



ナノテクノロジーが描く未来空間

# 『FUWWAT 2050』建設構想

大林組プロジェクトチーム

F U W W A T  
2 0 5 0

ナノテクノロジーは未来を拓く技術といわれる。その未来において、建築はどのような姿をみせるのだろうか。極微の技術であるナノテクノロジーが、建築や人間の生活とクロスオーバーするとき、そこにはかつてない未知の世界が誕生する可能性がある。

本構想において、私たち大林組プロジェクトチームはナノテクノロジーを駆使して、未来の空間を創り出すことに挑戦した。それは、従来の建築の概念を超えて、基本計画からデザイン、構造、施工に至る全てのプロセスを一から考察しなおすことへの取り組みでもあった。

水平線から湧き上がる入道雲を眺めながら、僕はへそれへを待っていた。一八歳の夏。まだ自分の進路を決めあぐねていた僕の目には、白い雲も光る波もひたすら眩しく感じられた。

消波ブロックの無くなった砂浜が、自然の防潮堤となる小高い松林と並んで弧を描きながら岬までずっと続いている。麦わら帽子の下から汗がしたたり、目に入ったが、僕は瞬きするのも惜しんだ。

やがてへそれへは、岬の向こうの空中にゆつくりと姿を現した。「来たー!」あちこちでどよめきがあがる。「飛行船みたいだ」砂浜に並んだ小学生たちが口々に叫んだ。

「飛行船じゃない」僕は呟いた。「あれは君たちが暮らす街だ」

僕は、へそれへが何かを知っていた。その愛称のとおり、「ふわっと」空中に浮かぶ建物だ。全長六〇〇メートル、普通のビルにすれば二〇〇階建てにもなる巨体が横になった姿は、まるで宙を泳ぐクジラだ。いや、もっとずっと巨大で、それではないがらとてつもなく軽い。従来の建設

手法によるビルと比較すると、いま僕のほうへと向かってくる『FUWWAT2050』の躯体(構造体)の重量は、およそ一〇分の一に過ぎないのだ。

数十キロ先の街にあるスーパークリーン工場で、細心の管理のもとにナノテクノロジーを駆使して建設され、今日初めてその姿を現したのだ。工場の技術者である父から「空中に浮く建築」の話聞いていた僕は、その姿を自分の目でどうしても確かめたくて、早朝のリニア超特急ノアに乗ってやって来た。

朝日を浴びてキラキラ光るボディが、ぐんぐん僕たちのほうへと向かってくる。近づくにつれ、透明なボディと網目状のフレームとが空と雲を映し込みながら頭上に広がり、僕を圧倒した。当然だ、一つの街がそっくり頭の上にあるのだから。

スウィフトの『ガリヴァ旅行記』の一場面が、ふと脳裏をよぎる。ガリヴァが空中に浮かぶ島ラピュタと初めて遭遇したときも、こんな気持ちだったろうか。そういえばガリヴァは、ラピュタが磁力によって空中に浮遊していると語っている。現代でいえば超伝導リニアというところか。

いま僕の真上にあるのは、最先端のナノテクノロジーが生み出した超軽量・高強度の材料、カーボンナノチューブとセルロースナノファイバーが合体した巨大空間だ。

砂浜には、太さ二メートルほどの長い支柱が三本建っている。その先から伸びた細い六本のワイヤーが、『FUWWAT2050』の下降を待ち受けている。まもなくワイヤーがボディに接続され、地上三〇メートルの高さに設置される。その高さは、人々が海岸沿いでも安全に暮らせる街の建設をめざして想定されたものだ。

その街はまた、ナノセンサが僕たちの脳の信号を感知し、情報提供や温湿度調整を自動的におこなうニューロテクノロジーの街でもある。天井が呼吸し、壁が話をし、床が感じる街だとも聞いている。

僕が大学生になる二〇五〇年には、世界でも例を見ないナノマテリアルの都市空間が誕生する。それは太古のピラミッドから続いてきた建築の概念を、一変させるかもしれない出来事だ。その始まりとなる光景に目を見張りながら、僕は、自分がどんな道へと進みたいのかが少しだけ見えたとような気がしていた。

## 『FUWWAT2050』建設構想

SFをはじめとした未来社会を描いた作品には、早くからナノテクノロジーを駆使した建築が登場する。

たとえば、ブライアン・ステイブルフォードとデビッド・ラングフォードによる『2000年から3000年まで』(一九八七年)では、遺伝子処理されたバクテリアが砂や土を材料にして壁から屋根まで一体化した建物を構築していく。また、日本をモデルにしたと思われるウィリアム・ギブソンの『あいどる』(一九九七年)では、極微の虫たちが瓦礫を再構成して高層ビルを建ち上げていくイメージが描かれる。

極微のものが、人の手を要せずに自動的に建物を構築するアイデアは、どこから生まれたのだろうか。一つには一九七〇年代に始まる遺伝子工学やバイオテクノロジーの影響もあるが、もつとも大きな存在はK・エリック・ドレクスラーによる『創造する機械』(一九八六年)の発表だろう。ドレクスラーは著書の中で、原子や分子から何でも作り上げる「アセ

ンブラ」という分子マシンを想定した。分子マシンがナノレベルの精密さで物質を組み上げ、望みの製品を自動的に作り上げるという発想は、多くのSF小説や映画に強烈なインパクトを与えた。SFに登場する建築もまた、極微のマシンによって自動施工される日が来るだろうと考えられたのである。

私たち(大林組プロジェクトチーム)も当初、分子マシンの可能性について検討をおこなった。しかし、分子マシンはまだ概念上のものであり、生産される材料の機能や施工精度などに関する基礎データもないため、自由な想像はできないが信頼性の高い工学的検討は不可能に近い。

また、分子マシンが万能であり、どんなものでも作れるため、かえって未来空間のイメージが広がりにくい。そのためであるうか、SFに描かれる未来空間の多くは、私たちが手塚治虫の『鉄腕アトム』や真鍋博のイラストの時代からよく知っている、超高層ビル群と高架道路によつ

