

明日の近畿への提言

●地球物理学者 竹内 均 氏

●聞き手 日本土木工業協会関西支部 広報委員

地球規模の環境問題に
省エネ先進国・日本が貢献すべき時がきた

悲観的になってはいけない。頭を使えば解決できる。

地球規模での環境破壊が深刻化しています。破壊をいとも改善しながら、より豊かな生活環境を実現するにはどうすればよいか、また近畿の未来像はいかにあるべきかを、地球物理学的見地から竹内均氏に提言いただきました。

地球はいま
二酸化炭素の温室に入った

— いま、世界的な規模での環境破壊が問題になっていますが、我々建設業としましては、生活環境の整備と自然保全とが調和しにくいという問題をかかえているわけです。地球の将来を心配しながらも、ただ、あしたのことではあるまいという安心感があるのもたしかですが、地球の環境破壊はどこまで進んでいるのか、その辺からまずお話ししたいと思うのですが。

竹内 現在、環境問題の中でよくあげられるのが二酸化炭素とかフロンの問題です。これらはおもに人間の工業活動によって出されるものですが、これらが大気中にたまっていくと気温が上がっているような弊害をもたらすわけです。いわゆる温室効果とか地球の温暖化といわれるものですね。

たしかに、このところ気温が上がっているというのは我々の実感としてもあるわけで、ここ数年、夏は暑く冬は暖かい。

ところがいまは、自然のままのなりゆきだと、むしろ気温が下がる時期なんです。1万年くらい前にワルム氷期が終わって気温は上がりはじ

め、5、6千年前が最高で、いまより1~2度高かった。以来ずっと現在まで低くなってきているはずなんですが、現実には暑くなっている。この温暖化は、どう考えても人間の工業活動が原因なんだろうということになるわけですね。

— 化石燃料を燃やすことで二酸化炭素が増えるという…。

竹内 二酸化炭素が大気中に着実に増えているというデータもきっちりそろっています。ハワイ島のマウナロアという山の頂上でここ数十年間の二酸化炭素量を測っていますが、年とともに着実に増えていますね。

空から降り注ぐのは
紫外線と酸性雨

竹内 2番目の問題は、フロン使用によるオゾン層の破壊です。オゾン層に穴があいている、つまりオゾンホールができていくということが南極での観測でわかったのが10年ほど前です。オゾン層に穴があくと、モロに紫外線が入ってきて生物の遺伝子を傷つけるわけですから、これはたいへんなことです。

フロンは非常に便利な物質で、常温で液体と気体の間をたやすく往復してくれる。これが非常に便利だから半導体の洗浄だとかスプレーとか

地球物理学者
竹内 均 氏

1920年、福井県生まれ。1943年東京大学理学部地球物理学教室卒業。同大助教授・教授を経て、1981年科学雑誌「ニュートン」編集長に就任。代々木ゼミナール札幌・仙台・大阪各校の校長も兼任。1964年「地球潮汐および地球振動に関する研究」でベルギー科学アカデミーよりラグランジュ賞受賞。1982年NHK放送文化賞受賞。地球物理学から人生論まで300冊をこえる多数の著書・訳書がある。

に使われるんですが、いけないのは塩素の化合物だということです。塩素の化合物は非常に安定していてしぶとい。大気中で50年くらい生きているそうですよ。

3番目が酸性雨です。これもたぶん化石燃料の燃焼が原因だと思いますが、大気中にたまった窒素、硫黄の酸化物が酸性雨になって森林を破壊する。ドイツのシュヴァルツバルト(黒い森)もいまは禿げ上がっています。それから北ヨーロッパの湖。非常に澄みきってきれいなんです



と言われたけれど、このピンチを一種のチャンスと見て省エネに努めたわけです。たとえば、石油を一番多く使っていた製鉄所は、いままでの4分の1の石油で同じだけの生産性をあげる工夫をし、結果的に公害もなくなりました。つまり省エネに努めると、経済は伸びる、環境汚染は片付く、さらに磨いた省エネ技術は売れると、いいことづくめなんです。

