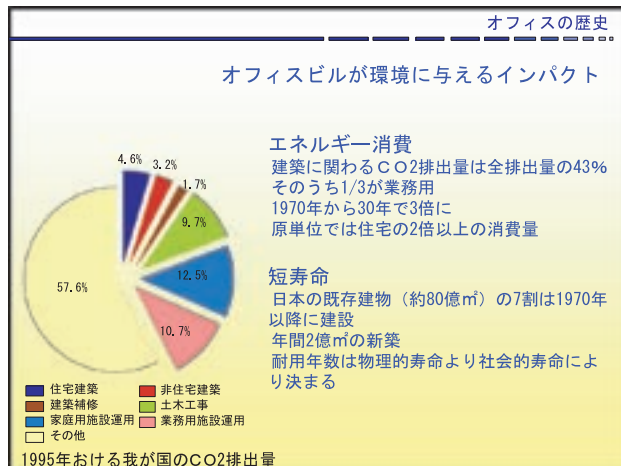


図 2-14



図 2-15

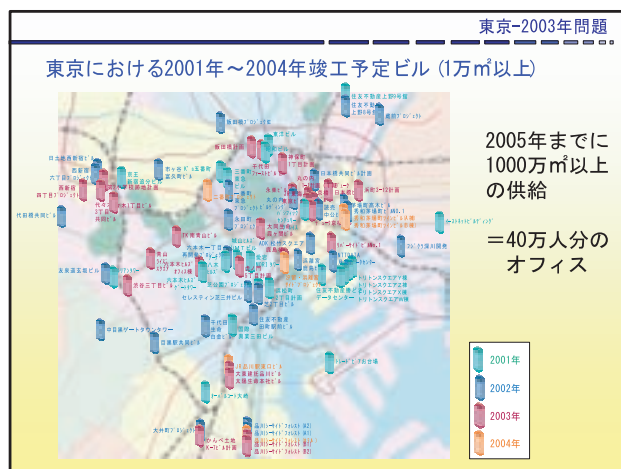


図 2-16

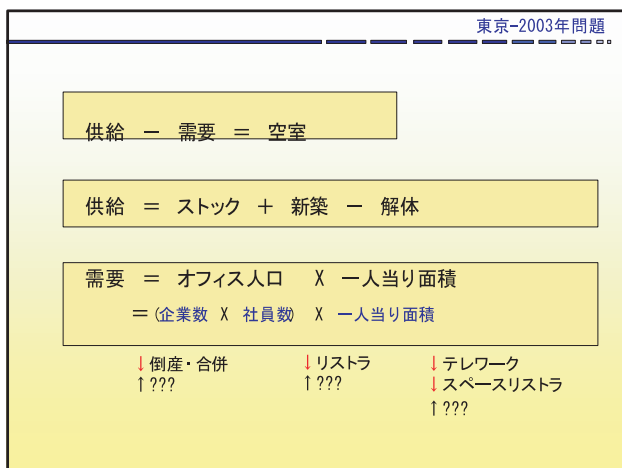


図 2-17

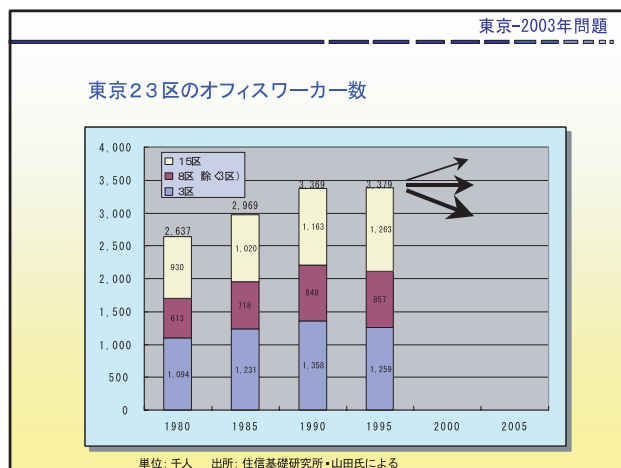


図 2-18

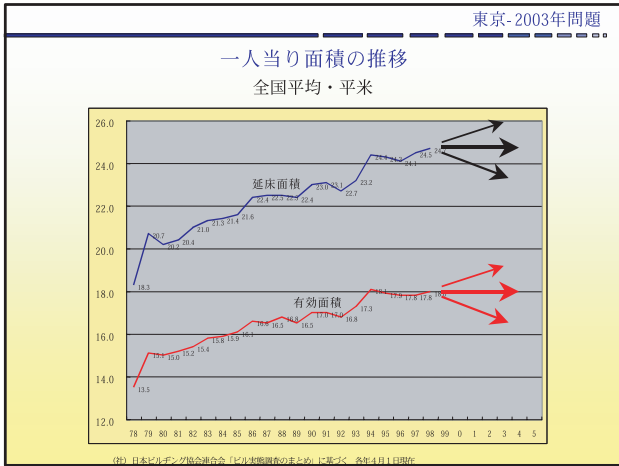


図 2-19

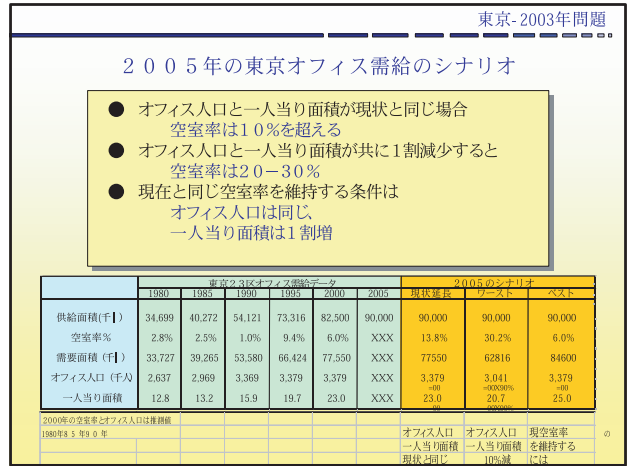


図 2-20

東京-2003年問題

### コンバージョン(改修・用途転用)の可能性

- 「近・新・大」オフィスへの大移動  
→ 「遠・古・小」の空洞化?
- 都心居住への帰帰 → オフィス対住居家賃の逆転現象
- 地球環境問題 → 膨大なストックの有効活用

**建築を都市のインフラとして考える**  
オフィスビルの住宅等への転用

基本性能(階高・構造)と  
法規制がカギ

→ 改装費用の補助・税制優遇制度(国土交通省が方針  
(2002.08.13))

図 2-21

次世代オフィスの条件

**持続性の高い長寿命建築** → 建て替え回避  
(サステイナブル・ディベロップメント)  
=スクラップ&ビルドからの決別  
=世代を超えて使い続ける社会資産に

ライフサイクルマネジメント  
リニューアル→フローストック活用  
地域や街並みとの調和  
耐震性能の向上  
用途可変性の向上: スケルトン&インフィル  
所有と利用の見直しと「共有」概念を持つ社会に

**自然エネルギー活用** → 石油エネルギー消費を最小へ  
環境効率の高い建築に  
光と影、熱と風に忠実な建築計画  
企業の社会的責任を喚起

図 2-22

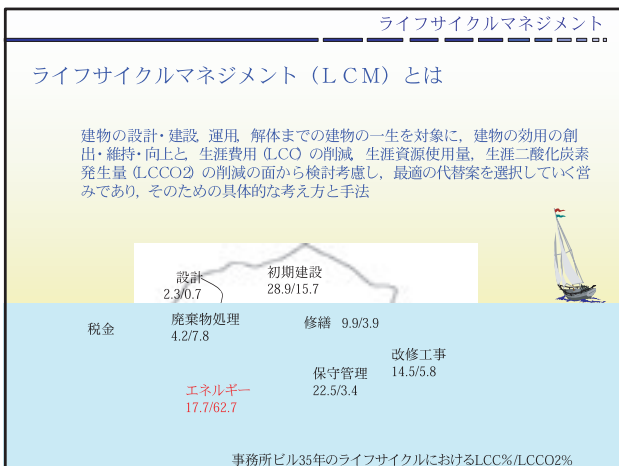


図 2-23

ライフサイクルマネジメント

### ライフサイクルマネジメントの目的

- 効果(目標達成度)の最大化
- 耐用年数の長寿命化
- ライフサイクルコストの最適化
- エネルギー消費・環境負荷(LCCO<sub>2</sub>)の最小化
- 安全・防災等リスクの最小化

図 2-24

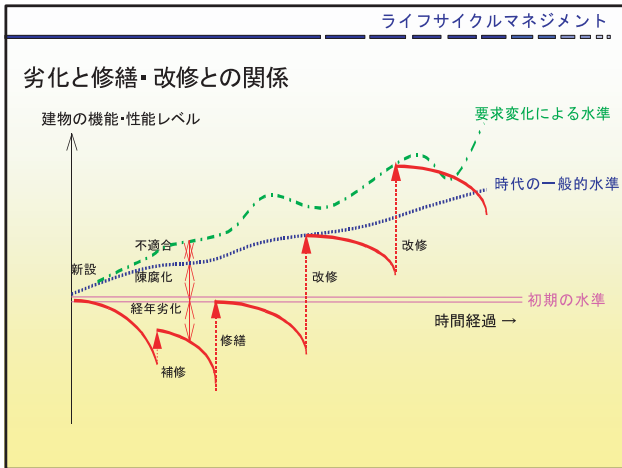


図 2-25

オフィスからワークスペースへ

オフィスは元来ビルディングタイプとしての成熟度が低い

- コアのタイプの形状、レントラブル比の確保が建築計画の目標
- 基本的に単一機能であると考えられていた
- 固定的な組織に拘束された形式的なデスクレイアウト
- 経済性＝面積の確保、という固定観念にとらわれた開発者と建築家