て構成される都市のイメージが多い。その源流は、フリッツ・ラング監督の映画『メトロポリス』(一九二七年)に描かれた摩天楼都市や、ル・コルビュジエの構想『輝く都市』(一九三〇年)などに求めることができるかもしれない。

それらは要約すれば、オーギュスト・ペレがパリに建設した「フランクリン通りのアパート」(一九〇三年)に始まる、鉄筋コンクリート造に由来するイメージだ。圧縮強度と引張強度を併せ持つ優れた建設手法である鉄筋コンクリート造の可能性を追求しつつ、未来都市の姿を想定したものだといえるだろう。

ナノテクノロジーによる未来空間も、はたして同じイメージの延長上にあるのだろうか。もちろん鉄やコンクリートも、ナノテクノロジーによって新しい機能を獲得し、新材料へと変化する可能性はある。

しかし、その一方でナノテクノロジーは「ブレイクスルーの技術」ともいわれ、製品のスタイルや内容、さらに製造方法





を一変させた。その典型はコンピュータだ。初期のプログラム内蔵コンピュータ(EDSAC)は真空管を三〇〇〇本も並べた巨大かつ大重量のものだったが、それがいまでは手のひらに軽々と載っている。しかも遙かに多くの記憶容量と、インターネットに代表される多様な機能を持つようになった。トランジスタの発明と、その後のナノテクノロジーによる半導体デバイスの超小型化・超軽量化が、コンピュータの魔法のような進化をなしたげたのである。

## 『FUWWAT2050』の概要

### 一 基本計画

#### ● 基本方針

建物(構造物)が空中に浮く、飛ぶという話は、少数ながら昔からある。日本のSFの祖ともいわれる『信貴山縁起絵巻』には倉が飛んでゆく逸話がみられ、『ガリヴァ旅行記』には飛島ラピュタが登場する。現代でも、建築家バックミンスター・フラーは浮力による空中都市「クラウド・ナイン」を発表している。

未来の建築空間も、ナノテクノロジーの洗礼を受け、現在では思いもよらない姿かたちをとる可能性がある。私たちが経験したことのない施工方法が誕生するかもしれない。

私たちは発想を切り替え、ナノテクノロジーが新しい建築のスタイルを創造する可能性について検討を重ねた。その羅針盤となったのは、最先端の材料「ナノマテリアル」である。とりわけ繊維系のナノファイバーは日本が得意とする材料で、半導体デバイスから日用品まで実用

そうした夢のような話に、ナノテクノロジーが現実味を与え、工学的な検討の対象へと近づきつつあるといえるだろう。

本構想では、空中に浮く建築をベースに、ナノテクノロジーによって実現されるであろう未来空間のあり方を探求した。その際、私たちが考え方の基本としたのは、ナノテクノロジーによって発見、開発された次のような材料及び機能である。《超軽量・高強度》

新しい未来空間を考察する上で注目さ

化されているものも多いが、また未来へつながる材料として期待されているものも少なくない。それらの中から、建設材料として興味深いものを探索した結果、私たちはカーボンナノチューブとセルロースナノファイバーに注目した。

この二つのナノファイバーを活用することで、新しい建築概念と構造システムをもつ未来空間を構想した。それが空中に浮く都市空間『FUWWAT2050』である。

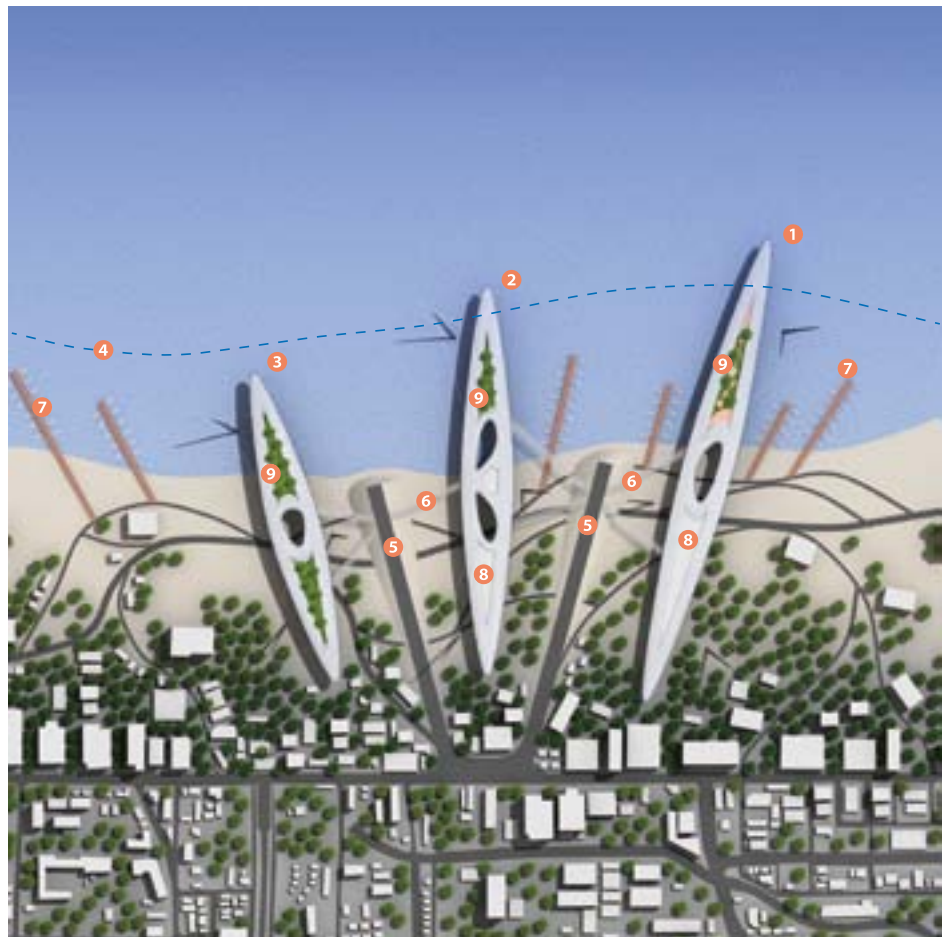
れるのが、超軽量・高強度のナノマテリアルの存在だ。その典型が、カーボンナノチューブとセルロースナノファイバーという繊維素材である。どちらも鋼鉄と比較すると、非常に軽く、引張強度に優れている。そうした新機能を最大限に活かすことで、空中に浮く未来空間の発想が生まれた。