いま当面している地球環境問題も、この時のやり方に学ぶべきだと思うんですね。

— 公害の程度を、日本を1とするとアメリカは倍くらい、ソ連は4倍くらいあるんだそうですね。ですから、日本の省エネノウハウはこれから大きなプラスになるんじゃないでしょうか。

竹内 そうです。ある意味では、日本は人類の先頭に立って解決しているんだという言い方ができます。先日こんな計算をしてみたんですが、「国別のGNP÷エネルギー消費」、この高が大きいほど小さいエネルギーで大きいGNPをあげていることになりますが、日本はアメリカの2倍、ソ連の3倍、中国の10倍なんです。妙に思い上がってもいけませんけど、誇りにしていいことだとは思っています。

けど、生物が住んでいない。PHが2とか言いますから、すごい酸性です。以上、この3つくらいが、いまあげられている地球規模の環境問題じゃないでしょうか。

ピンチに強い日本
地球環境改善の先頭を切る

— それをどのように克服したらよいかという課題についておうかがいしたいのですが……。

竹内 どの本を見ても地球の前途は悲観的にしか描かれていませんが、これはいけないことだし、そういうものではないと思うんですね。極端な言い方ですが、ある意味ではこれがビジネスチャンスだと。

というのは、これと似たような事情がかつて日本に起こって、それをジャンプ台として経済大国に成長したという体験があったわけです。その体験とは、第1次オイルショックです。石油の値段が4倍に跳ね上がり、これでもうダメだ

東京・ノン東京で 豊かさの尺度は違う

— 日本はいま物質的には非常に豊かですが、もうひとつ豊かさが実感できないというのが本音のように思われますが…

竹内 たしかに都会にいと豊かだという実感はあまりない。けれど田舎にいくと、日本は豊かになったんだなあと思いますよ。

僕はいま東京に住んでいますが、出身は福井県の山の中で、いまでも年に3回は帰省しています。つまり、都会と田舎の両方を知っているんです。僕の田舎の農家なんかすごいですよ。上等な家に住んでますからね、あれはウサギ小屋とはいいませんね。ところが東京だと、いまの若い人は自分の家すら持てない状況です。ですから、豊かさを考えるとき、東京・ノン東京という形で考えたほうがいいんじゃないかと思うんです。関西の人には悪いですけど、大阪もノン東京です。同じ程度の家を買うにしても、東京とはちょっと違いますからね。

精神的豊かさの創り手は いま、民間活力だ

— 真の豊かさとは、どういうものだとお考えでしょうか。

竹内 東大を定年退職して雑誌の編集長とかやりだして感じる事なんです、お上よりも民間のほうが豊かさをエンジョイできるような手を着実に打っていったらいいですね。

たとえば、あるメガネチェーン店の親父さんが化石が大好きでね。彼に頼まれて僕は化石博物館を2つ造りました。実に上等なものです。あれだけのものを文部省が造ろうと思ったらたいへんですよ。

それから大阪ではサントリーががんばってます。去年創設した「サントリー夢大賞」、これは夢の実現に資金を出し、実現過程をビデオに収録し

て上映まで面倒を見るというもので、実は僕、その審査委員長をやっておるんです。去年はドーバー海峡を嵐で渡るというプロジェクトにお金を出しました。

そんなのキリなくあります。こういうのが豊かさじゃないかなー、と思うんです。ニューヨークのセントラルパークの周辺には美術館・博物館がいっぱいありますが、みんなアメリカが栄えたときの大金持ちが造ったんですね。そういう時代にアメリカ人がしたようなことを、いまこれから日本がやっていくんじゃないかと。かたわら、地球環境を改善する技術を日本が考えだして世界に貢献する、あるいはしなきゃいけない時期にきてるんじゃないかと思えます。

