

## 垂直に発展する都市と交通

渡辺 茂\* 松村 昭\*\*

松本信二\*\*\* 岩佐義輝\*\*\*\* 中川 學\*\*\*\*\*

今日の深刻な都市問題を解決する提案として、1,000m、2,000mを超える超高層ビルの計画や大深度地下利用計画などが出されているが、垂直に伸びる都市での交通機関はどのような乗物、どのようなシステムが考えられるか。建物自体が一つの都市にも匹敵するスケールの超高層ビルでは、人の輸送、物の輸送から廃棄物の処理など物流システムとして解決しなければならない課題が多い。当シンポジウムでは、いま提案されている超高層ビル計画を手がかりにして出席者の専門的立場から、さまざまな角度で検討を加えた。

### The Vertical Expansion of City and Traffic

Shigeru WATANABE\* Akira MATSUMURA\*\*

Shinji MATSUMOTO\*\*\* Yoshiteru IWASA\*\*\*\* Manabu NAKAGAWA\*\*\*\*\*

There have been plans for skyscrapers over 1,000 or even 2,000 meters, and plans to go deep underground proposed as solutions to the serious problems our cities face today. What kind of vehicles and transportation system can the transportation authority think of for these perpendicular cities? For these super-structures, which rival a city in scale, there have been many proposals asserting that problems ranging from the transportation of people and goods to waste management have to be solved in accordance with a distribution system.

The present plans proposed for these super-structures have been examined from various sides in concurrence with the techniques of those specialists attending this symposium.

#### 都市はなぜ垂直に発展するか

中川 (司会) いま大阪までいく鉄道の距離を縦に伸ばせば、宇宙の低軌道まで行きますね。スペースシャトルの活動圏です。さらに、宇宙ホテルとか、月

面基地というところまで人間の都市活動が垂直に発展しようとしているわけです。地下においては、大深度地下利用ということが始まってきているわけですが、地上においても、今までの常識を突破するような1,000m、2,000mというような具体的な建設の

\*東京都立科学技術大学学長  
President, Tokyo Metropolitan Institute of Technology

\*\*大成建設㈱技術開発部部長  
Manager, Technical Development Dept., Taisei Corp.

\*\*\*清水建設㈱技術研究所建設技術研究部長  
General Manager, Construction Engineering Research Dept., Institute of Technology, Shimizu Corp.

\*\*\*\*㈱竹中工務店技術研究所主席研究員  
Research Manager, Construction System Group, Technical Research Laboratory, Takenaka Corp.

\*\*\*\*\*一橋大学経済学部教授 (本学会員)  
Professor, Faculty of Economics, Hitotsubashi University  
1990年2月8日実施

計画まで出てきています。そこで、まず最初に人類の文明活動は、特に都市という形をとって、どこまでどう行くのだろうか、そして、なぜそれが地上の場合、高く縦にならなければならないのか。このあたりは、渡辺先生の「東京工学」の中からオリジナルなアイデアが最初に出てきたと思いますので、まず、そのフィロソフィをお話いただきたいと思います。

**渡辺** 私は今から十数年前に東京都のメシを食うようになったために、東京とは何だろうと考え始めたのです。それまでは国立の学校にいましたので、国のことばかりを考えていて、東京にいながら東京というものを考えなかったんですけども、考えてみますと、東京というのは、いい点もたくさんあるが、悪い点もあって、その一つが交通渋滞ですね。今でも十年前とほとんど変わらないくらいな状態です。それから土地の値段が高い。これはもうどんどん高くなって十年前どころではなくなりました。

そういう場合にはどうしても上下方向に伸びなければいけないということで、当時「垂直工学」という名前をつけたんですが、これは非常に高いところから地下の深いところまで連ねて一つのシステム化をしてみようということです。大ざっぱに言うと、東京にあるJRの駅とか、私鉄の駅、バスの駅とかを中心にして、100mの距離にビルを建てるということですから、200m立方の建物を建てれば、住宅と工場と全部収まってしまうという計算になる。そうすれば、あとは緑の野原にできると。つまり、超過密都市と超過疎地帯とが隣同士にあるような街づくりができるんじゃないかということを実時言ったことがあります。

超過密都市というのはなぜ必要かという、情報を発信するためには、多くの人が集まって、その考えが結集して一つの情報になるわけですね。例えば、きょうのように地方でこれだけの方に集まっていただけは大変です。しかし、東京だと割合簡単に集まってくる。これが過密都市の利点です。もちろん、地方でも各都道府県ごとに一つぐらいはそういうところも必要です。そうすると自然と土地の値段が高くなって、そして渋滞が起こる。それは高層ビルにすることによって、両方とも解決するのではないかと。つまり、1坪の値段が一定なら、10階だと10分の1になるし、100階だと100分の1になる。それから交通渋滞は、主要幹線だけ車が通ればいいわけですから、平面的な渋滞はなくなるだろう。問題は垂直の

交通をどうするかということです。しかし、考えてみると水平の交通よりも垂直の交通の方が進歩している。水平面の交通には無人の車は一つもないが垂直のエレベーターはもう始めから無人です。そういう意味で、垂直交通をもう少し本気で考えれば、まだいろいろな事実が出てくるだろうと思います。