《超小型・高精度センサ》

ナノテクノロジーは、超小型かつ高精度のセンサを実現させた。エレクトロニ







- 1 業務・商業施設棟
- 2 病院・公共サービス施設棟
- 3 住宅棟
- 4 2013年頃の海岸線の位置
- 5 スロープ
- 6 ブリッジ
- 7 ヨットハーバー
- 8 ヘリポート
- 9 屋上庭園

- 住宅棟  
(居住人口約一七〇〇人)  
長辺四〇〇m、最大幅六〇m  
総床面積(三層)三五〇〇〇㎡  
上部に屋上庭園を設置
- 病院・公共サービス施設棟  
(就業人口約二〇〇〇人)  
長辺五〇〇m、最大幅五〇m  
総床面積(三層)四〇〇〇〇㎡  
上部にプール、ヘリポートを設置
- 業務・商業施設棟  
(就業人口約二八〇〇人)  
長辺六〇〇m、最大幅五〇m  
総床面積(三層)五八〇〇〇㎡

クスや医療分野を中心に各種センサの実用化が進んでいるが、建設においても超薄膜ナノセンサの活用により、高精度の自動化施工が可能となる。また、ナノセンサは制振システムや各種設備機能と連携し、建物全体の快適性や安全性を緻密に制御する総合管理システムの基軸ともなる。

《多機能性・高機能性》

ナノマテリアルには、多機能かつ高機能のものが多く。たとえばカーボンナノチューブは超軽量・高強度であるだけでなく、電導体や半導体としても優れた性質をもつ。それは構造材でありながらディスプレイ(タッチスクリーン)や照明にもなるというように、一つの部材が複数の機能をもちうることを意味している。そうした多機能性・高機能性は、セルロースナノファイバーも同様である。しかもナノマテリアルの場合、極薄の部材に複数の機能が内蔵されるので、室内空間や設備機器のイメージは現代とはまったく異なるものとなる可能性が高い。

● 立地とメリット

『FUWWAT2050』を建設するならば、どのような場所がふさわしいだろうか。

うか。

本構想では、空中に浮くという利点を活かす場所として、日本の多くの都市が位置する沿岸部を想定し、建物は地上三〇メートルに設置するものとした。建物の高度は、地球温暖化による海面上昇や高潮、地震と連動した津波への対応を考慮したものである。

地球規模での海面上昇は、IPCC(国連・気候変動に関する政府間パネル)の第四次報告(二〇〇七年)を基にした諸研究から、二一〇〇年までに一〜二メートルの上昇が予測されている。また短期的には、暴風雨の強大化による高潮が懸念され、ニューヨークズ(二〇〇五年)やニューヨーク(二〇一二年)ではハリケーンによる大規模な水没被害が起きている。さらに津波については、スマトラ地震(二〇〇四年)や東日本大震災(二〇一一年)では、高さ一〇メートルを超える規模のものが報告されている。

日本では東京や大阪をはじめ多くの都市が沿岸部にあり、人口の二割が標高五メートル以下の地域で暮らしている。そのため将来にわたり、沿岸部でいかに安全に暮らすかが、長期的かつ重要なテーマとなるだろう。本構想は、その対策と

なる一つの提案でもある。

また、建物を上空に設置することは、防波堤や消波ブロックなどの施設の縮減を促進し、自然の砂浜の再生にもつながる。後背地の高潮・津波対策を兼ねた小高い防潮林を造成することで、かつての白砂青松の景観を取り戻す契機ともなるだろう。

● 建物の形状

『FUWWAT2050』の形状は、海浜部における風の影響などを考慮し、紡錘形状(葉巻型)とした。

一般に、風の抵抗は高度が上昇するほど強くなる。地上三〇メートルから五〇メートルに位置する『FUWWAT2050』は、高さ三〇メートルの超高層ビル最上部と比較すると風の抵抗(風圧)は半分程度になる。

また、海浜と直交方向の長軸をもつ(海に向かって突き出した)紡錘形状を採用することで、風の抵抗を最小限に抑えることが可能となる。さらに横風などによるねじれに対しては、後述するキールトラスによって構造補強をおこなうものとした。

● 建物の構成と規模

『FUWWAT2050』は、三棟で一つの街(街区)を構成する。福祉・医療を

心に、「業務・商業施設棟」と「住宅棟」が並ぶ街だ。

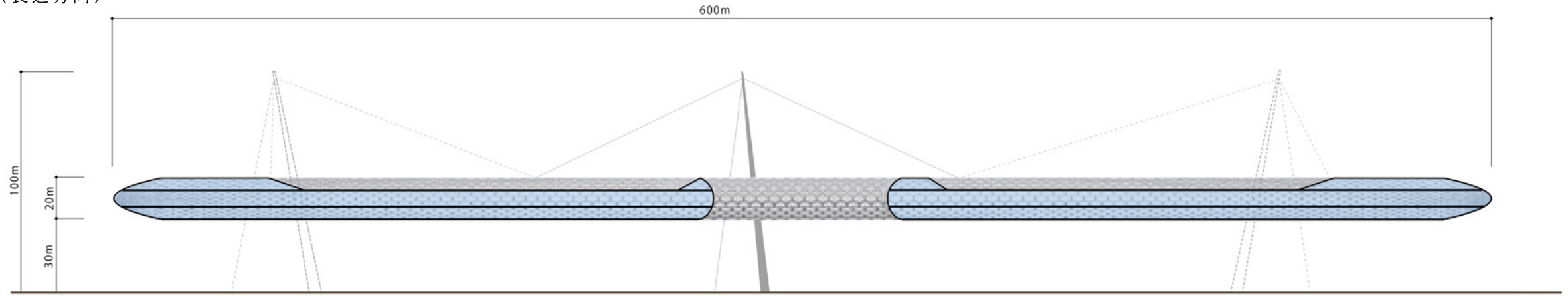
各棟とも内部は三層構造(三階建て)とし、内部の移動は基本的に徒歩とするが、上下方向の移動用にエレベータを設置し