- 空間の構造と現実のひとの行動パターンが乖離
- 必要な機能を再配分するための行動に基づくプログラムが必要

図 2-26

オフィスからワークスペースへ

### ITの進展によるワークスタイルの変化

いつでも、どこでも、仕事ができる環境の実現

コミュニケーションの速度が早まることによって、空間の内部に包まれるアクティビティ（活動）が流動化する

組織もまた社会が求めるスピードにあわせるために、フレキシブルなプロジェクト志向のチームの集合体となる

人はこうした流れに乗り、コミュニケーション手段を駆使して、独立した個人として、組織や社会と直接対峙する環境を得る（＝ナレッジワーカー）

時間や空間の制約からの開放は、個人の知覚を変える

しかし、個人の身体は変わらない

図 2-27

オフィスからワークスペースへ

### 新しいビルディングタイプの誕生？

SOHO、サイバーカフェ、・・・？

図書館、博物館、学校、ホテル、ショッピングセンターといったビルディングタイプもまた変容する

ビルディングタイプ同士の境界が曖昧になる

**デザインは付加価値から本質的価値へ**

見える機能に従う近代建築計画の「物的空間」概念から、見えない機能をプログラムすることが新たな空間を生み出す

形態と機能の1対1の因果関係を、情報メディアは1:nに変えた。空間もまた動的に対応する必要がある

もの、こと、情報を包括する空間もまたメディアとなる

図 2-28

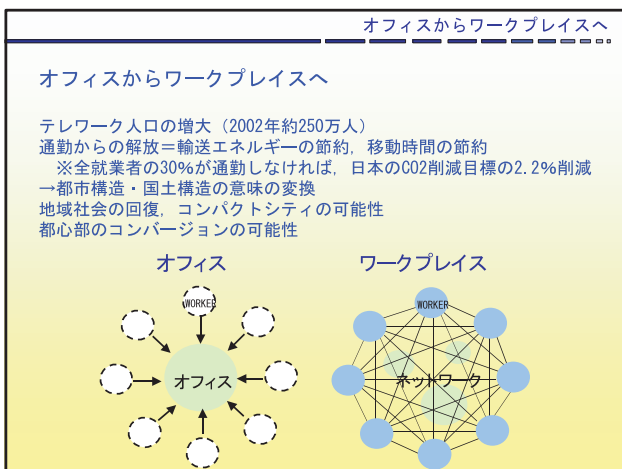


図 2-29

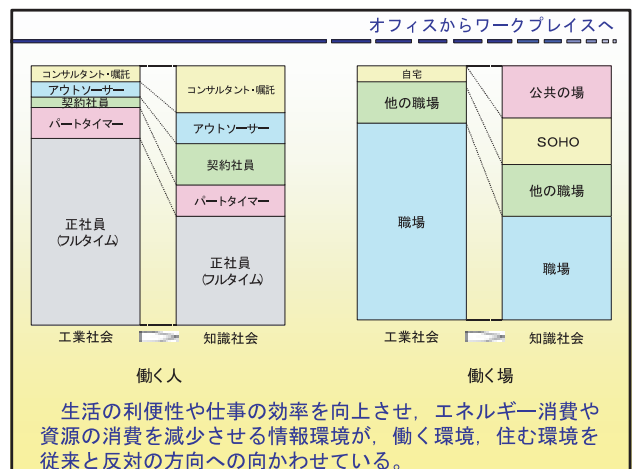


図 2-30

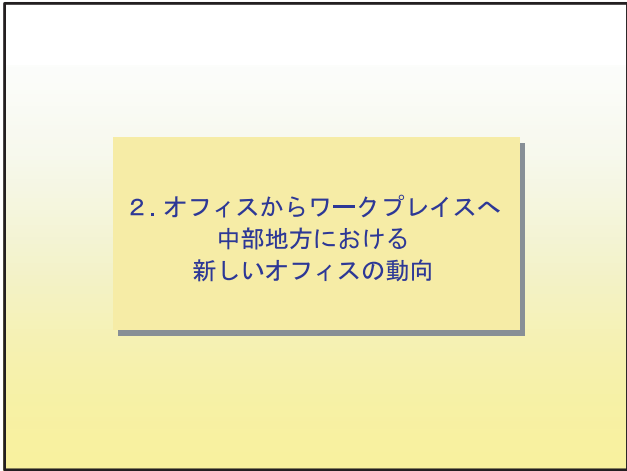

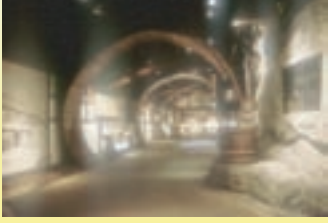


図 2-31

ミツカングループ本社ビル

ミツカングループ本社ビル

愛知県半田市  
1998年ニューオフィス推進賞

↑運河に面した蔵を活用  
←酢のミュージアム

半田を拠点とし続け、地域に根ざしたグローバル企業を目指す

図 2-32

ミツカングループ本社ビル



グループ本社ボードオフィス：分社カンパニーの統括HQ  
役員個室を撤廃し、オープンなフロアに役員とその管轄するチームがフレキシブルに編成

図 2-33

中広 I T C

株式会社中広

岐阜県大垣市  
1997年ニューオフィス推進賞

広告代理店のマルチメディア関連  
新規事業のサテライトオフィス  
(Information Technology Center)

在籍者：28名  
オフィス有効面積：1107㎡

ソフトピアに立地



図 2-34

中広 I T C



オフィスの中心にあるヨーロッパの駅舎を思わせるアトリウム

各プロジェクトのガラス張りのワークブースが街並みのように取り囲む

図 2-35

中広 I T C

テレワークを全面的に採用。個人の能力を最大限に発揮

勤務時間や服装も完全自由。CGデザイン等も、ネットワークで時間や場所に左右されない情報環境。





図 2-36



図 2-37

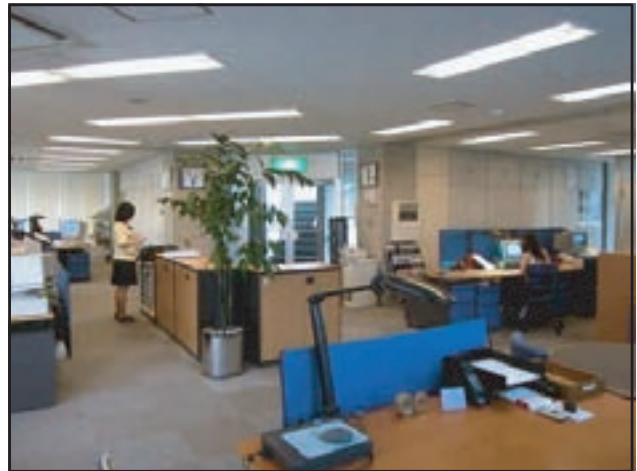


図 2-38



図 2-39



図 2-40

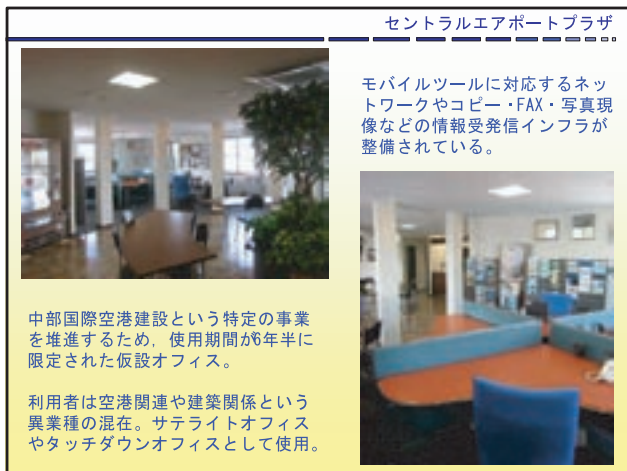


図 2-41

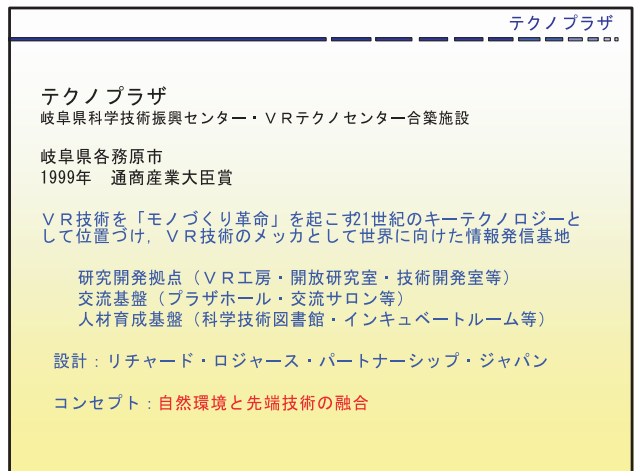


図 2-42





図 2-43

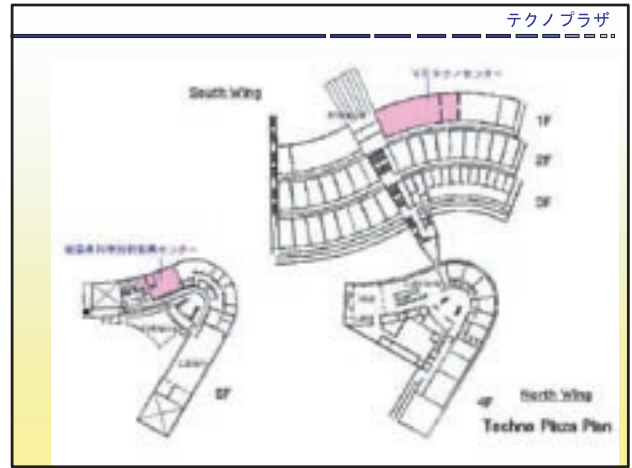


図 2-44



図 2-45

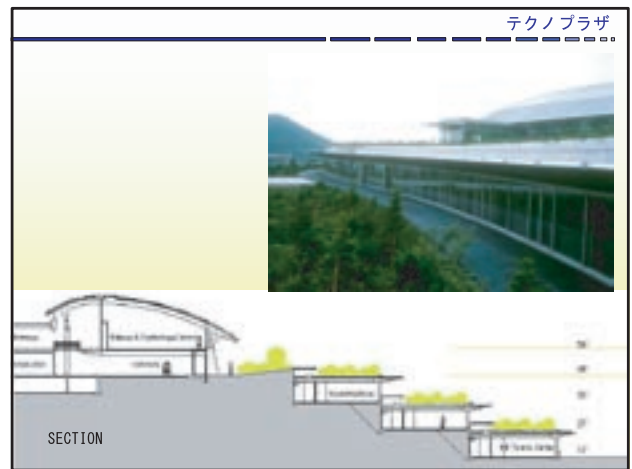


図 2-46



図 2-47



図 2-48



図 2-49



図 2-50

豊田自動織機情報技術研究所

カジュアルなコミュニケーションスペース  
コミュニケーションを誘発する場づくり

全面ホワイトボード  
どこでも情報が取らせる  
会議室・プロジェクト室

アナログとデジタルの融合

図 2-51

富山化学金沢営業所

富山化学金沢営業所  
石川県金沢市  
2002年中部ニューオフィス推進賞

徹底したファシリティコストの削減を目指した全社的FMの導入  
業務プロセスの詳細な分析によるオフィスの改善  
営業所はサーキットのビット!!

図 2-52

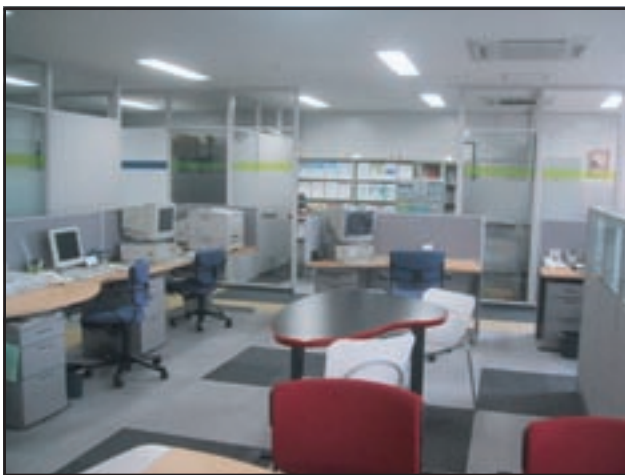


図 2-53

富山化学金沢営業所

コストがかからず効果的な色彩・デザインの採用

図 2-54

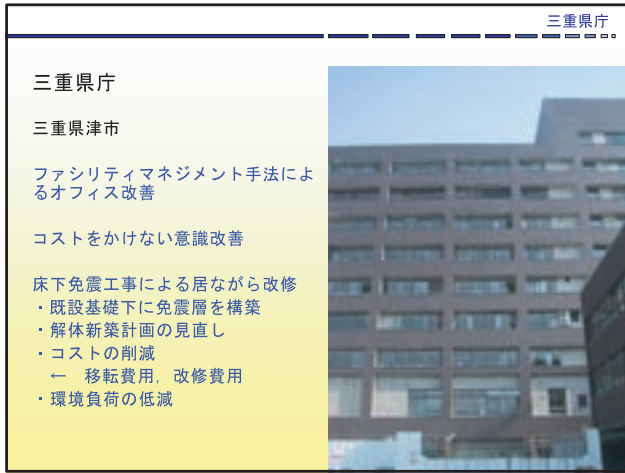


図 2-55



図 2-56



図 2-57

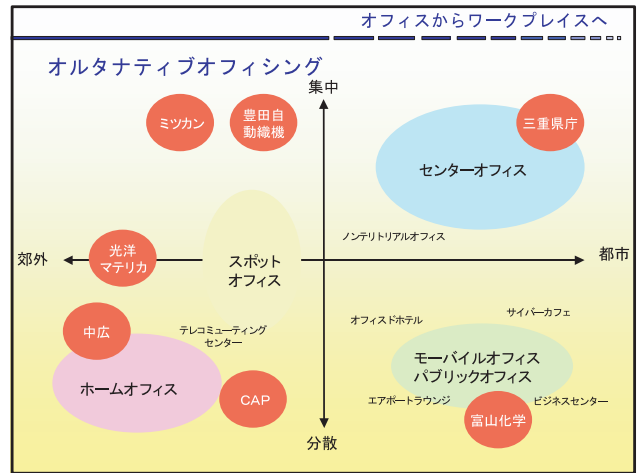


図 2-58

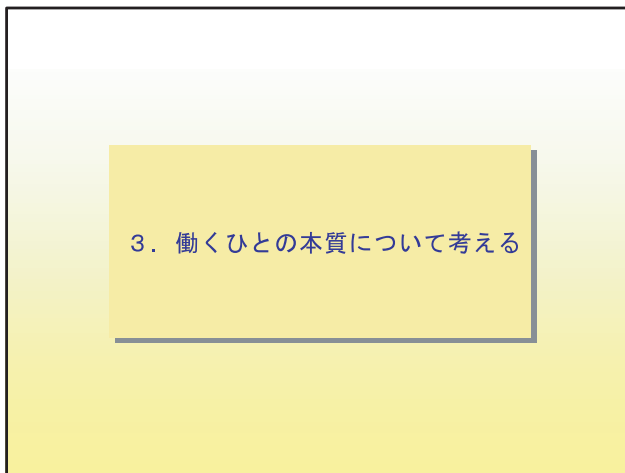


図 2-59

**働くひとの本質**

仕事とは自分を社会に位置づけるもの  
 仕事を通して、個人と企業・社会を結ぶ  
 忙しい人々の中にいるから忙しい  
 時間を対価に、会社へ仕事を買いに行っている？