**松本** 都市で我々が生活していて毎日一番面白くないのは、通勤なわけですよ(笑)。これをどうしても解決したいというのは、みんな思っているのですが、なかなかいい方法がない。それから、今の東京のようなところで、同じところに新しい都市をつくとすれば、どういう形で作り替えていくかということが一番問題です。東京の中は本当にかんじがらめになっていて、しかも、行政の面でも身動きがとれない。ちょっとした地下の構造物をつくろうとしても、なかなかうまくいかない。その辺をいろいろ知恵を出していきたいと考えています。

私は建設会社にいるものですから、建設ということを中心に都市の交通がどうあるべきかということをも多少考えたことがあるのですが、建設という仕事は、新たに何かつくり加工したりということは少なく、ほとんど大部分は物を運ぶ仕事なんです。だから、交通問題を解決しない限り、建設をトータルに合理化することはできないんですよ。

数年前に建設省のプロジェクトで、未来の建設システムを考えようという仕事を担当していたのですが、その中で建設はできるだけ無人化したい。そうすると大部分は材料、あるいは土とか要らなくなった物、つまり物の輸送なんです。

いま東京は24時間都市に近づいています、日本の高速道路などは、夜中もトラックがどんどん走っている。しかし、建設資材を運ぶという観点でみると、夜がそれほどうまく活かされていない気がします。たとえば、地下輸送システムにより、夜中に建設資材を運搬しておくというようなことを考え、建設の観点から新しい都市のあり方が考えられないか。その辺が興味のあるところですよ。

**岩佐** 私は縦型都市の「スカイシティ1000」の開発メンバーとして、いろいろ考えてきたのですが、渡辺先生のおっしゃられた垂直工学に共感しております。また交通は人の流れと物の流れ、それから情報の流れとして考えています。物流及び情報の流れの方がうまくコントロールできれば、人の流れは今よりも少なく済むのではないかと考えています。これは不思議なことでもあるのですが、これだけ情



渡辺 茂氏

報の流れが発達してきたといわれていますが、東京でもいまだにゴトウビ（5・10日）とかいう習慣が残っていますよね（笑）。物の流れと情報の流れがちゃんとしていれば、そういう現象は恐らくないと思いますが。

それから、やはり人の流れと物の流れと一緒になっていたらうまくいかないと思います。人の流れは用途によってスピードの違いがありますね。今の平面的な都市では、なかなかそれが解決できない。そういった面でも、立体的にもって行って、その中で交通網を整備していくということが一番大事だろうと思います。

**松村** 情報化時代になって、ますます東京一極集中の傾向が高まってきて、政府が多極分散型国土の形成とかいうポリシーを出しても、結局新しい情報を求めてみんな東京に集まってくるわけです。ですから、それをある程度是認した上で、じゃあ、東京をどうするかという話にしないと、なかなか解決しないと思うんですね。その一つの話として、高層化が当然出てくるわけです。高層化というのは、上ばかりではなくて、下の方も含めての話ですが、超高層を建てる理論的根拠については、もうずいぶん昔、パリ改造計画の時に建築家でもあり芸術家でもあるコルビジェの提唱した「パリを高層化することで空気が光と緑あふれる輝く都市ができる」という主張が、今でも、超高層を建てる時の理論的根拠になっているわけです。ただ、今、話題の1,000mとか、2,000mとかの話になると、新たな時代のメガストラクチャーをつくるためのベーシックなコンセプトを、もう一つつくらなければいけないんじゃないか。み

んなで知恵を出し合って、みんなで合意できるようなコンセプトを持つ必要があるんじゃないかと思います。

私は交通については全然素人で、建築のデザインとか計画の方の出身なのですが、まず東京のように世界中でこれだけ多様な交通手段が用意されている都市はあまりないんじゃないか。しかし、外国に比べると、例えば、道路標識とか高速道路とか、モノレールにしてもあの形は美しいとは思えない。やはり都市は美しくなければいけない。ですから、これからの都市の交通を考えるときに、ただ効率性とか経済性だけではなく、アメニティ、美しさというものをどれだけ盛り込めるかというあたりが、もう一つのポイントになるのではないかと思います。

### 垂直都市形成の可能性

**中川** 今までは「大きく美しく環境を創造する」という言葉を使っていましたが、「大きく、高く、深く、美しく」と全部揃えなくてははいけない。しかし、こういう超高層都市とか超深度の地下利用というのは、やはり地価が高い東京の都心部とか、あるいは地方都市の都心部とか、そういうところでないとうまくいかないものでしょうか。

**渡辺** 「必要は発明の母」と言いますから、そういうところに育つのですが、本当に必要でなければ出てこない。必要というのは、一つは美に対する追求もあるかも知れません。もう一つは、こんなに地価が高いともう都市には住めない。いかにして高い土地を安く使うかということはあるでしょう。ただ、果して高層になって、建設費との見合いがどうなるかは自信がありません。

**岩佐** その辺のシミュレーションも必要ですね。地方でも、そこにある一つの目的を持って、新たに都市をつくらうというときに、平面的に広がった都市でインフラに金をかけるより立体的にまとめた方がより効率的にいいものができるとか、自然環境条件が厳しいところ、例えば、北海道などではその中の人工空間が効果的であるとかそういったケースで可能性が相当あると考えています。

**松本** それから、交通の絡みで言いますと、外国とか遠くに行くときは今のところ飛行機に乗らなければいけないわけですが、外国へ行って成田に帰ってくるとがっかりする（笑）。とにかく混むし、遠いし、成田に着いてからが大変なわけです。将来もっと国際的な活動が華やかになってくると、当然国際