好きなことをして食べられる これが理想の人生だと思う

— 日本はやっと豊かさを自らの力で実現しようとしている…

竹内 そう思います。その力になっているのは全部現場の人です。省エネ技術を開発したのは名もなき現場の人だと思う。あるいは世界をリードしているビデオ、カラーテレビ、集積回路など、これなんか全部現場の人がえらかったからなんです。

要するに、問題を次々解決して豊かさを築いてきたのはすべて現場の人たちだ、というのが僕の持論なんです。

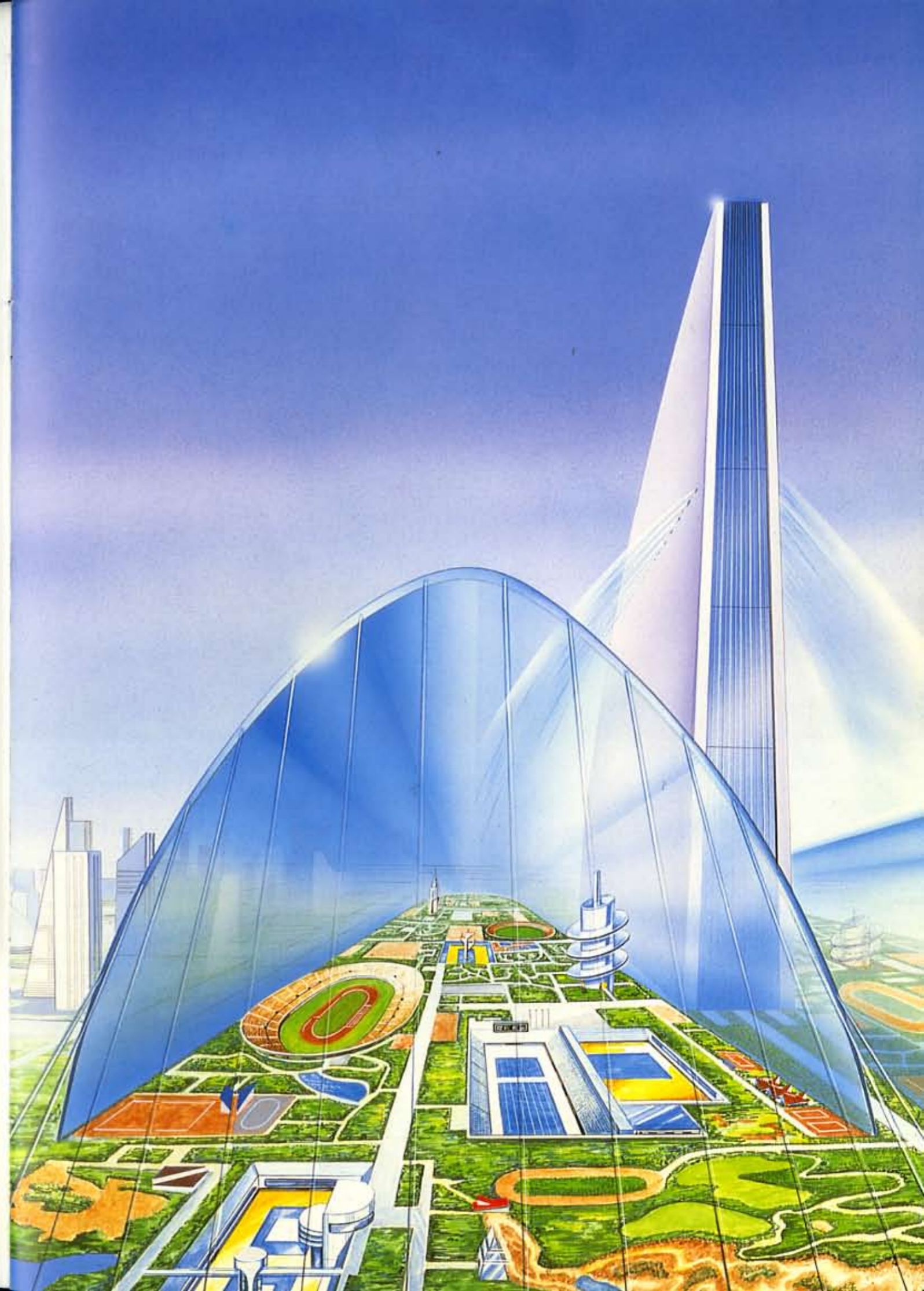
— 日本の国民性は非常にすぐれているということですか。

竹内 そうです。もう少し分析的に言うと、教育じゃないでしょうか。教育レベルがそろっている。日本が将来どんなに栄えても、これを崩したらダメですよ。

— 日本人はゴルフ、カラオケ、マージャン以外に興味を持っていないとよく言われますが、それだけじゃないと…

竹内 それだけじゃないと思いますよ。僕は人生論なんて本も書いてますが、その中で幸福な人生だったなと最期に言えるような人生とはどんな人生かを3カ条にまとめています。

1つ、自分の好きなことをやって生きてきた。
2つ、それで食べられた。
3つ、それが人様のためにもいささか役立った。
この3つがかなえられれば、それは理想の人生だと僕は思うんです。その意味では、マージャン、カラオケはどれだけ貢献しているのでしょうか。



真の豊かさに向かって もう日本は動きだしている

最盛期のアメリカがやったことを民間活力がやりだした。



環境保全と開発は 頭を使えば調和できる

— 効率的で便利な生活環境をつくらうとすれば自然破壊につながる、というように自然との調和はいま非常に難しくなっていますが、この点はいかがでしょう。

竹内 冒頭にあげた3つの地球規模の環境問題で考えてみますと、フロンによるオゾン層破壊を解決するための基本的態度は、やはりフロンと同じ能力を持ち、しかもその欠点を持っていないものをつくることです。

物事の解決態度は常にそういうふうに行くべきだと思うんです。頭を使えば解決できない問題

大都市の未来は 上に高く、下に深く