た。また、既存市街地とのアクセスは、利便性や景観への配慮からゆるやかなスロープとブリッジでつなぐ形式とした。住宅棟の居住者については、高潮や津波などの緊急時、とくに夜間緊急時における避難弱者(高齢者、障害者など)を優先するが、一層ごとに広い面積を確保し、周辺地域からの多数の避難者の収容を可能とした。

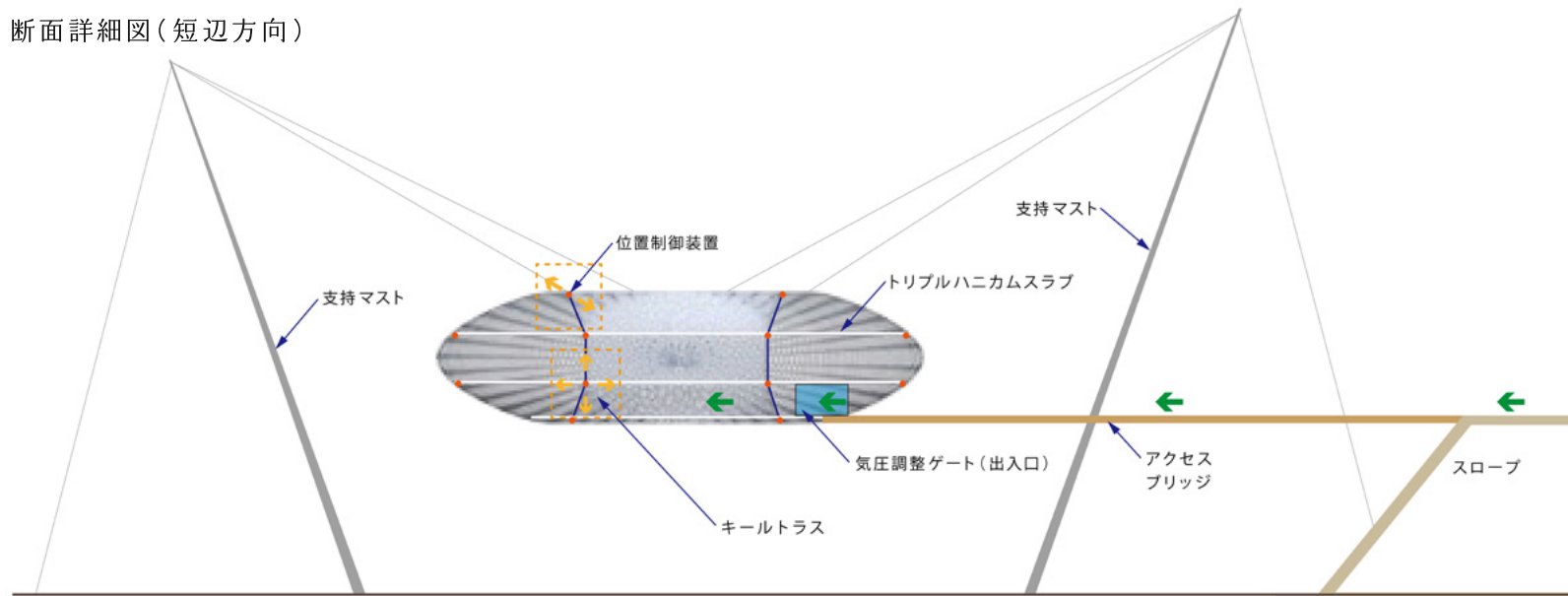
また、日常生活における快適性、安全性を図るため、各棟の上部は開放空間(屋外)とし、庭園、プール、ヘリポートなどの施設を設置した。



断面図(長辺方向)



断面詳細図(短辺方向)



## 一 構造計画

### ● 基本構造と材料

古代エジプトのピラミッドから現代の超高層ビルまで、建築構造の基本は下から積み上げる方式である。しかし、ナノマテリアルの開発によって、将来的には大きな変化が生じる可能性がある。その試案として、空中に浮く建築の構造についての検討をおこなった。

本構想では、超軽量・高強度のナノマテリアルを活用することで、従来の建築ではみられない特殊構造「膜構造(本体)+サスペンション(吊り)構造」を想定した。本体をセルロースナノファイバーの空気膜とカーボンナノチューブの構造材(フレーム)で構築し、カーボンナノチューブのワイヤーで吊り、空中に設置、安定させる構造である。

### ● 建物本体の構造

#### 《外装材(屋根を含む)》

建物本体の空気膜に想定したセルロースナノファイバーは、植物由来のマイクロファイブリル(ナノ繊維状構造をもつ物質)である。樹木のみならず木片や稲わら、海藻などからも採取、製造できる豊富な持続型資源だ。

ナノマテリアルとしては、超軽量(鋼鉄の五分の一)、高強度(鋼鉄の五倍)、低熱膨張性(ガラスの五〇分の一)などの優れた特徴をもっている。また、透明性が高く、耐久性もあるので、巨大な生活空間を構築する空気膜には最適ともいえる。

本構想では、セルロースナノファイバーを芯材とした多層空気膜により本体の外装を形成し、その自重に対し、均衡する内圧(大気圧の約〇・三%)をかけて内部空間を保持する。