空港が生活の中心になってくるわけですが、やはり都心から2時間も3時間もかかる成田みたいなどころでは成り立たない。もっと空港の近くにいなながら、都市活動が成り立つように、ある程度地下都市的なものを考えないともう駄目だと思います。そういう意味で地下も結構必然性が出てくるのではないかという気がします。

**渡辺** 地下は温度が一定ですから、温度調整はしやすいでしょうね。

**松本** その極端な例が月面基地の場合なんです。放射線が強く温度差が百数十度からマイナス百数十度変化しても、地下2～3mのところでは、安定していますから、一番安全です。地球上の場合はそこまで極端なことはないのですが、砂漠だとか、極地に近いようなところで生活しようと思ったら地下の方がずっと効率がいいかもしれません。

#### 垂直都市に適した交通機関の姿は

**渡辺** 垂直の建物にはどういう交通機関があるかということですが、リニアは一つありますが、もっとローテクを使ってエレベーターを改良することを考えたんです。エレベーターというのは元来無人です。なぜ無人だかというと、それは安全だからです。平面を走る車は人間の運転によって安全が保たれている、つまり元来不安定なものです。それに対して上下方向のエレベーターは初めから素人がボタンを押しても安全なようになってきている。だから安全性から出発してやって行ける。例えば一つのワイヤーに2台、3台とつないでいったらどうかとか、エスカレータみたいにぐるっと回ってやったらどうかとか、いろいろアイデアが出てくる。私のアイデアは一つの穴に歯車、ラックをつけておいて、エレベーターをモーターで1台1台駆動する。そしてある階へ行くとちょっと横へ行く。そうすると追越しがきくんです。そういうのは全部ローテク、モーターとラック・アンド・ピニオン、つまり歯車装置を使ってできるわけです。ただ、ローテクはローテクでもコンピュータで安全制御しておかなければいけない。そういう一番安全なものから出発して、高層ビルの交通機関をつくるモデルになっていいと思います。

**松村** いま私どものやっているDDエレベーター、つまりダイレクト・ドライブのエレベーターですが、リニアモーターを利用したものです。その発想はそもそもドロップタワーの構想を練っている時にカプセルの制動、回収にリニアモーターが利用できない



松村 昭氏

かという話が出てきたのです。そんなことをやっているうちに「これはエレベーターに使えないか」という話になって、いま実験しているところですが、あれだったら制御の仕方によっては、渡辺先生のお話のように何台でも、一つのシャフトを利用できるのではないかと。もう一つは、水平方向でも、斜めにも連続的に運転できるとかメリットが出てくると思います。

**岩佐** 先生のお話を伺って私もびっくりしました。横に逃げるというのも、実は私共の方でも考えていました。ただ、上に輸送するというのは、やはりエネルギーを相当使いますね。今のエレベーターというのはカウンターバランスがついていて、エネルギー量は人間の乗った量に近しいだけしか使わないわけです。それと違うシステムの場合、本体の輸送分まで全部エネルギーを消費するので、降りてくる方から何とかしてエネルギーを回収しなければいけないわけです。

**中川** 超電導の場合はそれが使えるんですね。

**松本** 建設現場では、ラックピニオン式のエレベーターをよく使っています。ケイジの方にモーターがついている方が、上の方に施設をいっぱいつくらなくていいから簡単なわけです。もう今の技術で全部できます。日本の厳しい安全基準でも大丈夫なんですから、問題はありませんが、そういうエレベーターの改革がないと、超高層都市は成り立たないですね。垂直の都市では、下の方は莫大な交通量ですが、だんだん木の枝みたいに上の方はどんどん交通量が減っていくので、そういう特徴が出るようなスタイルにしなければいけない。そのような問題が発生し



松本信二氏

ないようにするには、上の方からどこかへ行けるようになっていけば一番いい。上の方でどこかのビルとうまくつなげるとかね。

**中川** 今のエレベーターの転轍のところをもう少し掘り下げて伺いたいのですが、ラックピニオンできて、横にずれると。その時はスピードは1台ごとに自分で調節できるわけですか。

**渡辺** そうです。追い抜きもできますね。

**中川** 大林さんだったかの自動施工システムの概念図で、パレットが半円形になっていて、それがクルッと作業場に入って、その空隙を別のパレットが通過していくというのがありましたね。竹中さんのはどういうふうになっていましたか。

**岩佐** 具体的には仕組みの中までは発表はしていませんが、縦型都市の中では複数のシステムを提案しています。ひとつはリニアモーターを使った3階建てのエレベーターです。また建物ですと、比較的輸送するものが小さくて済みますが、大きな都市的スケールになりますと、大きな物も運ばなければならぬ。そういったものはスパイラルモノレールで大量輸送することを考えています。それから人間の平面的な移動では、それなりにスピードの遅い車を自動的に走らせたり、そのような複数の種類の組み合わせを考えています。

**渡辺** もう一つは、物流の場合は放物線でやったらいい。こちらはボンと打ち出して、ちょうど降りるところでとればいいわけです。

**松本** ちょうど宇宙の方の輸送機関では、ソ連はそういうスタイルですね。宇宙ステーションに行くのに人と物とは別の方法でやっています。ところがア

メリカは今のところスペースシャトルで人も物も一緒に輸送しているものだから、えらい高くつくんですね。ソ連の方はずいぶん値段が安くて、倍くらい違うという話です。

**松村** 物流というのは大変だと思います。今の私どもの入っている本社ビルの設計を担当したことがありますが、人間の方の輸送計画は確率論を入れた方法論がありまして、計算でシミュレーションをやって決めますが、物流の方の決め方というのはあまりないんです。あとは経験とか勘で決めるんです。ところが実際に入ってみると、ものを運ぶというのがものすごく多い。エレベーターは確かに通勤時の5分間とか、開業前の何分間とかはすごい混雑になりますが、あとは結構遊んでいます。物流の方はその間も四六時中動いている。