24時間空港とリニアエクスプレスが関西を浮上させる。

はない、というのが僕の基本的行き方で、その意味では楽観論者です。

で、フロンにかわるものといったら、僕は目の前に1つあると思うんです。水です。水は常温で液体と気体の間をたやすく行き来しますし、けっこう役に立つと思いますよ。

— なるほど。

竹内 酸性雨の犯人といわれる窒素とか硫黄の化合物の問題は、日本では解決しています。しかし、二酸化炭素をどうするかはまだ解決してないんです。これについて僕が考えているのは、大きいプールをつくって藻類のクロレラを繁殖させる。そこへ二酸化炭素をどんどん送り込み、光合成の作用で処理するというものなんです。日本中の二酸化炭素を処理するには琵琶湖ほどの規模がいるなど。(笑)

まあ、夢みたいな考えですが、これがうまくいったら日本を緑のままに保ちながら自由と繁栄を楽しむことができると思っています。

— たいへん楽しいお話ですね。

竹内 はい、もう楽観主義者ですから。(笑)

緑のなかにノッポビル これが都市の未来像

— 豊かさを実感できる都市環境とは、具体的にどんなものだとお考えになりますか。

竹内 僕のオフィスがある西新宿というところは高層ビルがいっぱい並んでいますが、ビルとビルの間には緑が豊富にあるんですね。建物を上へ伸ばすと多くの人口が収容でき、それによって空いた土地は緑地として活かせるわけで、西新宿はそういう意味で大都市の未来像ではないかと思っています。

それともう1つ、東京で起こっている不思議な問題ですが、東京の中心だったところが夜間人口ゼロという状態になっているんです。電気・水道など諸設備は完備しているのに、夜間はたれも使わない。これをどうするか。1つの考えは、官庁の上に住宅を建てる、人が住めるようにしたらどうかと思うんです。

— 行政的に、人口が定着するような開発を

しなければ、ということですね。

竹内 そう思いますね。もう1つ情けないのが上野、浅草です。建物が低くて、駐車場もありません。遊びにいきたくとも車が置けないとなると、いまはどうしようもありませんからね。やはり建物を高くして空き地を空けていくという行き方しかないと思うんですが、代々住んでいる人はそんなこととしてはくなくない。