ワーカー 性善説 vs 性悪説

働く場所・環境が良ければ、ワーカーはすべてナレッジワーカーとなり、生産性が向上するか？

一人になりたくない人、コミュニケーションの下手な人、片づけられない人等、ワークプレイスは多様な人を許容する場でもある

無意識な行動のなかで「暗黙知」を実感し、進化した個人がチームで力を発揮する

→人間の行動と環境の関係の実態に基づくワークプレイス

図 2-60

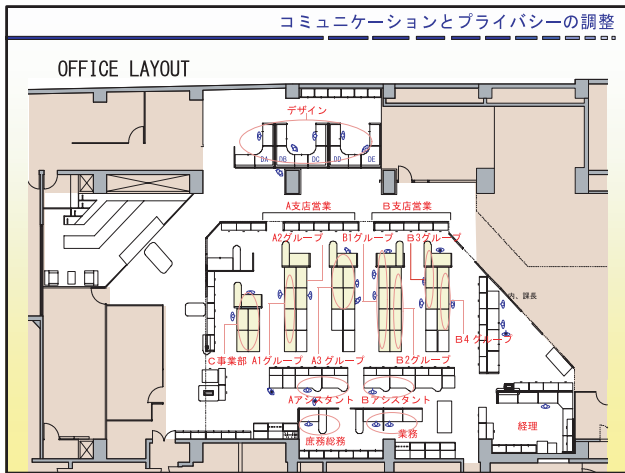


図 2-61

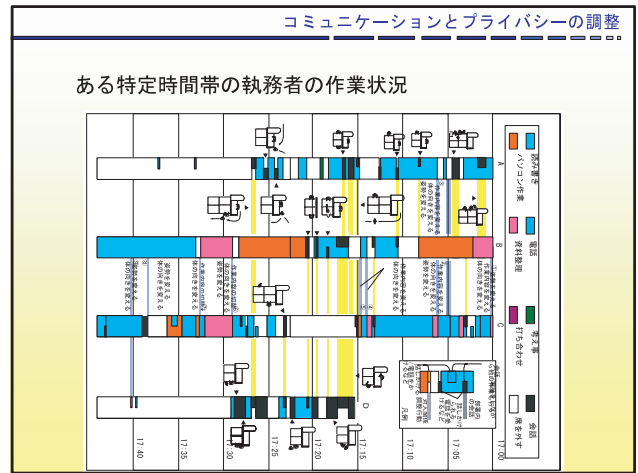


図 2-62

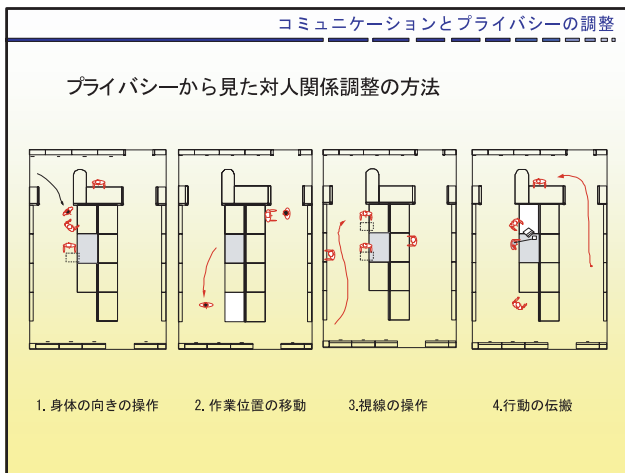


図 2-63

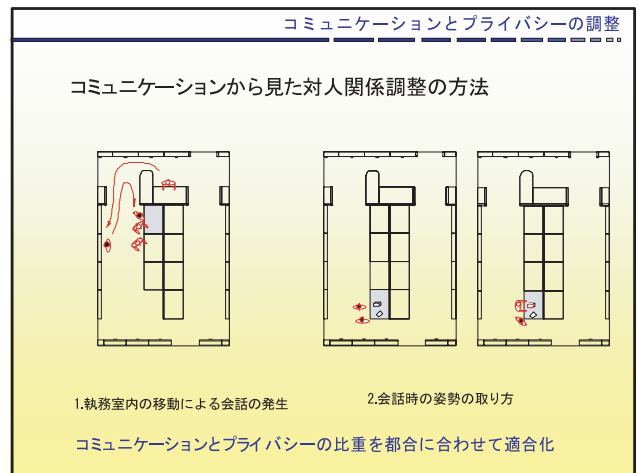


図 2-64

ワーカーの行動をみる

Case. A社

在籍者：52名  
 執務室有効面積：393㎡  
 業務内容に応じて、異なるシステム・レイアウトを採用

Case. B社

在籍者：79名  
 執務室有効面積：707㎡  
 比較的在席率が高いが、業務内容はグループにより異なる。

JRセントラルタワーズ

図 2-65

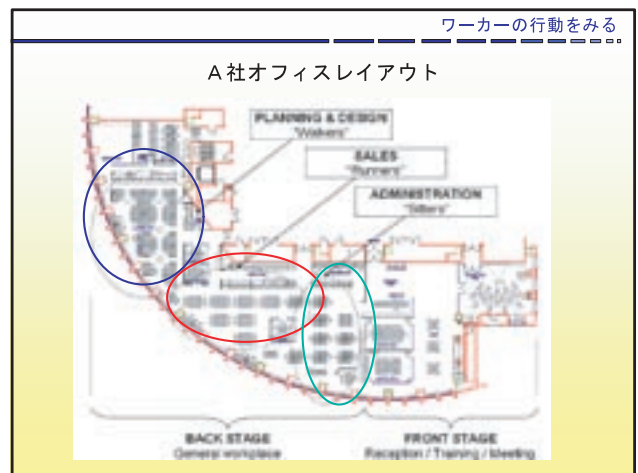


図 2-66

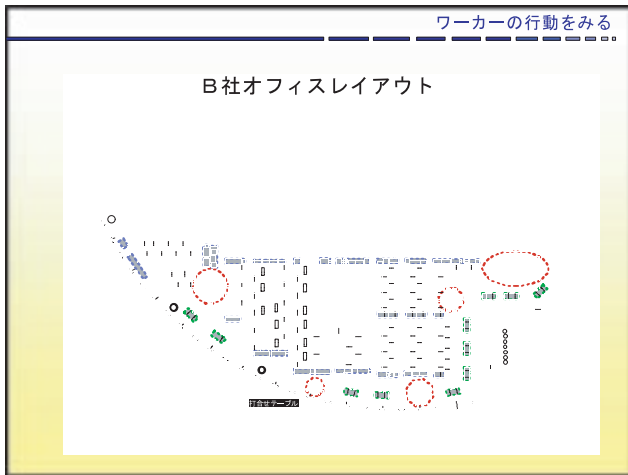


図 2-67

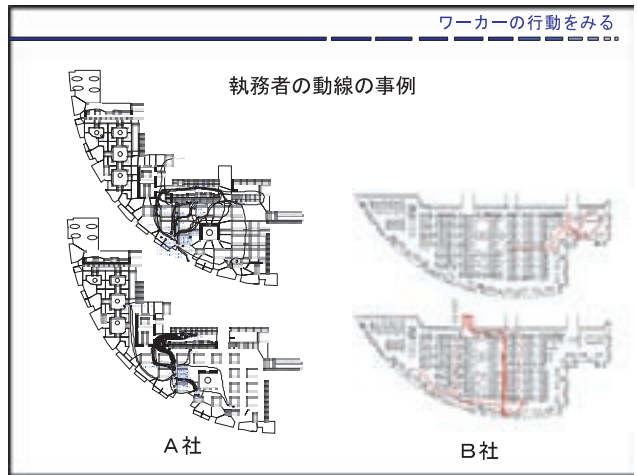


図 2-68

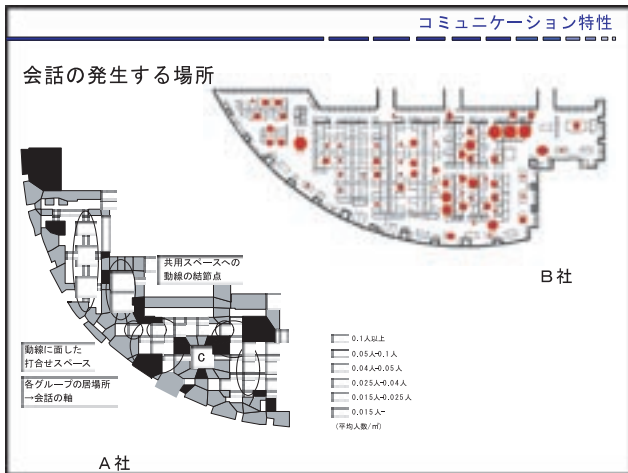


図 2-69

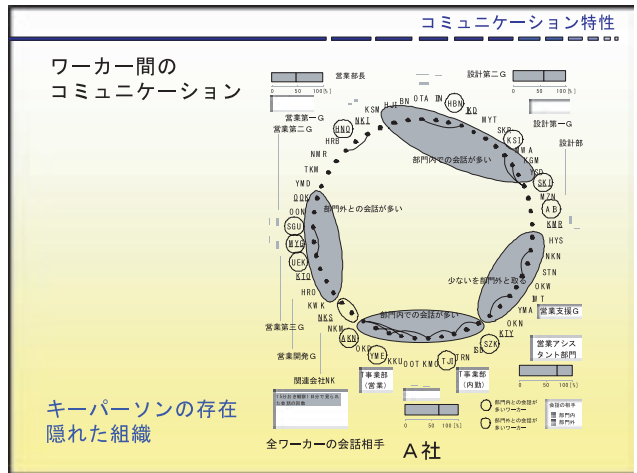


図 2-70

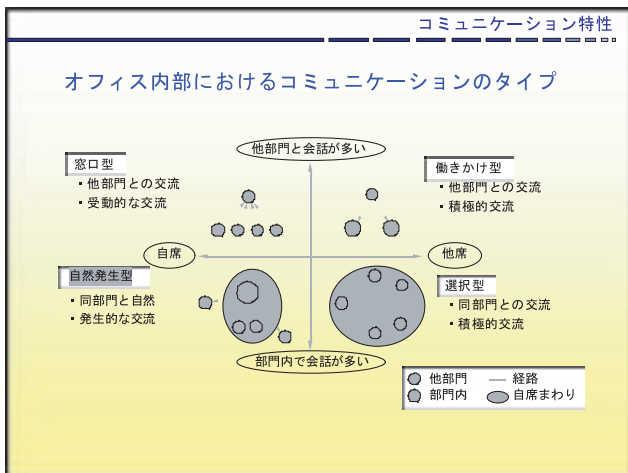


図 2-71

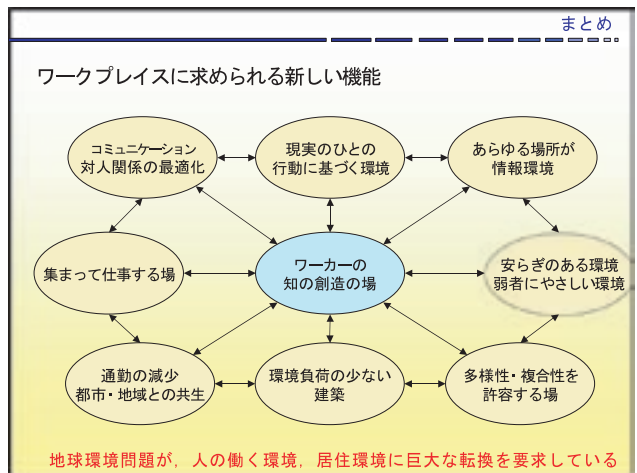


図 2-72

地球環境問題が、人の働く環境、居住環境に巨大な転換を要求している

第4回名大まちとすまいの集い  
「人と環境に優しい住宅を考える」  
原田 昌幸

1.住宅を取り巻く環境

- ①住宅のスクラップ&ビルド
- ②住宅と地球環境問題
- ③高齢化社会への対応

2.住宅と環境共生

- ①3つのキーワード
- ②環境共生住宅の誕生
- ③環境負荷の低減
- ④自然との親和
- ⑤健康/アメニティ

3.住環境と加齢：高齢化社会への対応

- ①ユニバーサルデザイン/バリアフリー
- ②温熱環境と加齢
- ③視環境と加齢
- ④音環境と加齢

4.環境にやさしく、長く住むこと、快適に住むこと

図 3-1

1.住宅を取り巻く環境  
①住宅のスクラップ&ビルド

日本は欧米諸国に比べ、住宅の建設数（新築）が非常に高い（おおよそ2～3倍）  
住宅統計：アメリカでは1945年以前のものが28%（1995）。フランスでは29.7%（1996）、ドイツの調査では33.3%（1993）、日本では4.7%（1998）

表 住宅の戸数と各年の建設数

|        | 調査年  | 人口(万人)  | 戸数(百万)  | 1990  | 1992  | 1996  | 1998  |
|--------|------|---------|---------|-------|-------|-------|-------|
| 日本     | 1998 | 126,638 | 46,081  | 1,707 | 1,403 | 1,443 | 1,216 |
| アメリカ   | 1998 | 267,601 | 109,181 | 1,193 | 1,200 | 1,413 | 1,474 |
| イギリス   | 1996 | 58,200  | 24,598  | 194   | 174   | 197   |       |
| フランス   | 1998 | 58,607  | 28,740  | 336   | 229   | 359   | 337   |
| ドイツ    | 1998 | 82,071  | 37,050  | 224   | 222   | 194   | 97    |
| オランダ   | 1996 | 15,604  | 6,366   | 98    | 86    | 95    |       |
| スウェーデン | 1997 | 8,846   | 4,044   | 58    | 57    | 18    |       |
| デンマーク  | 1998 | 5,284   | 2,476   | 27    | 16    | 14    |       |

図 3-2

1.住宅を取り巻く環境  
②住宅と地球環境問題

部門別のエネルギー消費の経年変化をみると、民生用（家庭）部門は、全体に占める割合が14～15%。2000年は90年比20%増。  
建築関連はCO2 排出量は全体の36.0%。うち住宅は17.7%である。

図 3-3

②住宅と地球環境問題

住宅における用途別エネルギー消費量を見ると、暖房と給湯の割合が大きいことが分かる。  
産業廃棄物のうち、建設関係は全体の約20%  
住宅の廃棄物の量：平均的な木造建築で、床面積約30坪なら約40トン。

図 3-4

②住宅と地球環境問題  
エネルギーの枯渇

エネルギー資源はいつまでもつのか  
石油：43年『Oil & Gas Journal』1995  
天然ガス：62年『Oil & Gas Journal』1995  
ウラン：72年『URANIUM '97』  
石炭：231年『世界エネルギー会議（1995年）資料』

図 3-5

1.住宅を取り巻く環境  
③高齢化社会への対応

我が国の高齢化  
現在急速に進んでおり、2000年の時点で、17.3%になっている。  
予測では、2006年には20%を超える

人口ピラミッドの推移予測

図 3-6

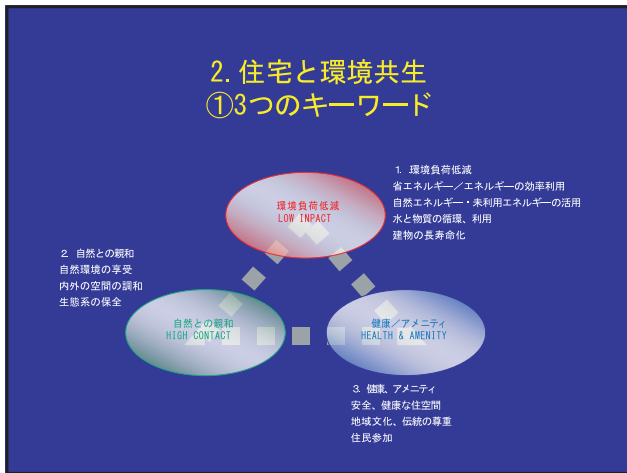


図 3-7

## 2. 住宅と環境共生 ②環境共生住宅の誕生

日本では、旧建設省が中心となって

|                                |  |
|--------------------------------|--|
| 環境共生住宅研究会<br>H2～5年度 (1990～93)  | ①資源・エネルギー部会、②住宅のつくりかた部会、③ライフスタイル部会で、研究がすすめられた。   |
| 環境共生住宅推進会議<br>H6～8年度 (1994～99) | ①先導的な環境共生モデルプロジェクトの推進 (先導プロジェクト部会)、②環境共生関連技術の研究開発 (研究開発部会)、評価、検証の促進、③環境共生住宅の普及促進に資する情報の収集、発信および交流 (情報交流部会) |