うちのビルは53階で、いま大型エレベーターが3台動いていますが、てんで足りない。ですから、縦型都市をやるとすれば、人間と物流というのはやはり分けて考えなければいけない。物流に必要な輸送能力をどうやってエスティメイトするかという基本的な理論を組み立てなければ、なかなか計画が立てられない。

**岩佐** エレベーターというのは、やはりスピードは限られます。人間の気圧に対する追従性では、分速100~150m以上になると問題がでてくる。物でしたら、そういう心配はないわけですが、エレベーターで物を運ぶと、ものすごく効率が悪い。渡辺先生は、チューブの中を高速で物を輸送するというアイデアを出しておられましたか。

**渡辺** 真空であろうと何であろうが死なないからね。

**岩佐** 人間もフレックスタイム制になると出勤時間の混雑はなくなりますね。これからは多分エレベーターは昼の時間帯が一番混むんじゃないでしょうか。

**松村** おかしいのは、前に比べると最近社内の打ち合わせが圧倒的に多くなったみたいで、社内の移動がものすごく量になっているんですね(笑)。とにかくエレベーターが混むんです。昼間はそんなに混む計算になっていないものですから。これも情報化時代でフェイス・トゥ・フェイスのミーティングみたいなものの要請が増してくるということもあるんじゃないかという気がします。

**岩佐** やっぱ顔を見ながら意志を伝達するというのは、すごく必要ですね。姿がわかる電話の仕組みが出れば、移動も少なくなってくるのではないのでしょうか。

**松本** その他に、これは一般動向に逆行しているかも知れませんが、一人か二人しか乗れないようなエレベーターがたくさんあって、「私は43階へ行きたい」と言えば、他のところは関係なしにスッと行ける、そういうパーソナルな形のエレベーターですね。そろそろそういう地上の自動車のような物が出てくるんじゃないかという気がします。

**松村** 4人乗りの油圧エレベーターというのに、この間初めて乗ったんですが、異常に狭いでしょう。あれに2人だけで乗ったらなんだかすごく変な感じがするんじゃないかという気がします。

**松本** この場合は車と同じですよ。あくまで知っている人としか乗れない。その代わり、行きたいところへ間違わずに行ける。

**松村** やっぱり大量輸送と同時に、パーソナルな方向も絶対あると思いますね。

**松本** それのうまい組み合わせが必要ですね。

**中川** ここに提案されているトリプルデッカー、3階建てのエレベーターですが、あれは面白いんですけども、希望の階数へ行く時は、乗る箱を決めないと行けないんですね。

**岩佐** 私共の提案しているのは、何層かにブロックが積み重なっていて、そのブロック間を移動するときに使うわけです。

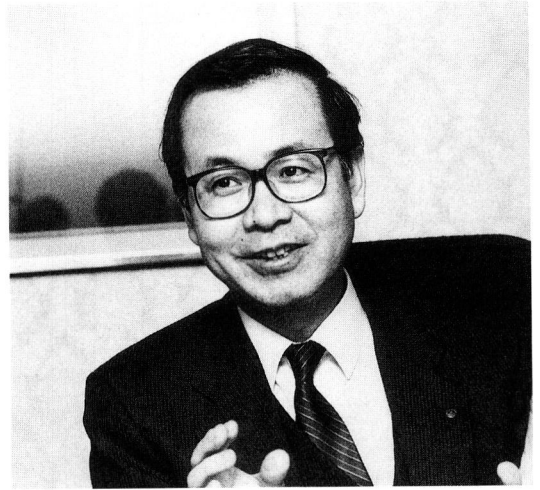
**松村** 2階建ての例は、大林さんの本社ビルのダブルデッキのエレベーターです。使い勝手は聞いておりませんが、まあ本社ビルですから、慣れればいいでしょうね。外部の人はちょっと困るかな。

**中川** そうすると、とにかくエレベーターにしても、大量用、パーソナル用から、長距離用、中距離用というふうな多重モードでもって設計して行くという考えが今基本でしょうか。その乗り換えの連続性についてはどうでしょうか。

**松村** 結局、そこのインターフェイスが一番問題なんです。そこで降りて、また乗ってというところで時間をつくっちゃう。

**岩佐** エレベーターではとにかく早く移動することが求められます。ところが、平面的に移動している時間を考えれば、少しぐらい時間がかかっても本当はいいはずなんです(笑)。そうすると十分輸送能力がでてくる。ですから、仕組みが違うというか、ここから向こうへ行くと少し街が変わったものになっているということになれば、少し時間がかかっても納得できるんじゃないかと思うんです。

**松村** 超高層ビルを設計したときに思ったんですけ



岩佐義輝氏

れども、設計者としてはそう言いたいわけです。これは街が横に広がっているのを縦に積み上げたのであって、これを建物と思ってもらっては困るんだと(笑)。だから隣の部屋に行く感覚で上に行くのではなくて、道を隔てた向こうのビルに行くんだと思えば、それだけの時間がかかるのは当然だという話をしたのですけれど。人間というのはおかしなもので、一つの構造物の中となるともっと速く行けるはずだ、ということになりますね。これがもっと大きくなって、1,000mとか2,000mになったときにこれは都市だと感じてくれるか、やっぱり建物だと感じるかによって、ずいぶん違うんだらうと思います。