— やはり個人の利害よりも行政的な規制が必要になるのでしょうか。

竹内 そうせざるをえないと思いますよ。結局、日照権なんか問題になったりするんですけど、ニューヨークやパリでは、日照権の問題は今世紀の初め頃に押さえてしまっていますね。

地震に強い地下にも 都市の未来はある

— 上の方もさることながら、下の方へのジオフロントというのはどうでしょうか。

竹内 ぜひやってほしいですね。地下は地震に対して危険じゃないのかと思ってる人も多いようですが、僕は地球とか地震とかをずっとやってきたので自信をもって言えますけど、地下は地震に対して非常に安全なんです。

地震の波には縦波・横波・表面波の3種類があって、一番大きい揺れを起こすのが表面波です。ところがこの表面波は、ちょっと地下へ潜ると極端に小さくなるんです。そういう意味で、地震に対しては地下が一番安全なんです。このことを建設業の人はもうちょっと強調すべきだと思いますよ。



— ところで、豊かな暮らしの前提となるのはまず災害がないことだと思うのですが、関西はその点、いかがでしょうか。

竹内 いいんです。地震がほとんど起こらないんですよ。日本の地震というのは、太平洋が動いてきて日本の近くで地下へもぐり込んでいく、その理由によるわけです。だから、海岸に近い

町ほど危ない。東京なんて海岸線にありますから危ないんです。ところが大阪は瀬戸内海に面していますが、瀬戸内海は海じゃない、陸なんです。大陸棚みたいな、本質的には陸なんです。そういう意味で、地震に対してとても安全です。

関西の未来を開く 24時間空港とリニアエクスプレス

— 最後に、関西が未来に向けてより快適に住みやすい地として発展するために、先生のご意見をお聞かせください。

竹内 大阪の未来像というのは、やっぱり緑を増やさなければいかんということでしょう。大阪で緑を増やすのは東京よりも手軽にできるはずなんですがね。僕はもともと関西人ですから大阪が大好きなんです。だから、緑がないってのはさびしい気がしますね。

ただ、大阪は1ついいことを考えておられる。国際空港です。しかも海上に考えておられる。これはみごとなことだと思います。あとは空港と都心部を素早く結ぶモノレールですね。東京は成田で失敗してますよね。あそこへ行くのに2時間はかかります。

それから、24時間空港にしようとなさっている。これも立派なこと。成田のように夜閉じているというのはどうしようもない。

— 東京一局集中に対して今度は関西の番だよという意味ではありませんが、首都圏でのトゲーム、これを関西でも繰りかえしてはならないだろうと思います。

竹内 これも自然科学者の単純な考えですが、リニアエクスプレスというのが問題解決に大きく役立つと思います。東京・大阪間を1時間でつなぐ、オーバーに言えば通勤圏です。それで大阪をうんと緑にしていだいで、住宅は大阪において東京へ通勤する。そういうのも一局化を防いで日本をより健全な方向へもっていく方法じゃないでしょうか。

— 今日はたいへんいいお話をうかがいまして、ありがとうございました。我々建設業の今後の方向としては上に高く下に深く、また関西については緑が少ないのは問題だけど、いいことづくめであると。そして地球環境の危機に対しては、頭を使えばかならず解決できるという希望が持てました。我々建設業としても自然保全と開発の調和に、おおいに頭を使っていかなければならないと思います。

建設業の先端技術開発

21世紀を目前に建設業の戦略再構築が進んでいる。

エンジニアリングコンストラクター(EC)