| 環境共生住宅推進協議会<br>H9年～ (1997～)    | インターネットによる情報サービス、展示会、見学会、フォーラムなどを通じた交流、評価基準の検討などのより深い研究を進め、定着への努力を行っている                                    |

環境共生住宅認定制度 (財 建築環境・省エネルギー機構)

- I. 省エネルギー型
- II. 資源の高度有効利用型
- III. 地域適合・環境親和型
- IV. 健康快適・安全安心型

図 3-8

## 2. 住宅と環境共生 ②環境共生住宅の誕生

レスター・ブラウン(1981 ワールドウォッチ研究所：持続可能な社会  
アジェンダ21 (地球サミット、ブラジル、1992)  
キーワードは、持続可能な開発  
エコロジー (生態学) :

ドイツの生物学者E・ヘッケル (1886年) によって作られた  
生物の生活や家をあらわすオイコス (Oikos) と科学を表すロゴス (Logos) のギリシャ語からお造語。当初は生物相互の関係、生物とそれが生息する環境を扱う学問と規定され、人間はその対象に入っていないかった。

エコビルディング:  
カールスタッド (スウェーデン) : 最初のエコビルディングで、森に囲まれた16戸の住宅に住む人々は、エネルギーも食糧もできるだけ自給自足し、森からの薪を主な熱源とし、周辺の畑を耕すのを趣味とし、生活ゴミや排泄物をコンポストにし、肥料として用いる。畜糞は周辺で働くためである。

他にも、ウンデルステン (44世帯) など  
環境共生団地:  
アルフン・アン・デン・リー (オランダ) : オランダ政府の肝煎りで作られた環境共生団地。欧州全域からコンペで選ばれた9人の建築家が住宅のプロトタイプを設計するというやり方。暖房時の熱損失の低減、給湯・暖房のために太陽エネルギーの利用、建設工時のエネルギー消費低減構法・工法

図 3-9

## 2. 住宅と環境共生 ③環境負荷の低減

|  |   |
|--|---|
| <p>エネルギー消費の削減/有効利用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>建物・居室の適切な配置/内外の緩衝エリア</li> <li>屋上緑化</li> <li>通風・採光計画</li> <li>断熱性・気密性の向上</li> <li>日射の遮蔽/取得</li> <li>高効率 (省エネ型) 機器の採用</li> <li>ライフスタイル・生活行動の変更</li> <li>コージェネレーションシステムの採用</li> </ul> <p>自然・未利用エネルギーの活用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>太陽エネルギーの利用 ハットップ/アクティブ</li> <li>風力エネルギーの利用</li> <li>その他、未利用エネルギーの利用</li> </ul> | <p>資源の有効利用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>水資源・雨水の有効利用</li> <li>建物の耐久性の向上</li> <li>構法・工法の合理化</li> <li>リサイクル建材・資材の利用</li> </ul> <p>廃棄物の削減</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>建設残土/建設残材の有効利用</li> <li>生活ゴミの減量・減容化</li> </ul> <p>オゾン層の保護</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>フロン使用の制限</li> </ul> |
|--|---|

図 3-10

## ③環境負荷の低減 (具体例)

窓の計画 (日射遮蔽)

方位: 天窓か、西向きか、東向きか、南向きか  
日除けの工夫: 庇が有効なのは南、東西は樹木や縦ブラインド、日除けの位置は外側

断熱性の向上

LOW-Eガラス: 表面に薄膜の特殊金属の層を蒸着メッキしたもので、熱放射 (長波長) に対するガラスの透過度を著しく減少させる一方、光 (短波長) の透過度はそのまま  
高性能断熱ガラス: 複層ガラスの内側にフレキシブルガラス (繊維状のプラスチック系ガラス) の断熱材が挟まれている

小型風車  
20～500W 程度まで

雨水の有効利用  
雨水くみ: 簡易な雨水貯留タンク  
200L 程度の大きさ

図 3-11

## ③環境負荷の低減

家庭用コージェネレーションシステム

発電効率: 火力発電所の場合、100のエネルギーを投入して約40の電力が作られ、60が熱として失われる。さらに、送電ロス等があり、家庭に届く電力は1次エネルギーの38%程度となる。排熱の利用が課題。

コージェネレーション (熱電供給): 電力と熱の両方を利用する工場やビルで導入が進んでいる。集合住宅の例もある。一大阪ガスが中心となり、モデルハウスでの実験を開始 (2002年夏)。

小型ガスエンジン

図 3-12

### ③環境負荷の低減 実験住宅 NEXT21 (大阪ガス)

平成5年10月に竣工。翌年4月から平成11年3月までの5年間、社員16家族が実際に居住し、様々な実験を実施。現在は第2フェーズ実験中。  
概要：18戸、延べ床面積4577m<sup>2</sup>。  
従来建物の一次エネルギー消費量を30%削減するのを目標  
断熱性能を階毎に変える  
燃料電池を用いたコジェネレーションシステムを導入  
7.5kWの太陽電池  
24時間換気システム  
廃棄物(生ゴミ・排水)処理システム  
住棟の緑化

**実験結果**  
一次エネルギー消費量：27%の削減  
CO<sub>2</sub> 排出量：25%の削減  
NO<sub>x</sub> 排出量：74%削減  
上水使用量：19%削減



図 3-13

## 2. 住宅と環境共生

### ④自然との親和

室内気候技術的な制御に対するパラダイム変更  
自然の特徴(変化)：気温、太陽、風の変化  
自然の利用、周辺環境の調和

自然、生態の豊かさと循環性の配慮  
敷地や地区の緑化/緑のネットワーク  
水循環/観水空間の整備  
野鳥・昆虫の誘致と生育環境(ビオトープ)の創出

周辺地域との調和  
日照障害・風害の周辺へ配慮  
地区の景観形成への配慮  
地域の伝統・文化・社会との調和と活用

内外との関連への配慮  
地域社会との交流

観水公園 (山崎川)  
透水舗装

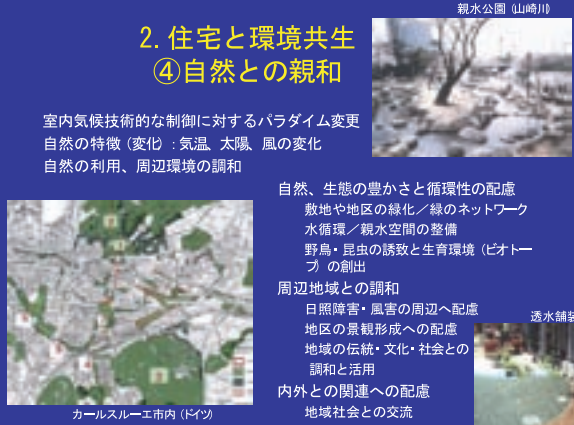


図 3-14

## 2. 住宅と環境共生

### ⑤健康/アメニティ

シックハウスの要因：  
北海道では昭和40年代後半(1970年代前半)から隙間をなくし、断熱性を高めた高気密・高断熱住宅が普及しはじめる。  
新建材が多用されるようになり、シックハウスの原因となる人体に有害な汚染化学物質が問題となる。