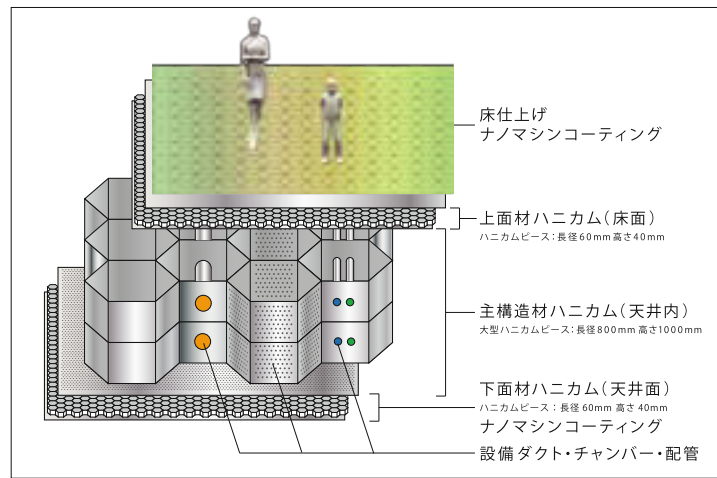
#### 《構造材》

建物本体の構造材となるカーボンナノチューブは、炭素繊維のナノマテリアルである。超軽量(鋼鉄の六分の一)、高強度(引張強度は鋼鉄の三七五倍)、高剛性(ヤング率は鋼鉄の四・三倍)などの特徴をもち、空中に浮く建築にはもつとも適

した構造材だといえる。また、前述したように導電性や熱伝導性にも優れ、一定のナノサイズ以下になると半導体にもなる性質をもつことから、幅広い活用範囲が期待されていて、未来空間の形成にも大きな影響をもつ材料である。

本構想では、多層空気膜の外側を、カーボンナノチューブで形成したハニカム状のフレームで覆う構造形状とした。また、三層の床(スラブ)は、高強度で耐熱

トリプルハニカムスラブ





性にも優れたアラミドハニカム（ハニカム形状に組んだアラミド繊維）をベースにした構造とした。（トリプルハニカムスラブ）

さらに、本体の背骨に相当する部分には、カーボンナノチューブのキールトラス二対を全長にわたり組み込み、構造補強とした。これは後述するように本体を吊るワイヤーの本数が少なく、本体との接続点（支持点）間が長スパンになることを考慮し、鉛直方向の剛性を高めるためである。キールトラスにはコンピュータ制御の制振装置（可変減衰性の粘性ダンパー）を設置し、構造材に埋め込んだナノセンサ・タグと連携して微妙な床の揺れにも対応できるシステムを導入した。

これらナノマテリアルによる構造体（空気膜、フレーム、スラブ、キールトラス）と、内部の施設、設備などを含めた総重量（積載重量を除く）を試算すると、最大規模の業務・商業施設棟で三四八〇トン（構造荷重二九〇〇トン、仕上げ・設備荷重五八〇トン）となる。ちなみに現代の同規模のビルでは、約三〇〇〇〇トンに及ぶ。

### 三 建築計画

#### ●建物本体について

基本計画及び構造計画で示したように、建物本体はセルロースナノファイバーを芯材とした多層空気膜による外装と、ハニカム構造により一定のテンションをかけたカーボンナノチューブのフレーム（構造材）により構成する。

このうちの多層空気膜については、次に示す六層のフィルム（ナノ複層フィルム）で構成するものとした。

#### 1 低汚染コーティング層

高分子素材の開発により、スーパーバイオミメティクス（次世代生物模倣技術）が促進されつつある。風雨や塵埃にさらされる第一層には、サメ肌などの自然ナノ構造に由来する低汚染技術を活用し、メンテナンスフリーとした。

#### 2 量子ドット太陽電池層

建物の表面積が大きいことを利用し、エネルギー変換効率の高い量子ドット太陽電池を空気膜のほぼ全面に配置する。

#### 3 セルロースナノファイバー層

一定の剛性をもつ透明層で、多層空気膜の骨格となる。

#### 4 ナノエア断熱層

#### ●支持構造システム

建物本体を空中に設置するための支持構造については、鉛直荷重システムと水

#### 《鉛直荷重システム》

建物本体の支持には、カーボンナノチューブの支持マスト（支柱）と高強度ワイヤーによるサスペンション構造（吊り構造）を採用した。

完成時の本体総重量（業務・商業施設棟。積載重量込みで、約一四〇〇〇トン）を前提とし、カーボンナノチューブの力学的性質（密度一・三グラム／平方センチメートル、引張強度一五〇ギガパスカル、ヤング率〇・九テラパスカル）を基に、必要とされる支持マストとワイヤーの形状や本数、吊り上げ角度などを検討した。

その結果、支持マストは直径約一メートル（全断面カーボンナノチューブ）のものを三本とした。また、支持マストは一定の角度に傾斜させ、マスト頂部と地面とを繋結するワイヤーをテンション材（張材）とすることで、圧縮力のみを作用させる形式とした。

ワイヤーは直径約三センチメートルのものを各支持マストに二本ずつ設置し、

本体上部の支持点に接続する（吊り上げ角度三〇度）。つまり、三本の支持マストと六本のワイヤーにより、積載重量込みで一四〇〇〇トンに及ぶ建物を空中で支持する構造となる。

ワイヤーは非常に細く、図では便宜上示してあるが、実際には遠方からは見えない可能性もある（ちなみに現代の吊り構造の長大橋に使用するメインケーブルは、ワイヤーを数万本束ねた構造で直径は一メートル超）。

#### 《水平荷重システム》

建物本体は空中にあるため、風や地震などにより水平方向の揺れを生じやすい。その対策として、建物の二カ所にアクセブリッジを接続して構造上安定した平面トラスを構成し、水平方向の揺れ止めとして機能させることで安定性を高めた。

また、ブリッジ内部にも揺れをコンピュータ制御する装置（可変減衰性の粘性ダンパー）を組み込み、ナノセンサ・タグと連動する制振システムを導入した。これにより地震時や強風時の揺れを、二分の一以下に低減することができる。