戦略のもとで、受注産業からの企画提案重視の

市場創造型産業へダイナミックな転換を

進めようというのがそれである。

建設業の先端技術開発も、こうした動きと無縁ではない。

むしろ新しい戦略を支えるものとして

重要な役割を担っているのである。

ここでは、21世紀のニューフロンティア開発に向けて、

さまざまな分野で展開されている技術開発の動向を

概観することにしよう。

ニューフロンティア開発に 向け体系化すすむ



建設業の先端技術開発動向

建設業における先端技術開発は、いま、21世紀に残されたニューフロンティア開発のための新しい技術体系確立に向けてダイナミックに動きだしている。

21世紀に残されたニューフロンティアとは、宇宙、海洋、そして地下空間といわれる。つまり、地球表層部の利用空間をより高く、より深く立体的に拡張するとともに、宇宙空間をも開発の対象にしようというものである。そして、そうした方向性は、都市開発をはじめとする現在の空間開発の中ですでに実行に移されているのである。

たとえば、より高い空間の利用を可能にするものとしては、新しい構造による超高層住宅の建設技術がある。また、シールド工法や連続地中壁工法の進歩は、ジオフロント(大深度地下空間)の利用可能性を高めるものとして期待されている。さらに、ウォーターフロント(水際空間)の開発は、海上や軟弱地盤上での構造物の建設技術など海洋開発の要素をともないながら展開されている。

これらの新しい空間開発を支える技術の特徴は、さまざまな先端技術の開発導入とそれらの複合化にある。建設業はそもそも総合技術の上に成立つものだが、ニューフロンティア開発のための技術には、従来にも増して高度な技術の複合化・総合化が要求される。したがって、現在、幅広い分野での基礎的な研究開発とその成果の実用化が進められている。そこでは、建設業の屋台骨ともいえる構造工学、材料工学、土質工学はもとより、海洋・水理工学、環境工学、生物工学あるいは情報工学などの新しい分野でも積極的に研究開発が展開され、成果の導入がおこなわれている。

以下のそうした技術開発の具体例を見ていくことにしよう。



海洋開発に威力、水中コンクリート

材料面からのアプローチとして顕著な成果を上げているのが、高品質の水中施工が可能な水中コンクリートの開発である。

通常のコンクリートは、水中で成分が分散するため施工が難しく強度も十分に確保しにくいという難点がある。すでに建設各社が開発、発表している水中コンクリートはいずれもセルローズ系またはアクリル系の粘着剤を混入するもので、水中で分散せず打設が容易で強度も充分

に出すことができる。活発化するウォーターフロント開発や将来の海洋開発は、水中コンクリートに大きな活躍の舞台を提供することになるだろう。

一方、海洋構造物の建築部材としては塩害(海水の塩分によって金属が腐食する)の影響を受けないものが要求される。鉄骨コンクリートに替るものとして有力視されているのは、炭素繊維やアラミド繊維を複合化した繊維強化コンクリートである。これらは軽量化も可能で、すでに海上プラットフォームの居住空間などに使用された実績をもっている。