化学物質過敏症：  
呼吸や食べ物を通して、体内に蓄積された汚染化学物質がある限度を超えると化学物質過敏症を発症すると言われていた。

影響  
住宅で長時間生活する主婦と幼児に影響  
落ち着きのない子どもや暴力的な子どもの原因の1つとして、化学物質過敏症が考えられている。

図 3-15

### ⑤健康/アメニティ

揮発性有機化合物(VOC)の濃度指針値(厚生労働省)

| 揮発性有機化合物   | 毒性指標                                   | 室内濃度指針値  |
|------------|--|--|
| ホルムアルデヒド   | ヒト鼻翼における鼻粘膜刺激への影響                      | 100 μg/m <sup>3</sup> (0.08ppm)  |
| トルエン       | ヒト鼻翼における神経行動機能および生殖発生への影響              | 260 μg/m <sup>3</sup> (0.07ppm)  |
| キシレン       | 短曝ラット鼻翼における出生児の中枢神経系発達への影響             | 870 μg/m <sup>3</sup> (0.20ppm)  |
| パラジクロロベンゼン | ビーグル犬鼻翼における肝臓及び腎臓への影響                  | 240 μg/m <sup>3</sup> (0.04ppm)  |
| エチレンベンゼン   | マウスおよびラット鼻翼における肝臓および腎臓への影響             | 3800 μg/m <sup>3</sup> (0.088ppm)                                      |
| ステレン       | ラット鼻翼における脳や肝臓への影響                      | 220 μg/m <sup>3</sup> (0.05ppm)  |
| クロルホルホル    | 母ラット鼻翼における新生児の神経発達への影響および新生児の脳への形態学的影響 | 1 μg/m <sup>3</sup> (0.07ppb) ただし小児の場合0.1 μg/m <sup>3</sup> (0.107ppb) |
| テトラヒカン     |  | 300 μg/m <sup>3</sup> (0.04ppm)  |
| フタル酸ジメチル   | 母ラット鼻翼における新生児の生殖腺の構造異常等の影響             | 120 μg/m <sup>3</sup> (7.4ppb)   |
| ダイアジン      |  | 0.29 μg/m <sup>3</sup> (0.02ppb)                                       |

合板に関するJIS規格

| 標記 | 旧         |           | 新2000年春に改正 |           |
|----|-----------|-----------|------------|-----------|
|    | 平均値       | 最大値       | 標記         | 最大値       |
| F1 | 0.9mg/L以下 | 0.1mg/L以下 | Fe1        | 0.9mg/L以下 |
| F2 | 5mg/L以下   | 7mg/L以下   | Fe2        | 5mg/L以下   |
| F3 | 10mg/L以下  | 12mg/L以下  | Fe3        | 10mg/L以下  |

繊維板(MDF)、パーティクルボードに関するJIS規格

| 種類    | 記号 | 化合物の例     |
|-------|----|-----------|
| E0タイプ | E0 | 0.9mg/L以下 |
| E1タイプ | E1 | 1.9mg/L以下 |
| E2タイプ | E2 | 5mg/L以下   |

図 3-16

## 2. 住宅と環境共生

### ⑤健康/アメニティ

室内空気汚染物質の発生源：  
注目すべき場所：室内の壁・床・天井  
インテリア：フロアカーペット、畳、カーテン、家具  
その他：接着剤や塗料、注：一般住宅を建設する際には、約パケツ2杯の接着剤

室内空気汚染物質の発生源を絶つには場所と面積  
具体的な問題：  
ビニルクロス：ポリ塩化ビニル樹脂は発ガン性が指摘。添加剤・可塑剤も多量に含む。燃えたとダイオキシンが発生。  
壁紙：合成樹脂で加工されたものは問題あり  
畳：JIS規格であっても有機リン系殺虫剤(農薬)を染み込ませるのが一般的  
カーペット、カーテンも同様：有機リン系の農薬を染み込ませている場合が多い。注意：抗菌剤も有機リン系の有害殺虫剤の可能性  
接着剤：合成ゴム系、溶剤系接着剤、酢酸ビニル樹脂系接着剤からは、大量のVOC(揮発性有機化合物)が発生  
ペンキ：水性と油性があるが、特に油性にはトルエンやキシレンなどが含まれる  
防蟻処理：原則として地面から100cmまでの部分には白アリ駆除剤を施行(住宅金融公庫の融資基準)  
断熱材：グラスウール(無機材料)でも形成するために化学物質が使用。板状の断熱材(ポリスチレンフォームなど)は問題あり

図 3-17

### ⑤健康/アメニティ

安心できる素材：  
漆喰、ドライウォール、珪藻土、ケナフ紙、ルナファーザー、無垢の板など。  
しかし、漆喰一防かび剤、アスベストを含んでいる可能性  
珪藻土一接着剤が入っている場合が多い  
無垢の板一塗料が問題

生活用品からの汚染化学物質の放出：  
蚊取り線香などの殺虫剤  
衣服の防虫剤  
トイレの芳香剤  
家庭洗剤  
洗濯のときの柔軟剤  
新聞/雑誌  
その他：ヘアスプレー、化粧品

放散量の測定(測定方法)：  
デンケータ法：対象の建材をガラスやアクリルの容器に蒸留水と一緒に密閉し、24時間経過後の蒸留水に溶け込んだホルムアルデヒドの濃度を測定する方法。Of, ADPAC(早大辺研研究室の方法)  
FLEC：建材表面にカップ状の小さいセルをかぶせ、この中に清浄な空気を供給しながら部屋の温度を測定して放散量を測定する方法。  
チャンバー法：




図 3-18



### ⑤健康／アメニティ

- 建材からの汚染化学物質の放散：2種類ある。  
蒸散支配型  
拡散支配型
- 揮発性有機物質の濃度を低下させる方法
- ①建材からの発生量を減少させる
  - ②発生した汚染物質を分解あるいは吸着して取り除く
  - ③清浄な外気を室内に導入し希釈する
- VOC 除去の方法：
- 塗料の塗布によるシール効果
  - 内装仕上げ材によるホルムアルデヒドの吸着
  - 空気清浄機による化学物質の除去
  - 浄化シートによる除去
  - ベイクアウト

図 3-19

### 3.住環境と加齢：高齢化社会への対応 ①ユニバーサルデザイン／バリアフリー

ユニバーサルデザイン  
アメリカの建築家ミッシェル（1977）が提唱した概念。  
提唱者は、ノースカロライナ州立大学ユニバーサルデザインセンターのロナルド・メイス（Ronald L. Mace）  
「あらゆる体格、年齢、障害の有無に関わらず、だれもが利用できる商品・環境を創造する＝ユニバーサルデザイン」  
年齢や体力にかかわらず、すべての生活者に対して適合するデザイン（原文：the design of products and environments to usable by all people, to the greatest extent possible, without the need for adaptation or specialized design）

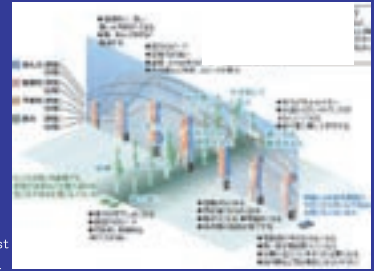


図 3-20

### ①ユニバーサルデザイン／バリアフリー

| 基本項目  | 原則       | 内容  | 事例                            |
|-------|----------|---|-------------------------------|
| 平等    | ①公平性     | 使う人によって不利にならないこと  | 自動ドア                          |
| 使いやすさ | ②自由度     | フレキシビリティ（自由性）があること                                      | 左右どちらでも使えるハサミ、上下どちらでも差し込めるキー  |
|       | ③単純性     | 使い方が簡単でよく分かる  | 顔による説明、動く歩道                   |
|       | ④分かりやすさ  | 必要な情報がすぐに理解できること。 unnecessaryなものを除きシンプルで直観で分かるデザインであること | 駅や空港などのサインシステム、遠くから見える駅・バス停など |
|       | ⑤安全性     | デザインが原因の事故をなくすること。 うっかりミスが危険につながらないデザインであること            | 誤りを簡単に直すことができるコンピュータソフト       |
|       | ⑥小体力     | 無理な姿勢をとることなく、余計な力を使わずに少ない力でも画に使用できること                   | さわるだけで点灯する照明器具                |
| 空間の確保 | ⑦スペースの確保 | アクセスしやすいスペースの広さと十分なサイズの大きさを確保すること                       | 駅における幅広い改札口、ゆったりトイレ           |



図 3-21

### ①ユニバーサルデザイン／バリアフリー 加齢に伴う機能低下

体力の機能低下：20代後半基準とした場合  
肺活量：40代で80～85%、50代で70～75%に低下  
握力：40代で85～90%、50代で75～80%に低下  
筋力（上腕）：40代で95～100%、50代で90～95%に低下  
筋力（下腕）：40代で90～95%、50代で75～85%に低下  
生理機能の低下：20代後半基準とした場合  
基礎代謝：40代で90%、50代で80～85%に低下  
分時最大換気量：40代で90%、50代で80～85%に低下  
脳・神経機能の低下：20代後半基準とした場合  
神経伝達速度：40代で95%、50代で90%に低下  
脳血流量：40代で80%、50代で75%に低下  
脳O2消費量：40代で80%、50代で75%に低下  
その他：精神的、社会的な老化も問題

図 3-22

### 3.住環境と加齢：高齢化社会への対応 ②温熱環境と加齢

#### 浴室の温熱環境

寒い冬は、暖房のある居室と暖房のない脱衣室・浴室との大きな温度差が、身体にヒートショックを与える一事故  
その寒さを解消するために、熱めのお湯に長時間浸かる→浴室と湯温の温度差によってさらに身体への大きな負担。

特に調節機能が低下した高齢者には、深刻な課題。  
近年「高齢者の入浴中の溺死」が、年間約1万人になるとの報告（交通事故と同等）

#### 入浴被験者実験

目的：①脱衣室環境（床暖房と空気暖房）の効果、②浴室環境（湯温と入浴時間）の影響  
被験者：20～23歳の健康な男子学生4名  
測定項目：生理量（皮膚温4点、心拍数、発汗量、血圧、体重）、心理量（快適感、温冷感、床面冷暖感、寒暑感など）  
実験プロトコル：居室→脱衣室→浴室（入浴）→脱衣室→居室  
→ 入浴に伴う一連の行為過程における生理・心理的影響を調査

図 3-23

### ②温熱環境と加齢

#### 実験結果

##### 入浴前（脱衣室滞在時）

生理量：空気暖房では、平均皮膚温の低下量が大きい。  
心理量：床暖房でも、快適感の低下を軽減可能。

##### 入浴時

生理量：湯温による相違が軽微され、湯温38℃条件では平均皮膚温、心拍ともに安定したが、42℃条件では心拍は急増、皮膚温も漸増。

##### 出浴後（脱衣室滞在時）

生理量：湯温による差異がみられ、湯温42℃では出浴直後に心拍数の増加が観察  
心理量：湯温による差が大きく、湯温38℃では快適感申告において「冷や不快」がみられた。