超薄膜のディスプレイや照明、各種センサーをフィルム化し、建物内の情報伝達や環境整備をおこなう。

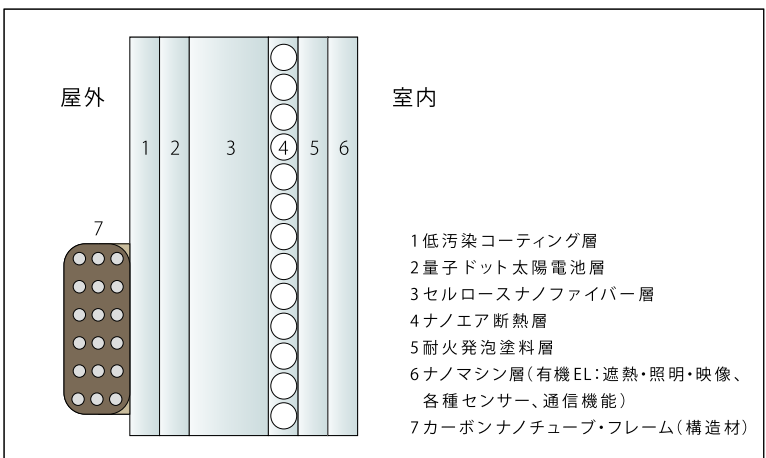
#### ●ナノ空間の設備

基本方針で指摘したように、ナノマテリアルの特性の一つは多機能かつ高機能という点だ。その特性を活用すると、構造材と設備機能がフィルム状に一体化した空間が可能となる。現代の空間では、設備や装置は基本的に構造材とは別のものだが、ナノテクノロジによる未来空間では天井や壁、床そのものが発電し、呼吸し、温度を調節し、情報をやり取りし、映像や音楽を提供するだろう。

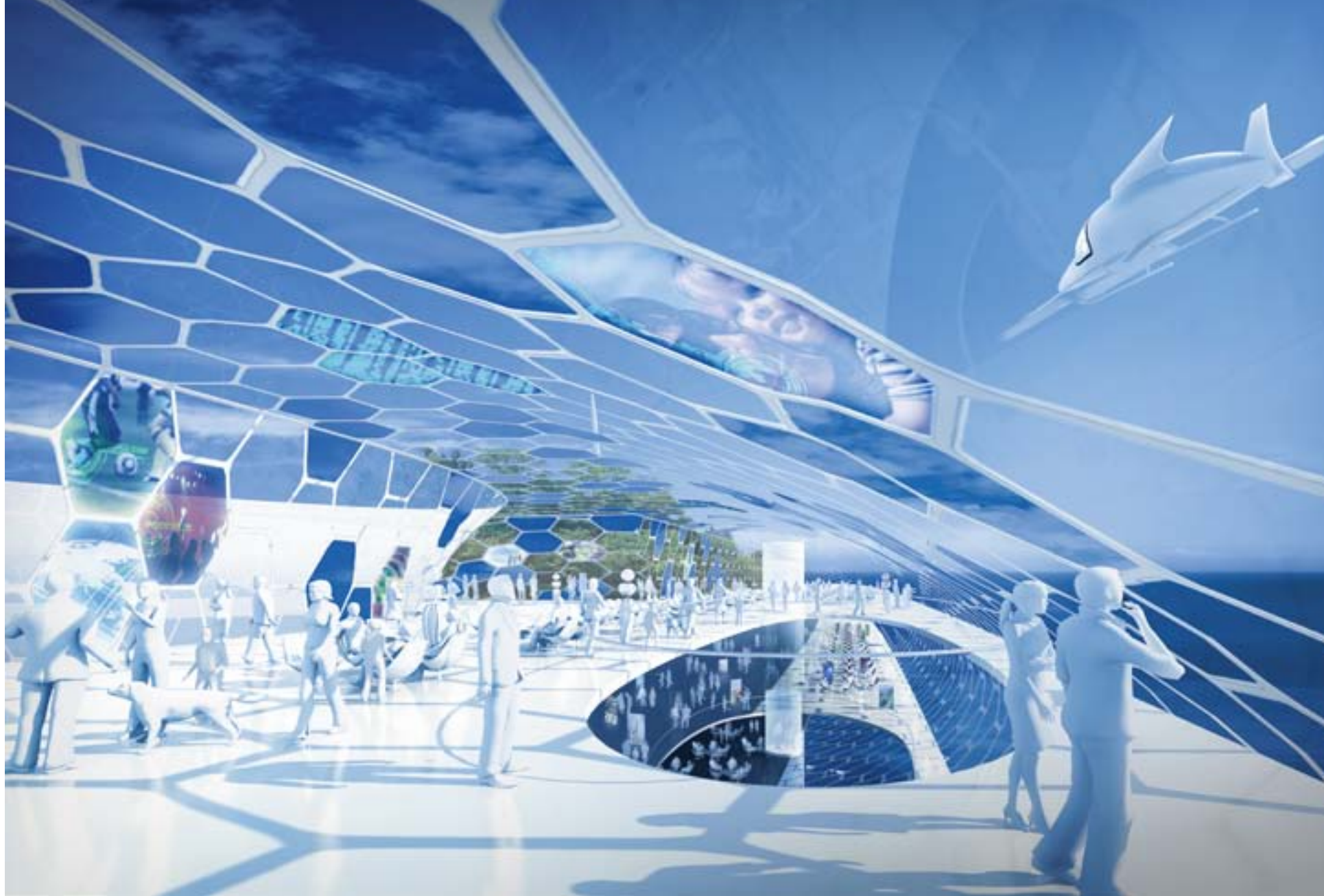
本構想においても、そうした例として、カーボンナノチューブのフレームにナノレベルの自動弁（空気孔）による換気機能と、必要に応じて自動点滅する有機ELの薄膜スポット照明機能を組み込んだ。また、床にはスポット室温調整機能をもたせ、人ごとの条件（体温、好み、作業内容など）に応じた細やかな対応をおこなうものとした。