**松本** 最近、外が見えるエレベーターがありますね。ああいうのに乗っていると、もうちょっとゆっくり動いてくれればいいなと思うんだけど、すぐ着いちゃうんですね。普通のエレベーターの中は閉鎖されていて、面白くはない。狭いところに押し込められて我慢している空間ですから、やっぱり時間は短い方がいい。だから、もうちょっと楽しく、景色がみられないところだったら、何か面白いテレビがあるとか、イベントがあるとか(笑)。

**渡辺** 確かに、住宅街を5分歩くのと、商店街とか、この八重洲のあたりを5分間歩くのとは、飽き方が全然違う。景色によって違うから、そこを考えれば、それがアメニティなんだ。

**松本** だから、そろそろ垂直方向も、そういう少し楽しんで乗れる乗り物にしていくというのも、いい方法ですね。

それから、物の輸送についても、人の輸送と分けた方がいいのですが、どうしても分けられないとき



中川 學氏

は、さっきとちょっと逆のようですが今度は兼用というか、例えば、朝の通勤時間などは電車によって一方がガラガラで、もう一方が満員ということがありますね。エレベーターも同じことで、ある時間帯はこっちはものすごく混んでいても、反対側は空いているようなことがある。ところが、物はどういう時間帯でも、動かせばいいというものもあるわけです。そういう物をきちんと置いておいて、帰りの便に使う。だから電車も貨物が乗せられるようにしておいて、人間だけを運ぶ仕組みではなくて、ある場合にはコンピュータなんかを使って、そんなことも考えるといいんじゃないでしょうか。

**渡辺** そうです。全部コンピュータを使えばいい。お互いに迷惑がかからないように、情報さえちゃんとしていけばね。

### 超高層ビルと法規制の問題

**中川** MITのグループが、地下鉄の中になんで自動車が入れないんだというので、自動車を乗せる台車を途中で何台か走らせて車を輸送すればいいじゃないかと。それで、運転間隔は相当詰めても、コンピュータが発達してきたので、安全な形でそれができるわけですよ。そういう多重モードにすると、今度は必ず現在の法の規制だとか行政の何とかという縛りがかかってきて、それを超えなければということがありますね。こういう超高層の場合ですと、建築法だとか、空中権の問題だとか、空路の変更だとか、いろいろな問題がでてくると思うんですが、その辺でお気づきの点はいかがでしょうか。

**岩佐** 私は東京ドームのプロジェクトに関係したこ

とがあるのですが、あの開発は8年くらいかかっています。開発の着手時点の法規では規定外のものでした。ただ、行政機関では前向きな姿勢で技術開発に取り組めば、必ずその法規を展開してくれる姿勢を持っているわけです。そういう意味で、縦型都市でも人工地盤という民法上のいろいろな問題がありますが、そういうことも積極的に進めていけば、それなりの解決の道はあると思っていますので、あまりその辺は心配していません。

**中川** 渡辺先生は「東京工学」で都の行政と国の行政と重なってきますが、その辺はいかがでしょうか。  
**渡辺** やっぱ問題があるようですね。まず、自動車は無人では走れないでしょう。そういう時はどうするんですか。技術的に完全に無人自動車ができれば、法律を改正すればいいのか。

**岩佐** その前に、無人の信頼性を立証する努力が要りますね。そして、それがちゃんと達成されて経済的なベースに乗って、経済効果があり、社会的に価値があることを示せば、可能性はあると思います。

**渡辺** それから、建築関係だと、やはり国の法規と東京都の法規の違いというのがいっぱいあります。昔は起重機は全部鉄でつくらなければならなかったらしい。それが例えばアルミでつくったら、いくら強度があっても認められない、そういう時代が戦前から戦後まで続いたと思います。

**岩佐** 建築基準法では、通常使用できる鋼材の種類など決められていますが、それ以外の物を使う場合に、それなりに強度とか信頼性を証明すれば、許可が得られるような仕組みはあります。ですから、その材料が出てきて時間がたった物については、使うことが割と容易なんです。ところが、初めてつくった物は、それを認めていただくのに時間がかかります。

**松本** 東京ドームでは大分苦労されたわけですね。

**中川** そういう場合の基準の一番根底にある価値観というのは、安全ということなのでしょうね。

**松本** 安全性が一番重要なんです、それを証明するのが非常に難しいことが多いんです。一定期間使っても、事故は殆どないということが一番いい証明なんですけれど(笑)。使う前のことだから、なかなか証明できないわけです。

**岩佐** 一番苦しいのは新しい材料の耐久性の証明なんです。これは初めて使用する時点ではわかりません。促進曝露試験とかいろいろな方法はありますが。

**松本** 伝統的に考え方が違うということもあります。

例えば、防火ドアは、日本だと鉄などは高く評価されていますけれども、ヨーロッパへ行くと、木製の方が効果が高いということです。木製というのは熱が伝わり難いし、燃えたとて表面しか燃えない。鉄は熱になるともう真っ赤になって、裏も火事になってしまう。ところが、ある種の実験をすると鉄の方がいい。その辺が難しいところで、日本は昔から「木は駄目だ」という思想があります。