#### 結論

非空調の脱衣室→高湯の入浴は、心拍数の急激な上昇、血圧の急激な低下を招き、入浴中も出浴後も生理的負担が大きい。

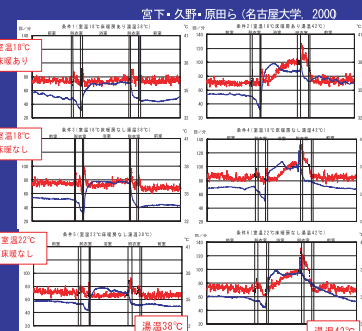


図 3-24

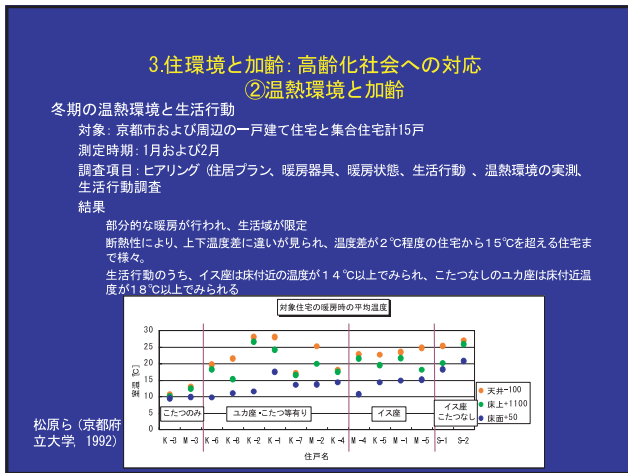


図 3-25

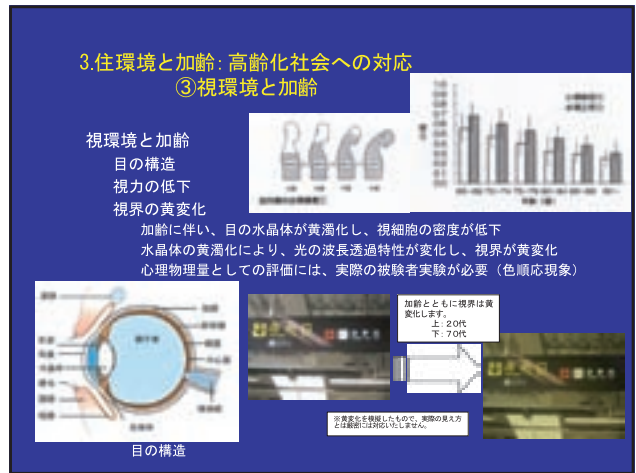


図 3-26

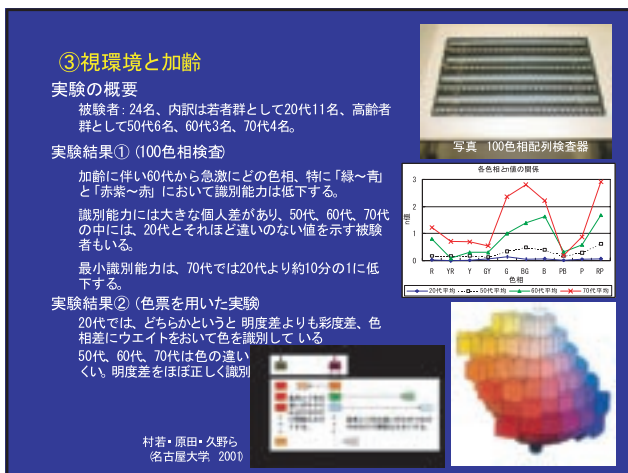


図 3-27

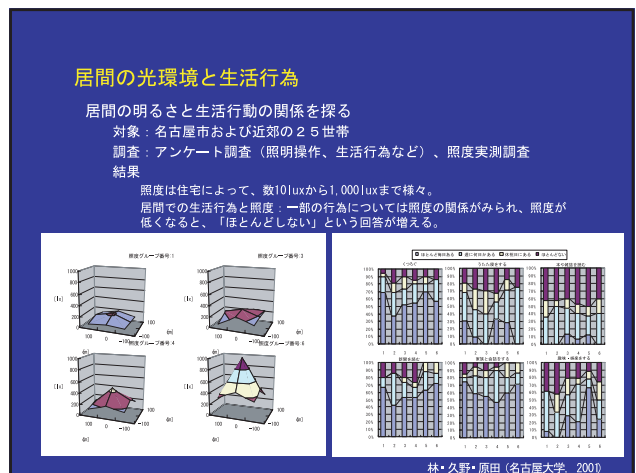


図 3-28

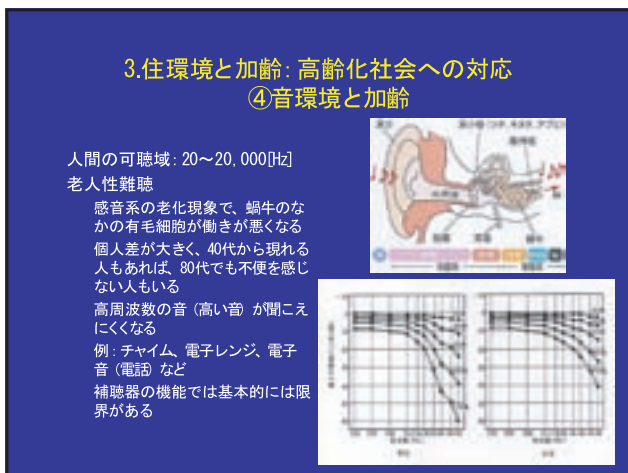


図 3-29

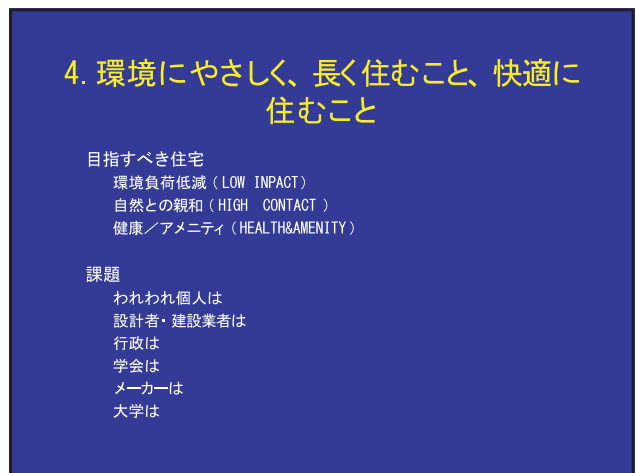


図 3-30

名大まちとすまいの集い 第4回  
環境問題と建築学

## 持続型社会における建築技術

名古屋大学 大学院環境学研究科  
都市環境学専攻 教授  
松井 徹哉

図 4-1

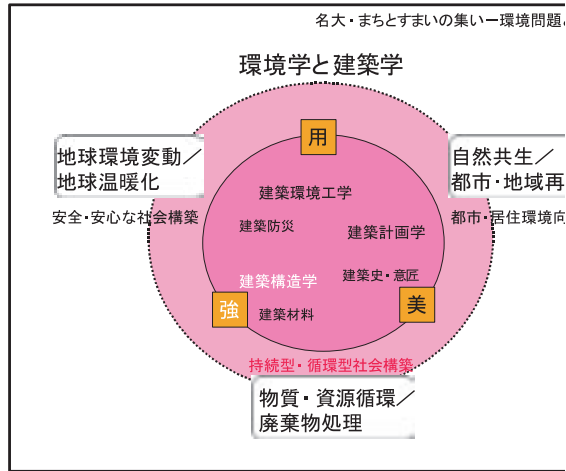


図 4-2

### 講演内容

- 建築を取り巻く状況
- 建築活動と地球環境
- 地球温暖化を巡る動きと日本建築学会の取り組み
- 長寿命建築
- 建設廃棄物とリサイクル
- 森林資源と木材利用
- まとめ

図 4-3

### 建築を取り巻く環境は大きく変化してきている

- 情報化・グローバル化の進展と国際間競争の激化
- 地球環境問題の顕在化
- 高度成長経済の終焉と成熟社会（低成長経済）への移行
- 少子・高齢社会の到来
- 大量生産・消費・廃棄型社会から持続型社会へ
- スクラップ&ビルドからストック&リノベーションへ

図 4-4

### 建築活動は地球環境に多大な負荷を与えている

- 建築物は、その建設、運用、廃棄のライフサイクルの中で、大量の資源・エネルギーを消費し、温室効果ガスを排出し、廃棄物を生み出す
- 建築活動が地球環境に与える負荷を、統計資料に基づいて調べてみると、**建築活動が地球環境にいかに多大な負荷を与えているかが分かる**

図 4-5

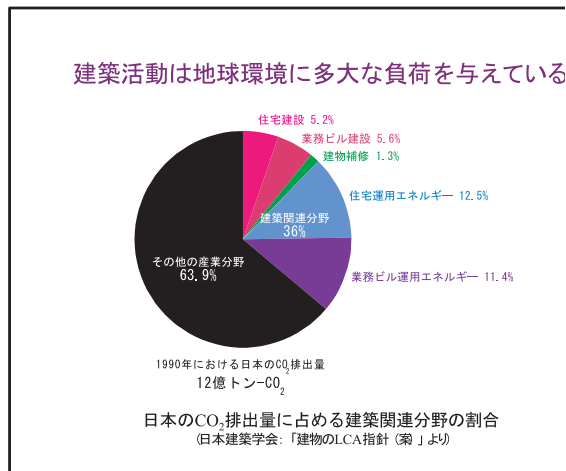


図 4-6

### 建築活動は地球環境に多大な負荷を与えている

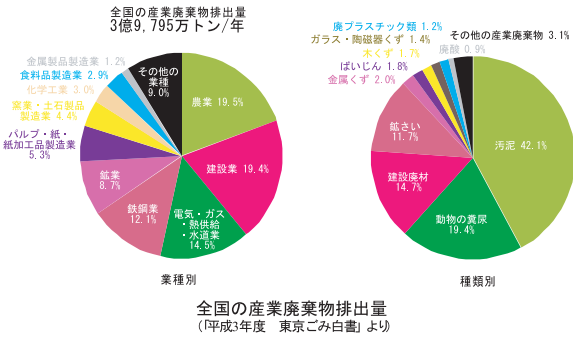


図 4-7

### 建築活動は地球環境に多大な負荷を与えている

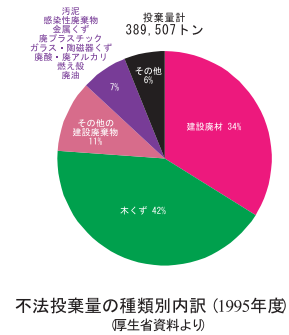


図 4-8

### 地球温暖化を巡る動きと日本建築学会の取り組み

- 地球温暖化防止京都会議 (COP3)・京都議定書 (1997年12月)
  - 日本は、2008～2012年の温室効果ガスの5年間平均排出量を1990年レベルの6%に削減
- 地球温暖化対策推進大綱 (2002年3月)
  - 産業・民生・運輸各部門に削減目標の割り当て
  - 建築分野へは民生部門における運用エネルギー削減の割り当てのみ

日本建築学会声明 (1997年12月2日)  
 今後、我が国の建築物は、生涯二酸化炭素 (温室効果ガス) 排出量の30%削減、耐用年数の3倍増 (100年以上) を目指すべきである

図 4-9

### 地球環境・建築憲章 (抜粋)

2000年6月1日

- 建築は世代を超えて使い続けられる価値ある社会資産となるように、企画・計画・設計・建設・運用・維持される。(長寿命)
- 建築は自然環境と調和し、多様な生物との共存をはかりながら、良好な社会環境の構成要素として形成される。(自然共生)
- 建築の生涯のエネルギー消費は最小限に留められ、自然エネルギーや未利用エネルギーは最大限に活用される。(省エネルギー)
- 建築は可能な限り環境負荷の小さい、また再利用・再生が可能な資源・材料に基づいて構成され、建築の生涯の資源消費は最小限に留められる。(省資源・循環)
- 建築は多様な地域の風土・歴史を尊重しつつ新しい文化として創造され、良好な生育環境として次世代に継承される。(継承)