さらに設備や装置の操作システムには、ブレイン・マシン・インターフェイス（BMI）を導入した。これは脳神経系の

外装材断面構造







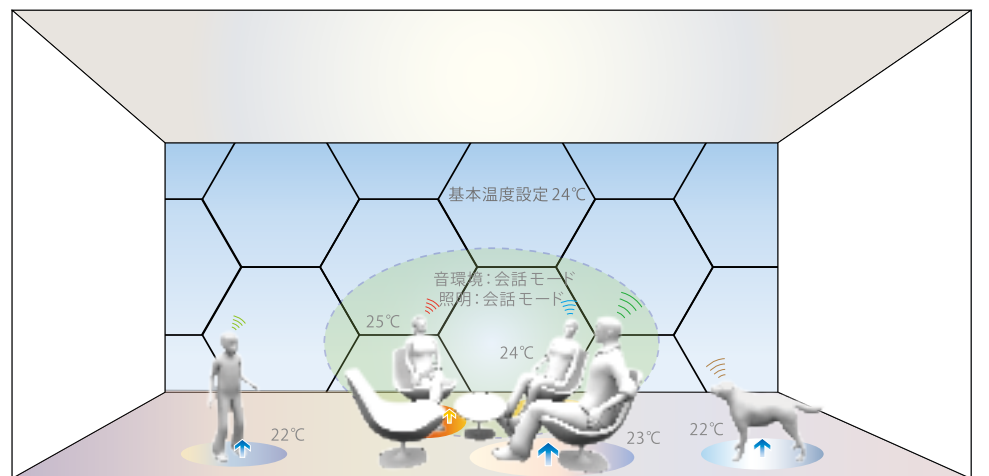
電気信号をナノセンサで感知しマシン（機器）と連動させる技術で、たとえば言葉や指を使わなくても人やコンピュータと会話ができたり、帰宅した人がドアを開く意思を示せばロックが解除されたりする仕組みである。こうしたニューロテクノロジー（脳神経系の計測・インターフェイス技術）がどこまで浸透するかは不明だが、すでに人工の神経回路による研究なども始まっている。

一方、エネルギーや上下水道などのインフラ設備にも、ナノテクノロジーによる新しいシステムを導入する。

エネルギーについては、外装材の空気膜に配置した量子ドット太陽電池による供給を原則とした。量子ドット太陽電池

は、電子を閉じ込めた極小の粒（ドット）を薄膜の半導体に散りばめたもので、エネルギー変換効率が非常に高い。現在のシリコン太陽電池は上限約三〇%とされているのに対し、量子ドット太陽電池は理論計算上七五%以上にもなる。将来的には変換効率が八〇%になることを前提に、エネルギーはすべて自給自足できるものと想定した。

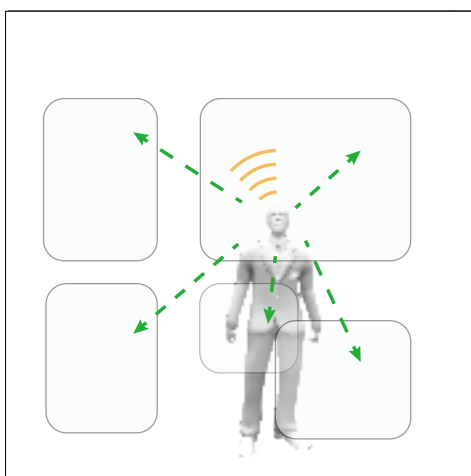
また、上下水道については、現在あるナノ構造をもつ中空浸透膜がさらに進化することで、雨水や海水、汚水の浄化・貯留が容易になるだろう。外装の空気膜や床材そのものに浄化・貯留機能をもたせることで、建物内の給排水はまかなえるものと判断した。



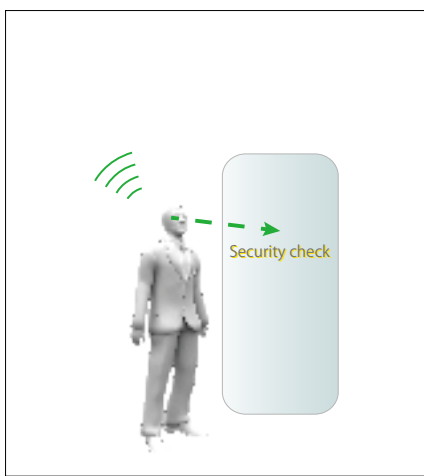
◎室内環境（パーソナル最適化調整）

- 天井照明 空間全体のベース温度に加え、滞在者のパーソナル情報（好み、位置など）に応じて最適化する
- 室温 空間全体のベース温度に加え、床面の輻射パネルにより、滞在者のパーソナル情報（好み、体温、位置など）に応じて最適化する
- 音響 周囲の騒音や残響を逆位相音などにより調整し、個人の利用目的（会話、読書など）に応じた最適な音環境を提供する

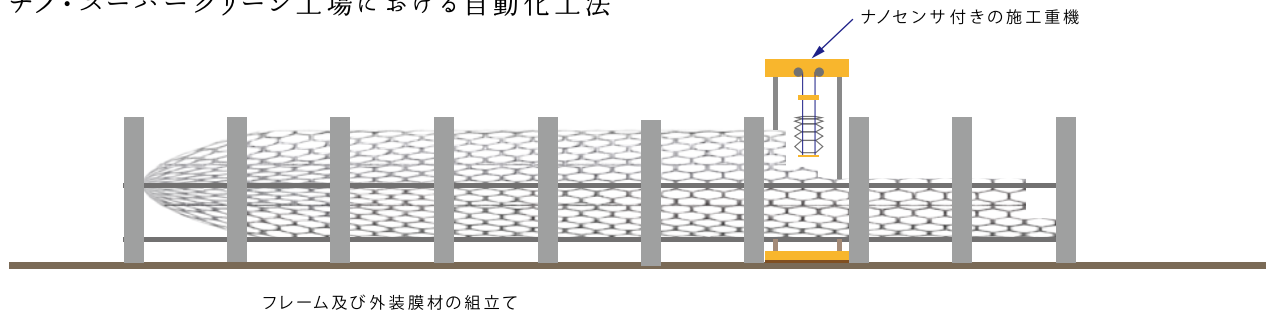
◎どこでも情報画面  
あらゆる場所で、BMIにより必要とされる情報画面が表示される