**松村** その場合の木は、ベニアじゃなくてやっぱり無垢ですよ。確かに、外国の立派なマンションにいくと、みんな木製なんです。私は最初「木製とは何事だ」と思って、よく説明を聞いてみると、確かに鉄は熱によって曲がってしまったら逃げられなくなるけれど、木は絶対にそんなことはない。ある程度の断面を持っていれば、ある程度炭化してしまったら、それ以上は火には行かないということで。  
**松本** 鉄筋コンクリートでは、鉄筋でないものを使う例は結構あります。最近是新素材的な炭素繊維を使って、それをエポキシ樹脂で固めたような物を鉄筋の代わりに使っています。アルミはアルカリに弱いので使いませんが、鉄は普通だと錆びてしまうのが、コンクリートの中では絶対に錆びないという、非常にうまい使い方なんです。他の物に比べて、鉄は値段が安く強度があって耐久性があるという面でものすごくいい材料なわけですが、ただ、コンクリートが悪いと錆びてしまう。それで、新しい炭素繊維とかそういう物を使った方がいい場合もあります。

### 超高層ビルに求められる新素材と技術

**中川** そういう材料の面では、超高層の計画に求められる新素材には、何が必要でしょうか。

**岩佐** 1,000mのビルで計算しますと、下の方の材料の応力はほとんど自重で占められています。材料の許容応力が10としますと、自重が8ぐらいになります。やはり自重をいかに減らすかということが重要になってきます。ですから、普通のコンクリートを使っては、なかなか良いものはできない。いま具体的には新素材関係で軽い部材ができるよう検討しているところです。

**松村** 結局、建物を高くするというのは、交通も含めて重力に対する挑戦です。

**松本** そのところはどうしてもマイナス要素です。

**中川** 上から吊り下げる建物というのが、ダイマクシオンの提唱をしたバックミンスター・フラーによって考案されましたね。塔を建てておいて家を吊っ

ていくというような建て方です。

**松本** 極端な話ですと、最近宇宙の構造物にデザー（紐）というのがありますね。地球周回軌道上のデザーは、地球の重心に向かって真っすぐ伸びた状態がもっとも安定した姿勢になります。

NTT無線システム研究所の八坂哲雄氏の計算では、ケブラー（ポリイミド）繊維のような高強度の新素材を用いると、数万kmのデザーも可能になるのだそうです。

**中川** それは今の人工衛星の静止軌道のところから降ろすわけですね。

**松本** あのぐらいのところを重心にして、上下にやるんです。それがもうちょっと行くと、地上までくる話になりそうな感じですね（笑）。

**渡辺** 高層建築ができれば、その間に吊り構造をやるうと思えばできるわけですね。

**岩佐** 構造体がうまくクローズドな形態になっていればいいんです。縦型都市では真ん中のところは周辺から吊る形にしています。

**松本** コンクリートだけとっても、結構、強度が高くなってきています。アメリカあたりでは、普通の建築で使っているようなものの3～4倍ぐらい強度のものを最近たくさん使うようになってきていますから、相当な高層建築も可能になるかも知れません。

**岩佐** あとは耐久性の問題ですね。  
**松本** 耐久性は一般に強度があるものの方がありませんから。ただ、他の問題がいろいろあるんです。施工性が悪くて仕事がしにくいとか、そういうことを解決しなければならない。

**渡辺** やっぱりつくるにはロボットが必要だね。もう人間ではとてもやりきれないところがいっぱいあるんじゃないか。

**岩佐** 工法的には自動化を目指しています。ロボットは建築用にはまだ課題が多々あります。

**松本** いろいろ試みはしていますが、本当の実用化というのは難しいですね。もうちょっと時間がかかると思います。建築の場合は非常に大きなものを割と小さいロボットで扱いたいんですね。その辺が問題ですが、そういう尺度で見ても、発展はしていますから、実用化しつつあるというところです。

**松村** 多機能とか汎用性とか、そういうものを持たせようとするとなかなか難しい。一つの目的だけに合わせれば、今の技術でもかなりなものはできると思うんです。でも、経済性でどうかという話がありますので、なかなか（笑）。ただ、ポリウー



ムがあって、しかも割合規格化された部品の繰り返し作業が多いものだったら、それなりにロボットは当然出現すると思います。

**渡辺** いざとなればやりますよ。大丈夫、安心して(笑)。

### 超高層ビルの設計上の課題

**中川** いま、東京都などで一番困っているのは、ゴミ戦争ですね。こういう集約された建物のゴミ処理は、当然、最初からそれを考えて設計して、インフラの中に組み込んでいくわけですね。

**岩佐** 内部で全部再利用できる形に処理することを考えています。

**松村** 本来はクロズドシステムで、中で処理できればいいんですが、そうでないと、都市のインフラ容量がこれによってえらいことになってしまう。

**松本** 一つの都市で、都市の中に当然清掃工場があるわけですから、その範囲ではゴミの運搬というのがありますが、そこから外へはほとんど出てこないのが理想です。

**渡辺** リサイクルをやるには、ゴミの分別をしないとけない。金属、プラスチック、紙、濡れゴミと、少なくとも分類して捨てれば、非常にやりやすい。これはゴミトラックは要らなくて、重力で全部捨てられる。普通の住宅地だと、一升ビンとか、ウイスキービンを集めるのは大変ですが、過密になると集めるのが容易になる。それで経済性もよくなり、両方相まって進歩するんじゃないでしょうか。