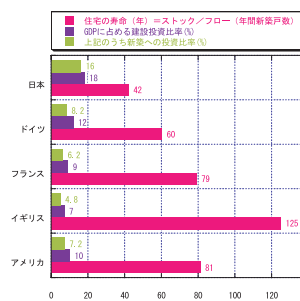
図 4-10

### 長寿命建築をつくる意義

- 建設時、廃棄時のエネルギー・資源消費と温室効果ガス・廃棄物排出量の削減 (地球環境維持への貢献)
  - 長寿命化により、年間当たりのエネルギー・資源の消費量や温室効果ガス・廃棄物の排出量が削減される
- 社会資産の蓄積 (社会的、経済的意義)
  - 価値ある社会資産として世代を超えて使い続けられる (次世代の建設投資費が軽減される)
- 長年に存在することによる安定したまちの景観や雰囲気形成と世代を超えた記憶の継承 (歴史的、文化的意義)
  - まちなみ景観が市民の共有財産として継承される

図 4-11

### 日本の建築の寿命は欧米諸国と比べ著しく短い



建築物の耐用に関する諸統計の各国比較 (特集 温暖化のリアリティ、建築雑誌1999年10月号より)

図 4-12

日本には建物を長く大切に使う文化があった



伊勢神宮外宮正殿



法隆寺金堂



厳島神社の床下柱の根継ぎ



飛騨白川郷民家の萱葺き屋根の葺き替え

図 4-13

何が長寿命化を阻害してきたか？

- 都市の膨張に伴う住宅・オフィス等の需要の急増
- 景気刺激策としての住宅建設の奨励
- 土地価格の高騰—建物よりも土地に価値
- 短期償却に拍車をかけた高度成長期の高金利
- 建て替えを促進してきた相続税、減価償却税等の税制

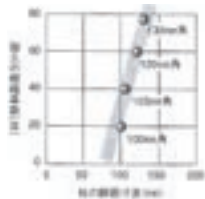
大蔵省令による建物の減価償却年数（平成10年改正）

| 構造                        | 事務所 | 店舗 | 住宅 | 飲食店 |
|---------------------------|-----|----|----|-----|
| 木造モルタル塗り                  | 22  | 20 | 20 | 19  |
| 木造                        | 24  | 22 | 22 | 20  |
| 鉄筋コンクリート造・<br>鉄骨鉄筋コンクリート造 | 50  | 39 | 47 | 34  |

図 4-14

建物躯体（木造）の寿命は？

- 木造建物の寿命は柱の太さで概略決まる



杉本賢司：「千年住宅を建てる」より



現存する江戸時代の豪農の住宅  
奈良家（1751～63年、秋田県）

図 4-15

建物躯体（鉄筋コンクリート造）の寿命は？

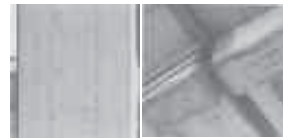
- 鉄筋コンクリート構造物の寿命は、鉄筋のかぶり厚と中性化進行速度との関係によって決まる

$$\text{耐用年数} = 7.2 \times (\text{かぶり厚cm})^2 \quad (\text{浜田式})$$

かぶり厚3cm: 65年、かぶり厚4cm: 115年



内房線山生橋梁（1924年）



山陽新幹線高架橋（1970年代）



只見線大谷川橋梁（1939年）

図 4-16

建物躯体（鉄骨造）の寿命は？

- 草創期の鉄骨構造物（鑄鉄、鍛鉄、鋼鉄）には、世紀を越えて今なお現存しているものも多い



アイアン・ブリッジ（1779年、イギリス）



フォース鉄道橋（1890年、イギリス）



エッフェル塔（1889年、フランス）

- 現代の超高層ビルの寿命は風揺れによる疲労で決まる：約200年

図 4-17

日本の建物が短寿命なのは・・・

- 建物の耐用年数
  - 物理的耐用年数：老朽化が進み、物理的に使用できなくなる年数
  - 機能的耐用年数：陳腐化により、用途的、経済的に使用することが無理になる年数
  - 経済的耐用年数：それ以前に処分してもそれ以後使い続けても不利となる最小支出（資本費用と移動劣性の和が最小）となる年数

一般的に

$$\text{経済的耐用年数} < \text{機能的耐用年数} < \text{物理的耐用年数}$$

- 日本の建物が短寿命なのは、物理的耐用年数よりも機能的耐用年数や経済的耐用年数が短いからである

図 4-18

### 建築を時間軸で考える

- ライフサイクル・マネジメント (LCM) : 建築を時間軸で考える
- ライフサイクル・コスト (LCC) 最小化アプローチ: **イニシャル・コスト最小化からライフサイクル・コスト最小化へ**
  - 生涯コストから見れば、建設段階のイニシャル・コストより、運用段階でのコストの総量の方がはるかに大きい
  - 建設段階でのコストアップは、長期的に見れば、管理運用コストの削減で吸収できる
- リスクマネジメント: **人命保護から損失最小化へ**
  - 建物の寿命に比例して災害に遭遇する確率は高くなる
  - 災害による損失可能性を予測し、損失(補修・復旧費、損害保険料)を最小にする

図 4-19

### 長寿命建築の条件

- **高耐久性・高耐震性を備えた構造躯体**
  - 構造躯体の高耐久化・高耐震化によるイニシャル・コスト増は、長期的に見れば、管理運用コストの削減で吸収できる
- **利用環境の変化に順応してゆける内装・設備システム**
  - 建物は物理的寿命よりも機能的・経済的寿命で解体されることが多い
- **定期的なメンテナンス**
  - どのような建物でもメンテナンスなしで長寿命を期待することはできない
- **スケルトン(不変的要素)とインフィル(可変的要素)の分離**
  - スケルトン(構造躯体) : 空間(階高・柱間・積載荷重)の余裕
  - インフィル(内装・設備) : 機能・設備の更新容易性と長期修繕計画
    - ・ 構法順序による階層化と改修時期の同周期化
    - ・ 部材・部品・設備の点検・交換の容易性

図 4-20

### スケルトンとインフィルの分離システム

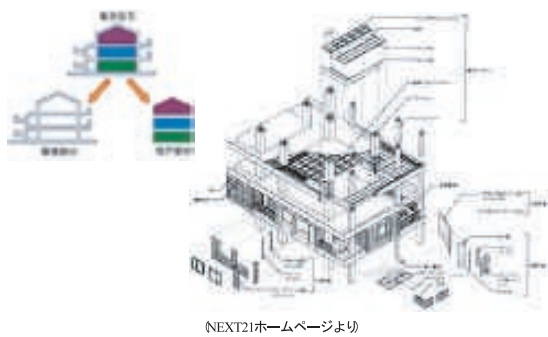


図 4-21

### 長期修繕計画と改修サイクル

- **構成部位ごとの改修周期**
  - 構法的に支持、非支持の関係にある構成部位の改修周期は、支持側が非支持側より短くあってはならない
  - 構法的に支持、非支持の関係にある構成部位の改修周期は、単純な倍数関係にあることが望ましい  
**2年改修周期方式**
  - 改修周期が異なる構成部位は、切り離しやすい構成になっていなければならない

| 躯体 | 屋根  | 外装  | 内装 | 設備 |
|----|-----|-----|----|----|
| 躯体 | 20年 | 10年 | 5年 | 5年 |
| 屋根 | 10年 | 5年  | 5年 | 5年 |
| 外装 | 5年  | 5年  | 5年 | 5年 |
| 内装 | 5年  | 5年  | 5年 | 5年 |
| 設備 | 5年  | 5年  | 5年 | 5年 |

センチュリー・ハウジング・システムにおける各部位の改修周期

図 4-22

### 地震による損失を最小にする損傷制御設計

- **従来の2段階耐震設計法** (1981年改正建築基準法)
  - 建物の寿命の期間に発生する可能性の高い中規模地震(レベル1) : 無被害または軽微な損傷(機能保持)
  - 起こりうる最大級の地震(レベル2) : 損傷(塑性変形)を許すが、倒壊はさせない(人命の保護)
- **2段階設計法の盲点**
  - 建物の寿命に比例して大地震に遭遇する確率は高くなる(レベル1とレベル2の中間領域の地震の発生頻度が高くなる)
  - レベル2地震時における損傷の程度については規定されていない
- **損傷制御設計法**
  - 地震のレベルを連続量で評価し、損失可能性が最大となる状態に対して、補修・復旧費を最小にする(資産価値の保護)

図 4-23

### 損傷制御構造のしくみ

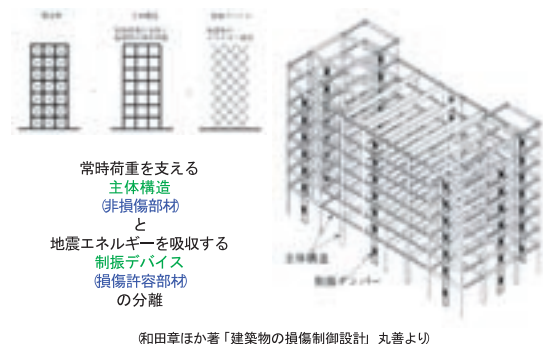


図 4-24

### 日本の伝統建築にも使われていた損傷制御設計



海上の神殿：厳島神社



満潮時の回廊



境内図

本殿を取り囲む回廊や舞台は、海波、山津波に対して本殿を護る消波体、砂防体としての役割を担っていた

図 4-25

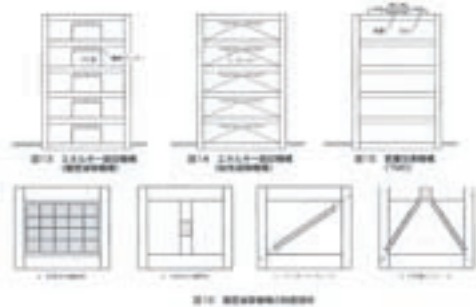
### 家屋の鎖骨

- 子供が階段から落ちて怪我をした。
- 鎖骨というのはこういう場合に折れるためにできているのだそうである。これが、安全弁のような役目をして気持ち良く折れてくれるので、その身代わりのおかげで肋骨その他のもっともたいじなものが救われるという話である。
- それで自分の素人考えでは、いっその事、どこか「家屋の鎖骨」を設計施工しておいて、大地震がくれば必ずそこが折れるようにしておく。しかしそのかわり他のだいじな致命的な部分はそのおかげで助かるというようにすることはできないものかと思う。こういう考え方は以前からもっていた。時々その道の学者達に話してみたこともあるが、だれもいっこうに相手になつてくれない。

(寺田寅彦 随筆、蔵前新聞 昭和8年より)

図 4-26

### 損傷制御設計を実現する制振技術



(日本建築構造技術者協会編「構造レトロフィット」建築技術より)

図 4-27

### 損傷制御設計を実現する免震技術

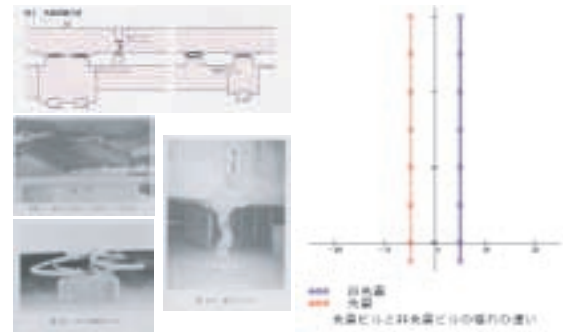


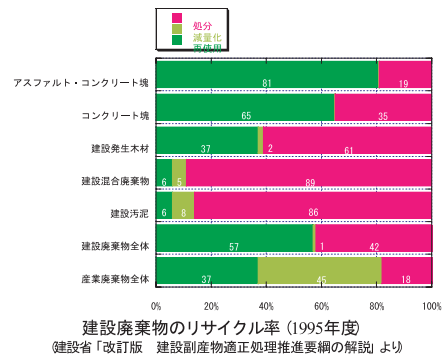
図 4-28

### 廃棄物処理を巡る最近の動き

- リサイクルが進まない建設廃棄物
  - 建設廃棄物は全産業廃棄物の19%を占める
  - 建設廃棄物のリサイクル率は57%と、他産業に比べて低い
  - 不法投棄量の87%は建設廃棄物である
- 最終処分場の枯渇
- 建設リサイクル法（建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律の施行（2000年5月）
  - 一定規模以上の建設工事におけるコンクリート、アスファルト、木材の工事現場での分別解体と再資源化の義務付け
  - 発注者による対象建設工事の事前届出の義務付け
  - 解体工事業者の登録制の義務付け