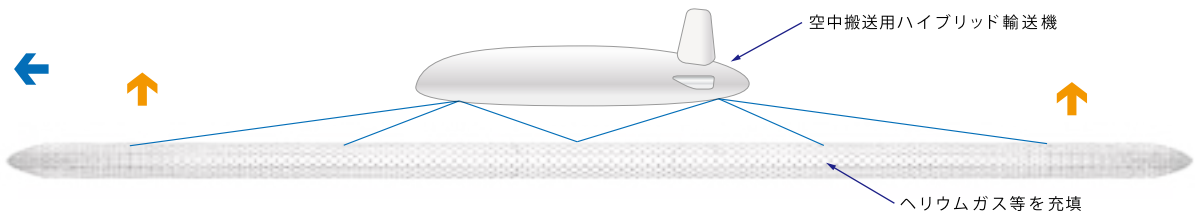
◎キーレス・オートドア（出入り口）  
用途に応じたセキュリティレベルが設定され、BMIにより自動開閉する







浮力を利用した空中搬送



## 四 施工計画

### ● 施工の基本方針

ナノテクノロジーは、施工方法にも大きな影響を及ぼす。

まず建設全般については、次のような変化が考えられる。ナノマテリアルには高精度のものが多く、接合や組み立てにも高い精度が要求される。とくに将来、ナノレベルでの分子接合技術などが必要となる可能性もある。また、ナノセンサやナノマシンの進歩により、高精度・高効率の自動化施工が大幅に進展する可能性も高い。

一方、施工現場においても、部材の軽量化などにより建物の積み上げ加工（リフトアップ加工）やクレーンによる部材運搬が減少し、仮設（足場）も最小限のものとなる。また、ナノセンサの導入により重機の動きがソフトになり、かつ小型化することなどから、低騒音施工が可能となる。その効果で二四時間施工ができるようになれば、周辺への影響の軽減や工期の短縮化も進むだろう。

では、本構想の場合はどうなのだろうか。部材は軽量だが、波打ち際での空中施工は困難をともなう。しかも、楕円形の断面をもつ長大な構造物であるため、現場

ですべての施工をおこなうには大掛かりな仮設が必要となる。

これらの点を総合的に検討した結果、ナノテクノロジーの未来空間にふさわしい斬新な施工方法を立案した。

本体主要部（多層空気膜の外装及びフレーム構造体など）は厳重に管理された工場内で自動施工し、その後現地まで空中搬送して所定の位置に設置し、構造補強や内装、設備関係などの仕上げ工事をおこなう方法である。これによってナノレベルの施工精度を維持できると同時に、現地での工程を大幅に簡略化することができる。

### ● ナノ・スーパークリーン工場での自動化施工

『FUWWAT2050』の本体主要部は、ナノレベルでの施工精度を確保するため、クリーンな環境下の工場内で自動化施工をおこなう。

現在、半導体製造ラインやナノテクノロジー研究施設などでは、塵埃量を最小限に抑えたスーパークリーンルームが適用されている。本構想の本体主要部の施工においても、とくに部材のナノレベルでの接合・接着などの工程には塵埃量の少ない室内環境が必要と考え、ナノ・スーパークリーンルーム（多層空気膜、フレーム、キールトラス、ハニカム床材などの一部）としたが、十分に可能な範囲と判断した。

現地への搬送後、建物本体を、あらかじめ建造しておいた支持マストとワイヤー、アクセスブリッジに接続した後、構造補強や内装、各種設備などの仕上げ工事をおこなう。これらは空中での作業となるので、キールトラスの位置制御装置やアクセスブリッジの制振装置により風や地震の振動対策をおこないつつ、ナノタグによる高精度自動施工を進めるものとした。

### ● 作業を終えて

SFの世界では、しばしばナノマシンの反乱によって人類が苦境におちいるという設定がみられる。そこに登場する建物も、支配の象徴であったり、破壊の対象であったりするケースが多い。

しかし、ナノテクノロジーの進歩の方向性を眺めるとき、未来の空間はもっと明るく、快適なものになりえるはずだ。原子や分子、あるいはDNAを扱うことには、たしかに危うさともなうが、その一方でiPS細胞のように人類に希望をもたらすものも少なくないのである。

私たち大林組プロジェクトチームも、快適性や安全性の視点から未来空間を提

ラインルームをもつ工場を想定した。

また、外装材や構造物には、すべての部材に位置情報などを発信するナノタグを印刷し、ナノセンサ付きの施工重機を使って、ホストコンピュータによる一元管理の下で自動化施工をおこなう。これにより接合や組み立てなどの施工精度が高まるだけでなく、品質管理や出来高管理などをスムーズにおこなうことが可能となる。

### ● 建物の空中搬送と現地施工

ナノ・スーパークリーン工場で建設される本体主要部は、超軽量のナノマテリアルの効果で、最大規模の業務・商業施設棟（全長六〇〇メートル、最大幅五〇メートル、三層）でも構造物の総重量は前述したように二九〇〇トンときわめて軽い。

本構想では、超軽量かつ高強度であることを活かし、構造物がある程度できた時点で、工場から現地まで空中搬送する方法を採用した。

具体的には、建物本体に内圧をかけて飛行船のように膨らませ、内部空間にヘリウムガス等を注入したうえ、ハイブリッド輸送機で牽引して現地まで搬送する方法である。空中搬送する重量は約五〇〇トン（多層空気膜、フレーム、キール

案したいと考えつつ、作業を進めた。

また、ナノテクノロジーは、建設にとりまなう諸環境（騒音や振動、粉塵など）を改善し、さらに防災や省エネルギー、労働環境の向上などに寄与するものでもある。建物のみならず、建設事業全般のあり方やイメージを変える可能性についての知見を得たことは、大きな成果であった。

その一方で、建設とナノテクノロジーの出会いはまだ始まったばかりであり、ナノマテリアルの具体的な性質や機能、さらに接合・接着技術などについては未知の部分も数多くあった。実用化の進むエレクトロニクスや医療などの分野と比較すると、これからブレイクスルーとなる材料や技術が開発される可能性もあるだろう。

それだけに本構想が、建設とナノテクノロジーを結びつけ、未来空間へと思いをはせるきっかけになってくれればと願っている。

大林組プロジェクトチーム  
 建築本部 葛西秀樹  
 技術本部 淵田安浩、原嶋寛、藤岡大輔  
 設計本部 江村勝  
 東京本店 建築事業部 田辺潔  
 大林デザインパートナーズ 金久保友子  
 （作図）