**松村** 1,000mにしろ、2,000mにしろ、物の供給とか、逆に出してくるものを全部足元の1階あるいは地下だけでアクセスするのではなくて、やっぱり上からアクセスする方法を考えなければまずいという気がします。例えば、ヘリコプターとか垂直離着陸機とか、その手のやつができて、割合安全に上から重力を使って物資が送り込めるとか。

**中川** そうすると、空中庭園のどこかを開けておいて、ヘリコプターが出入りできるという考え方ですか。

**松村** そういう考え方がないと、ただ下から運び上げるというのは、それだけでいいのかなという気がします。

**岩佐** アクセスの問題では、やはり地下を深くし、その中で数層に分けて利用するということを考えています。途中の階でアクセスするのはむずかしいのではないかと思います。

**中川** ボストン大学のモースという助教授が、空飛ぶクィーン・エリザベス号という飛行船の巨大なものを考えて、設計図まで出していましたけれど、一人あたりのキャビンは一等船室並みの広さで、中にプールもあれば映画館もあるということが理論的に可能だといっていますが、その巡航高度は600mくらいがちょうどいいんだそうです。そうすると、この1,000mの建物だったら、ちょうど中間ぐらいのところにスーッと入ってくるぐらいの感じですね。

**松本** 下から上へ行くと結構大変ですが、同じレベルでスーッと行くのなら、割といいかも知れない。

**中川** 例えば、「スカイシティ1000」だと、5、6棟建てれば、港区の人口が入れると、どこかに書いてありましたが、その5、6棟の間で行き来するというのはもう簡単ですね。

**松本** そういう上の方からの出入り口があれば、いいですね。下の方ばかり輸送量が多いというのはよくありません。

**中川** こういう風通しがよくて、陽が入ってくるというような設計というのは初めてじゃないでしょうか。

**岩佐** 超高層ビルをいろいろ設計し施工しているのですが、建物の平面形状が80mを超えると非常に中が使いづらくなるんです。ですから、周りは50mぐらいの幅にして、両側から生活空間がとれるように考えています。また高くなってくると、心理面で相当居住性の問題が出てきます。しかし、中央のアトリウムに面した内部の生活は通常の14、15階の集合住宅と同じにするために、こういう形状にしています。いかに自然をそのまま建物の中に取り込んで行くかというのが、これからの大きな課題ではないかと思っています。

**松本** 面積が大きくなると使いづらいというのは当り前の話なんですけど、さっきのエレベーターが横にチョロッと行くというのではなくて、横にずっといくだけでも行ける。例えばピギーバックみたいなものもいいんですが、エレベーターの中にもう一つ乗り物が乗っていて、内側の乗り物で水平移動をすることができる。交通手段さえうまくやれば、広くても結構いけるかも知れない。いま、ビルの中の横の交通手段というのは殆どない。横は歩く範囲というふうにやっているから、使い難いというわけです。

**岩佐** それと人工空間が非常に広くなり、その広い人工空間をいかに住みやすくできるかという問題もあります。技術が向上すれば、解決できるかも知れ

ませんが。

**松本** 緑だけの話なら、いくらでも部屋の中に植えられるんです。風が入るかどうかというのは、相当うまくやらないといけないのですが。逆に、入ると問題になる場合もあります。

**岩佐** この構想では、やはり自然を味わえるアトリウムを考えています。人工的なものが発達してくれば、また変わった考え方になるかも知れませんが。

**松村** 反対の意見もあります。歩いていて緑が見えればいいというそんな簡単な話じゃない、やっぱり飲み屋の赤ちょうちんがあったり、ウィンドウショッピングが楽しめたり、そういうものこそが都市のアメニティだという意見もあるわけです。ですから、人工的な垂直都市の中も外も含めて、そういうものをどうやって作り込んでいくかというところが勝負みたいな気がします。今の東京はすごく汚くて嫌だと思ふ部分も多いのですが、「こんなエキサイティングな都市はない」と言っている外国人だっています。新宿の歌舞伎町あたりを歩いている連中に(笑)。

### 垂直都市の地下利用法

**中川** 今度は垂直の地下の使い方についてご意見を伺いたいのですが、住友金属の方のご提案の「山手リニアポリス」では、地上はできるだけ人間様が歩けるよう、楽しめるようにして、地底にインフラの類を集約的に入れていこうと。山手線も、超電導リニアモーターの12号線式のもので下へ入れていくという考え方ですが。

**松本** 私も基本的にはそういう感じはします。同じ乗物、交通機関でも、人間様はやっぱり外の景色が見えた方が面白いから。地下鉄はつまらない。同じ距離を行くなら、バスとか地上の電車に乗りたいですよね。だから、荷物やトラックなどは地下の方を、それも無人化して、上の方は人が通る。ですから、地下の利用は、貨物の交通機関、インフラ、それから貯蔵とか工場のようなもの。そういうのは地下に入っていたきたい(笑)。そして人間様は「地下、地下」と言っているけれども、やっぱり表面に近い地下ですよ。その辺が一番魅力的なんです。海洋でもウォーターフロントとか、そういう境目みたいなところが一番変化があって面白い。だから、地表近くは人間様の空間で、下は物的なものに使ってしまえば、うまいことに地下の場合はつながっていますので、交通機関などは今の技術で比較的楽にで