図 4-29

### 建設廃棄物のリサイクル利用



建設廃棄物のリサイクル率（1995年度）  
(建設省「改訂版 建設副産物適正処理推進要綱の解説」より)

図 4-30

### 建設廃棄物のリサイクル利用

- コンクリート
  - 再生骨材: コンクリート粗骨材に付着したモルタルを除去して骨材として再生 (300°Cまで過熱されたコンクリート塊は脱水によりセメントペーストが脆弱化する。これに鉄球などの媒体を加え骨材が破壊しない程度にすりもむ。すりもみ時に発生した微粉もセメント原料として再利用できる)
  - 路盤材としての利用
- 鋼材
  - 電炉鋼: くず鉄を原料として再生 (CO<sub>2</sub>排出量は高炉鋼の30%)
- アルミニウム
  - 廃棄アルミ材の再生
- 木材
  - 木くずをチップ化し木質ボード、紙・パルプに再生
  - 燃料としてエネルギーに変換

図 4-31

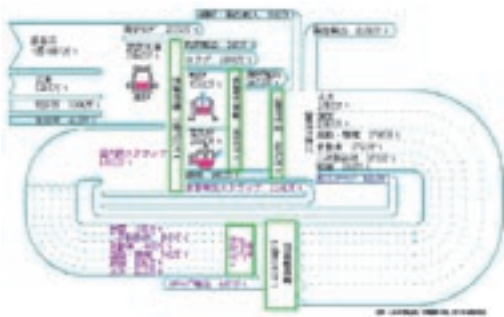
### コンクリート材料のリサイクル



(特集 CO<sub>2</sub>と廃棄物が仕事を变える、日経アーキテクチャ1999年9月6日号より)

図 4-32

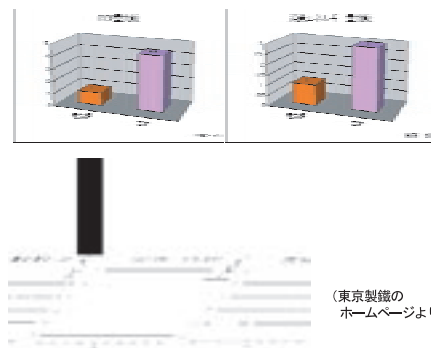
### 日本における鉄のマテリアルフロー



(東京製鐵のホームページより)

図 4-33

### 高炉鋼と電炉鋼におけるCO<sub>2</sub>排出量等の比較



(東京製鐵のホームページより)

図 4-34

### 建設廃棄物を減らすためには、・・・

- 設計のときから解体・リサイクルを考える
- 部材の取り外しを容易にする (分別が容易になる)
- 使用材料の種類を少なくする
- 部材の標準化を図る
- 建設現場での加工を少なくする (できるだけ工場加工し、現場での半端材を減らす)
- 部材に製造者名と材料の成分を明記することを義務付ける
- 建物を壊さないうちに使いまわす

図 4-35

### 解体・再使用を考えた構造システム

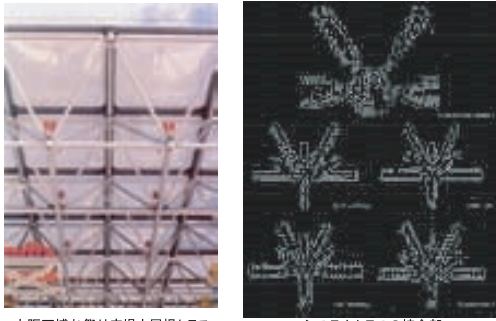


クリスタルパレス (1851年ロンドン万博)  
完全にシステム化された鋼構造躯体とガラス被膜を持ち、建設後も分解・移築が可能  
なように設計されていた

図 4-36



### 解体・再使用を考えた構造システム

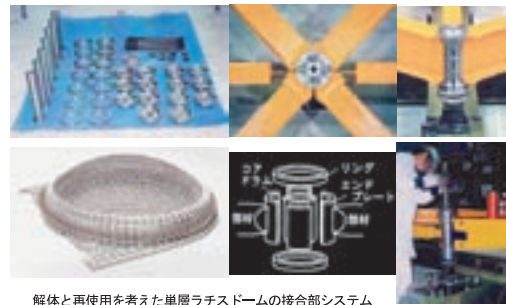


大阪万博お祭り広場大屋根トラス

システムトラスの接合部

図 4-37

### 解体・再使用を考えた構造システム



解体と再使用を考えた単層ラテスドームの接合部システム  
新日鐵と名古屋大学の共同研究

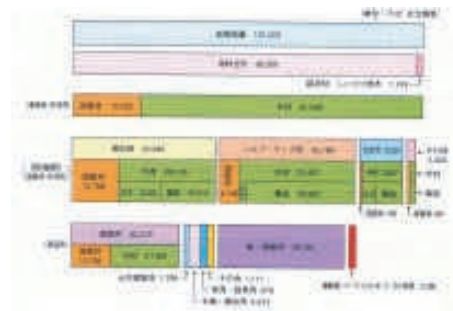
図 4-38

### 日本の森林資源・木材利用の現状

- 戦後復興とそれに続く経済成長による木材需要の急速な伸び
  - 必要とされたのは、足場丸太、角材、板材など、まっすぐで均一な品質がそろった針葉樹
- 森林（針葉樹人工林）の荒廃
  - 広葉樹で構成される里山の雑木林は切られ、代わって植えられたのは経済価値の高い針葉樹
  - この頃植えられた針葉樹人工林（国土面積の1/3、森林面積の40%を占める）は、現在、主伐可能な時期を迎えているが、その後の木材価格の低迷と経営コストの増大のため採算が取れず、間伐・伐採が行われていない
  - 間伐が行われないで育った針葉樹人工林は、幹が細く、根も浅く、土をつかむ力が弱い→緊急間伐5か年対策（2000年から）
- 外材の輸入策と国産材の衰退
  - 外材の輸入策によって、国産材は、乾燥材など、品質・性能の安定した製品を低コストで供給する外材にとって代わられた（木材の自給率は20%、米国、中国に次ぐ世界3位の木材輸入国）

図 4-39

### 日本の木材需要の構成（2000年）



（平成13年度 森林・林業白書）より

図 4-40

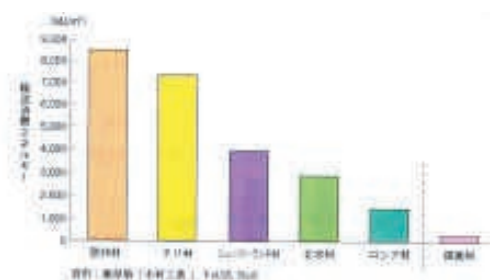
### 国別の外材輸入量



（平成13年度 森林・林業白書）より

図 4-41

### 輸入木材にかかる輸送消費エネルギー



（平成13年度 森林・林業白書）より

図 4-42

### 建設発生木材・残材の利用状況



図 4-43

### 環境共生材料としての木材の優位性

- 再生可能資源
  - 木材の使用量が森林の生長量を上回らなければ永久に持続可能な資源として利用できる
- 低環境負荷
  - 木材の製造・加工時の消費エネルギー、炭素放出量は鋼、アルミニウム、コンクリートに比べて圧倒的に少ない
- CO<sub>2</sub>を吸収・固定する効果
  - 樹木は二酸化炭素と水から有機物（ブドウ糖）を作り出し、これが木材となり、その副産物として、空气中に酸素を放出する（光合成）
  - 木材として存在している限り、炭素を貯蔵しつづける
- カスケード（多段）型リサイクルが可能
  - 原料形態が素材→製材→板→削片→繊維というカスケード（多段）型をなしているため、カスケード型のリサイクル利用が可能になる

図 4-44

### 持続可能な森林・木材資源



図 4-45

### 各種材料製造時の消費エネルギーと炭素放出量

| 材料         | 消費エネルギー (MJ/m <sup>3</sup> ) | 炭素放出量 (kg/m <sup>3</sup> ) |
|------------|------------------------------|----------------------------|
| 天然乾燥製材     | 770                          | 16                         |
| 人工乾燥製材     | 3,210                        | 100                        |
| 合板・集成材・LVL | 6,910                        | 156                        |
| パーティクルボード  | 10,610                       | 224                        |
| 鋼材         | 266,000                      | 5,320                      |
| アルミニウム     | 1,100,000                    | 22,000                     |
| コンクリート     | 4,800                        | 120                        |

犬熊幹章、木材工業Vol.53、No.2、1998より

図 4-46

### 材料による住宅生産の炭素放出量の比較

| 材料     | 在来軸組木造 | 鉄骨プレハブ造 | 鉄筋コンクリート造 |     |
|--------|--------|---------|-----------|-----|
| 木材製品   | 製材品    | 1,280   | 290       | 230 |
|        | 合板     | 260     | 200       | 430 |
|        | 計      | 1,540   | 490       | 660 |
| 鋼材     | 790    | 8,820   | 7,070     |     |
| コンクリート | 2,800  | 5,430   | 14,090    |     |
| 合計     | 5,140  | 14,740  | 21,810    |     |

kg/床面積136m<sup>2</sup>あたり

岡崎泰男ほか、木材工業Vol.53、No.4、1998より

図 4-47

### 非木造建物（3階建以下）を木造で建替えたら、...

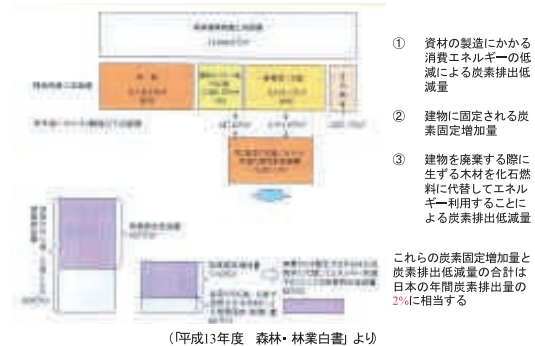


図 4-48

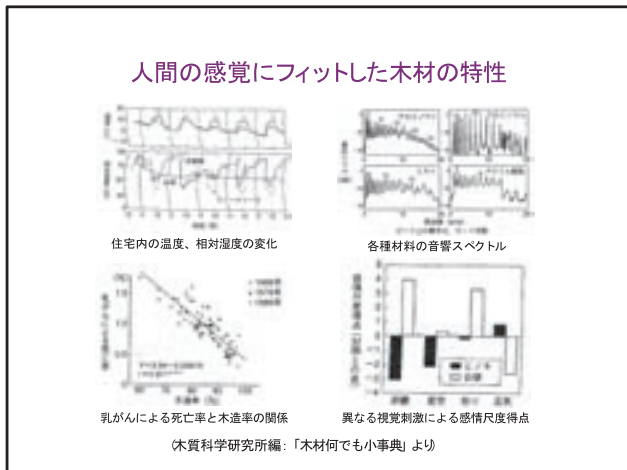


図 4-49



図 4-50

- ### まとめ
- 建築を取り巻く環境は急変してきている→**新たな建築のあり方、つくり方が問われている**
  - 建築活動は地球環境に多大な負荷を与えている→**建築の仕事に携わる者は地球環境問題の解決に大きな責任を負っている**
  - これからの建築に求められる条件 (環境問題の視点から)
    - **長期耐用:** 物理的・機能的・経済的長寿命化、既存建築の延命化
    - **省エネルギー:** 特に運用段階でのエネルギーの削減
    - **省資源・循環:** 素材・部材・部品・設備の循環利用
    - **環境親和性:** 周辺の自然・社会環境との親和性
  - 建築構造学の専門家として何ができるか、何をすべきか?
    - 高耐久性、高耐震性、更新容易性を備えた構造躯体の設計と維持保全技術の開発
    - 解体・再使用を考えた構造システムの開発
    - 木造建築の振興と技術支援

図 4-51