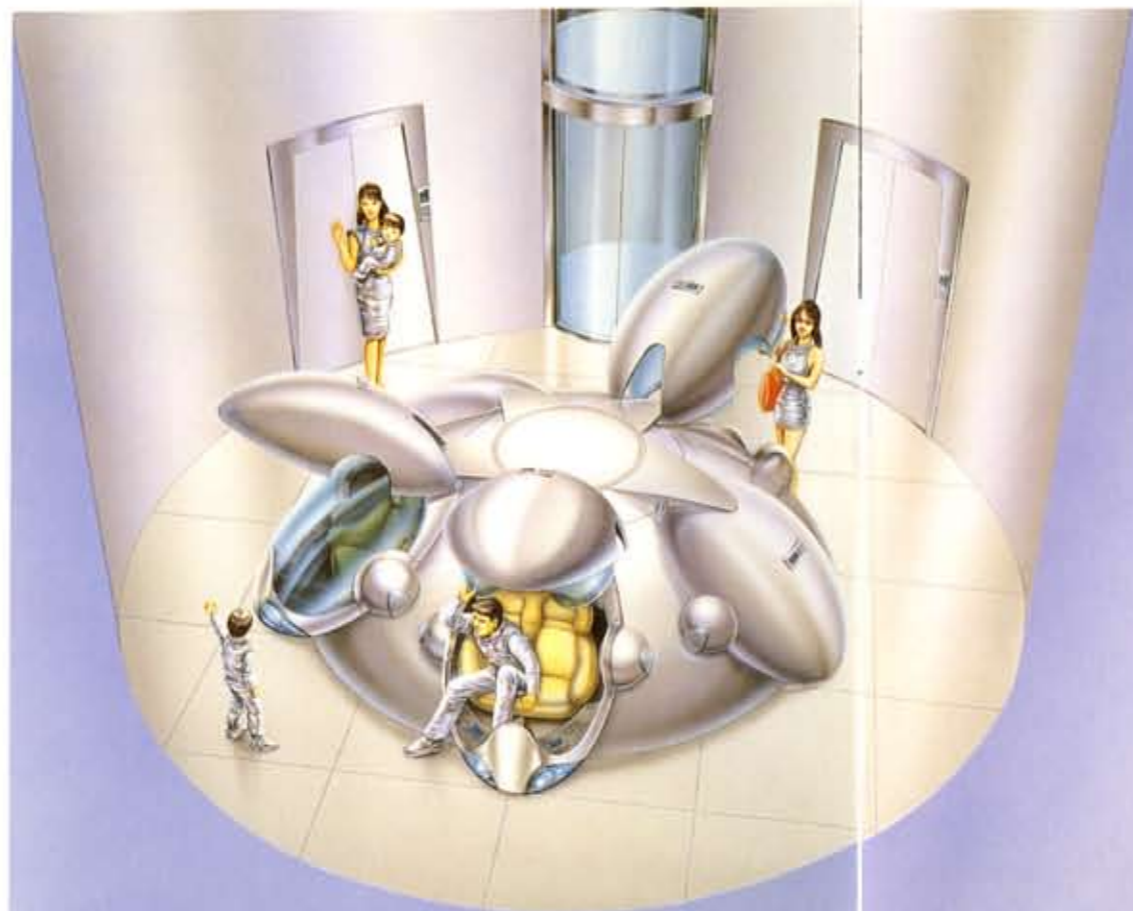
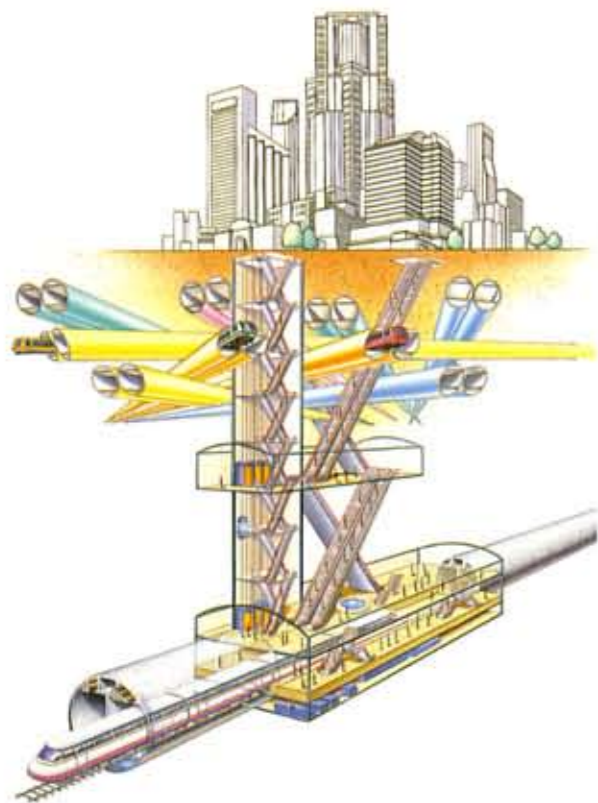
海に地下に、大深度地中連続壁工法