きる。

**松村** 今の都市の中で、地上になくてもいいものはたくさんあると思うんです。私も今の意見と殆ど同じで、やはり地表に近い境界は我々が利用して、下の方はインフラなり、物資の流通、あるいは集積、インフラのパワープラントだとか、地上になくてもいいものに使っていく。そして地下には都市間ネットワークの超々高速道路といったものをつくって、トラックを時速100kmとかの自動運転でセットしておけば、あとは眠っていても目的地に行ってしまうとか、そんなふうにご利用したらいいんじゃないかと思えます。

**渡辺** 地下でも、農業はできるんです。ウドとかモヤシなどは地下でもできる。人工太陽さえあれば、農業はオン・ザ・グラウンドでなくてもいい。魚だって地下で飼えるわけです。特に最近では深海魚がいろいろ出てきたけれども、そういうのはどんどん地下で養殖して、上に上がったなら蒲焼きになってるとか(笑)。

**松本** 海底の利用方法ももうちょっと考えてもいいですね。地下よりも海底だったら、別に掘らなくてもいいわけだから、ある意味では仕事がしやすい。もちろん水があるから大変だという人もいますが、地下と同様に、温度なども安定していますから、ある種の物は貯蔵できるし、結構いいような気がします。

**渡辺** 深さ1,000mは、100気圧ですからね。1万mだと1,000気圧ですから、プレスなんかできると思えます(笑)。

**中川** 東大の生産研の越正毅教授がNHKでデモンストレーションなさったのを見たら、物流はもうトラック輸送ではなくて、地下のチューブ輸送を本格的に考えるべきだとおっしゃっていましたね。

**松本** ゴミの輸送をパイプを使ってやるというのはいろいろな形でやられていますが、それをちょっと発展させれば、ゴミ以外の物に全部使えるわけです。地下を使ってやる場合には無人化できるというのはすごくいいんです。コンピュータで全部制御できるわけですから、混雑が平均化できる。それで、物の輸送の場合は、どうしてもある時間に動かなければいけないというものは比較的少なく、一日の間で都合のいいときに動けばいい。それをうまくやっているのが自動倉庫です。自動倉庫は夜の間に出しやすいよう、自動的に並べ換えていく。それと同じことを都市レベルでやればいいんです。

**中川** そうすると、地下の水平なチューブ輸送と、物資を地上に上げる垂直部も無人化できるわけですか。

**松本** それは、縦と横をうまくつなげたシステムでないといけません。今はまだそれぞれ独立したシステムです。

**松村** チューブというのは真空で引っ張るという話ですか。

**松本** カプセルはカプセルですが、真空でなくても、モーターを使ってもいいですし、もちろん真空もあります。真空のものは行き先を決めないとやりにくい。節目節目にノード、つまりポイントが要りますが、ネットワークにしておけば、それも可能です。真空のものはものすごく速いですよ。

**岩佐** 高速物流は、拠点でいかにうまく処理するか、このアイデアが出てこないとなかなかできないと思います。

**松村** でも、クロネコヤマトさんがあれだけやっているんだから、ちゃんとやれるんじゃないですか。

**松本** だから、あの考え方ですよね。大きいものが動くネットワークと、そこから小さいアメンバーみたいな形で行く小型のシステムがあるといいんです。

**岩佐** そこがうまくできれば、今の高速道路なども見直されると思いますね。その横に小さなスペースで、予めそういうものをつくっておけば、トラック輸送のウェイトは小さくなります。

**松村** そうすると、今の容量でももっともって効率的に利用できるんですね。

**松本** 建設資材の運搬について検討したことがあるんですが、やっぱり地下を使った方がいい。地上に変な鉄骨だのコンクリートが走っているのはあまりカッコよくないし、皆さんにご迷惑をかけている。当然、中川先生のお話のように、地下鉄を使うのがいいんじゃないかと、建設省の人たちと検討したことがあるのですが、ある程度コンテナというか、

カプセルというか、似たような形にしないと難しい。分ければ、いくつかのパターンになる。そうすると、違う材料でも、とにかく同じような形で同じような重さのある範囲のものだったら、同じ輸送システムでできるわけです。そうすると自動化もかなりできるし、今の建設のやり方も変わってくるんじゃないかと思います。私はたまたま建設屋ですから、建設資材だけを考えたのですが、都市の全体の輸送量からみたらほんのちょっとなんです。

**松村** でも廃棄物だけに限ると、建設の廃棄物というのは相当な量ですよ。

**渡辺** 地下とか海の中の使い方では、化石燃料を燃やす工場とかは地下の方がいいんです。例のCO<sub>2</sub>などは地下だったら外に出ないでとにかく一カ所に集まるでしょう。トラックでも地下輸送だと、トンネルから外に出るときにCO<sub>2</sub>を全部処理してしまう。全部海の中に入れてしまってもいいんです。海の中の炭酸ソーダにすればいいんだから(笑)。そうすると、浅草海苔がたくさんできる(笑)。

**松本** 地下50m以下に工場をつくれば、かなり炭酸ガスを出しても許可されるというのは、面白いですね。

**中川** 渡辺先生の多摩川のホテイアオイでつくられた焼酎をごちそうになったことがありますが、おいしいんですよ(笑)。あれはホテイアオイ自体が川の水を浄化するわけですね。

**渡辺** あれは僕が提案して、つくったのは岡山の大学の先生です。あのホテイアオイは割にタンパク質が多いんですよ。

**中川** 地下高速自動車道路から出てきた炭酸ガスでできたものは、どんな味がするのでしょうか(笑)。

**松本** 渡辺先生のように困った問題を逆手にとってもうまく利用できれば、楽しいですよ。

**中川** 大変面白いお話を有難うございました。