海洋開発やジオフロント（地下空間）開発の基礎工法として、大深度の地中連続壁工法が注目されている。

これは掘削機によって地中に掘った溝にコンクリートを打設し連続した地中壁を形成する工法で、連続壁内の土砂を排除してできる地下空間をLNG貯槽など多目的に利用することができる。掘削機や工法の改良によって、今日、壁厚3.2メートル、深度170メートルまでの大深度

施工が可能となっていることから、ジオフロント開発への応用が期待されている。

また、海上施工法も確立されており、海洋あるいは軟弱地盤での大規模構造物の基礎工法としてウォーターフロント開発にも威力を発揮している。



地下トンネル建設の主役、シールド工法

シールド工法は、都市の地下鉄や上下水道、共同溝工事においてすでに主役の座を占めているが、さらに機能・性能の向上が続いている。

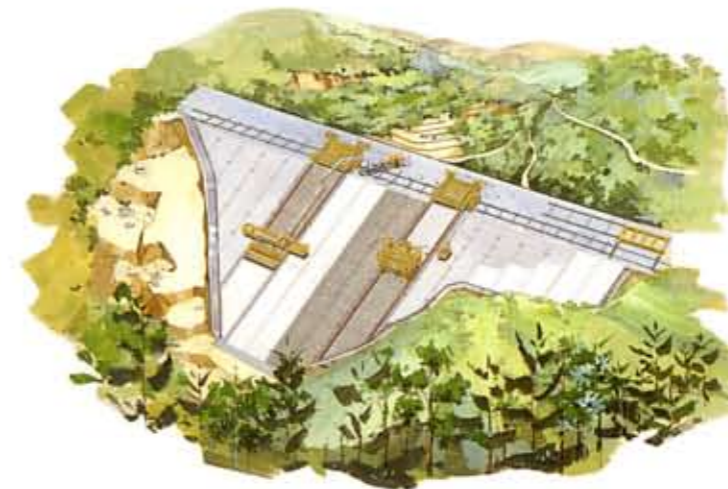
シールド工法は掘削機によって地中を掘り進み連続したシールドを形成する工法だが、都市部や住宅密集地域のトンネル工事には今日不可欠の技術となっている。しかも、都市地下空間の開発が進むにつれトンネルの形態や工事場面も多様化し、工法にもさまざまな機能が要求されるようになってきた。

たとえば、ミニ地下鉄の普及とともにトンネル口径が小形化した結果、より高度な施工精度が要求されるようになったのもその一つである。シールド機を計画線にそって正確に進めるためには、高精度な姿勢計測が要求される。そのため、レーザー光線を使った姿勢計測システムが開発されている。今後、計測制御技術の応用が進めば、曲線掘進や大深度地中での自動運転も可能になるだろう。

一方、大口径のトンネル掘進技術やシールド機を2連一体化して菌形のトンネルを掘る工法なども開発されている。

また、シールド工法をジオフロント開発に応用しようという研究も活発化している。たとえ

ば、地上の店舗は営業を続けたままシールド工法によって地下空間に基礎工事エリアを建設し地下から高層ビルを仕上げようという構想や、シールド機の自動運転によって大深度の地下に大規模な空間を建設しようという構想がある。いずれにしても、今後応用面での研究はますます活発化するであろう。



建設ロボットの開発は、まだ比較的導入しやすい分野での実用化が中心だが、危険作業を減らし人手不足に対処し安定した品質の施工を進めるために大きな期待がかけられている。

建設ロボットの開発がここに至るまで進展した背景には、建設業におけるエレクトロニクスや情報技術の蓄積が進んだことがある。コンピュータによる設計支援（CAD）や見積計算、あるいはコンピュータグラフィクスによるプレゼンテーションシステムの開発などもその一環である。建設業の情報化は今後急速に進むことが予想される。

開発化進む建設ロボット

建設業の施工現場では、従来施工環境や条件が複雑すぎてロボットの導入は困難とされてきた。しかし、ここに至るまで自走式の床仕上ロボットや外壁塗装ロボット、外壁診断ロボットなどさまざまな建設用ロボットの開発が本格化してきた。

