

超高層ビルの 環境共生への取り組み

東京都心に次々と超高層ビルが建設されている。それぞれのビルでは環境との共生を目指し、個性ある取り組みが見られる。そこには最新の建築技術の提案が多く盛り込まれ、鉄鋼材料も様々な形で関わっている。地球環境保護、省エネルギー、自然環境との共生など、ビル建設や地域開発における環境への配慮の度合いはますます重要視されるようになっていくことだろう。



六本木ヒルズ内のビル屋上に作られた空中庭園

都市の風景を変えるビル群の出現

都会の景色は変わりやすい。特に東京では、最近数年で街の風景は、以前とは全く違うものになった。2002年から2003年にかけて、東京都心では高さ150mを超える超高層ビルが次々と完成している。丸ビルや六本木ヒルズのオープンが大々的に報じられたのは記憶に新しい。一方で、オフィスビルの供給過剰による、いわゆる「不動産の2003年問題」が懸念されている。

日本経済が高度成長期に入り、都市部への人口や機能の集中化が進むと、建築の高密度化は社会的な要請となり、それまでの建築基準法による高さ制限31m(100尺)が1963年に撤廃された。1968年に日本初の超高層ビルである霞ヶ関ビルが完成し、1970年代は超高層ビルが日本一の高さを競って数多く建設された。

超高層ビルが一般的になると、今度はビル風、日照障害、電波障害などの周辺地区への影響や、交通インフラへの負

荷などの問題が指摘されるようになった。またビルの機能として、生活利便性の向上や、インテリジェント化、事務所と商業施設などの複合化などが図られるようになった。

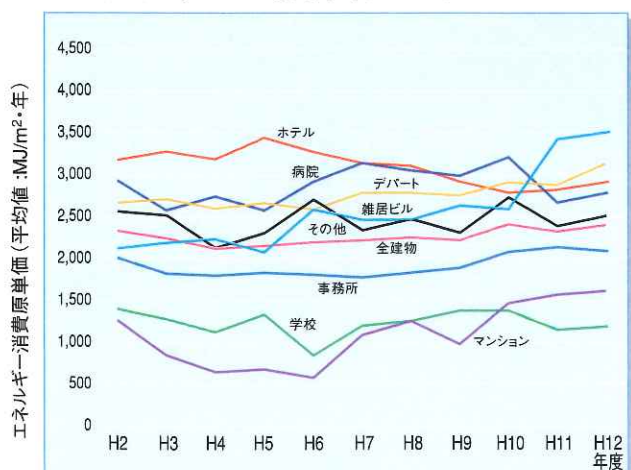
このように超高層ビルは、それまでの高さの競争の時代から、快適な空間やすぐれた機能の提供、商業的な付加価値、地域や社会への効果など、いわば「ビル品質」を問われる時代へ入っていった。

「環境への取り組み」は高層ビルの課題

そして現在、超高層ビルの計画、設計で重要な課題となっているのが環境に配慮した取り組みである。

地球環境問題は、1980年代から世界的な議論が始まった。日本ではオゾン層保護や省エネルギーを図る法整備が進められ、1998年に「特定物質の規制等によるオゾン層の保護に関する法律(オゾン層保護法)」「地球温暖化対策の推進に関する法律(地球温暖化対策推進法)」が公布された。日本建築

■建物用途別エネルギー消費原単位の比較



(注) H2～9まで電力熱量換算値: 2,250kcal。H10以降電力熱量換算値: 2,450kcal

(「建築物エネルギー消費量調査報告書」)

(社)日本ビルエネルギー総合管理技術協会、平成13年3月より)

学会は、1997年に「地球環境行動計画」を策定し、同年、「気候温暖化への建築研究分野での対応」として、新築建築での生涯CO₂排出量30%削減、建築物耐用年数の3倍(100年)延長を目指す、という声明を発表した。

省エネルギーに関する法律としては、石油ショックを契機に1979年に制定された「エネルギーの使用の合理化に関する法律(省エネルギー法)」があるが、1999年にはそれ以前の基準と比較してエネルギー消費量がおおむね10%低減されるように基準が強化された。2002年には、これまで製造業等5業種の工場に限定されていた第一種エネルギー管理指定工場の指定が全業種に拡大され、事務所用ビルなどが新たに対象となり、エネルギー消費の大幅削減が求められるようになった。

例えば、事務所用ビルの一次エネルギー*消費には空調用、照明・コンセント用、給湯用などがあり、平成12年度の年間総消費量(平均)は2,091MJ/m²と試算されている((社)日本ビルエネルギー総合管理技術協会「建築物エネルギー消費量調査報告書」平成13年3月より)。実際は、これに建築完成後に持ち込まれる物のエネルギー消費が加わる。オフィス空間の快適性を高める設備や24時間稼働の情報通信機器などがそれに相当し、これらの設備や機器の増加に伴って、エネルギー消費量は年々増大しており、その対策が求められる。

自治体でも、建築の環境配慮を求める動きが起っている。例えば東京都では、2001年に「東京都環境確保条例」が施行され、これに基づく「建築物にかかる環境配慮の措置」の中で環境に配慮した取り組みを示す環境計画書の提出を求めている。これは、延床面積が1万m²を超える建築物の建築主に対し、省エネルギーや自然エネルギー利用、省資源などの取り組みを示す環境計画書を提出すること、工事完了後に完了届出を行うことを義務付けたものである。この中に挙げられた項目内容から、建築に求められる環境配慮の具体的な対策が

■東京都の建築物環境計画書項目

分野	項目	細目
エネルギー使用の合理化	建物の熱負荷抑制	建物配置、外壁・屋根の断熱、窓部の熱負荷抑制
	自然エネルギー利用	自然エネルギーの直接利用
		自然エネルギーの変換利用
	省エネルギーシステム	空調設備・機械換気設備・照明設備・給湯設備・エレベーター
		最適運用のための計量と運用システム
資源の適正利用	地域省エネルギー	地域冷暖房
		その他
	エコマテリアル	再生骨材などの利用
		混合セメントなどの利用
		リサイクル鋼材の利用
自然環境の保全	オゾン層保護など	その他のエコマテリアルの利用
	長寿命化対応	断熱材用発泡材
		空調用冷媒
		改変・改善の自由度の確保
		構造躯体の劣化対策
		短寿命建築の建材再利用など
	水循環(1)	雑用水利用
	水循環(2)	雨水浸透・雨水流出抑制
	緑化	緑の量の確保
		動植物の生息・生育環境への配慮
外部環境の熱負荷緩和		地上面の被覆対策
		建物表面の被覆対策

(東京都環境計画書「取組・評価書」より作成)

おおまかに把握できる。東京都の例では、地球環境保全や都市のヒートアイランド現象への対策が特徴的である。

最近東京に建設されている高層ビルは、地域開発の中核であり、同時に地域のランドマークの役割を担っている。最新の技術を駆使した多角的な環境共生の取り組みは、ビルの魅力を高めるとい意味からも注目されている。

ビルの歴史を支える耐震技術 丸の内ビルディング

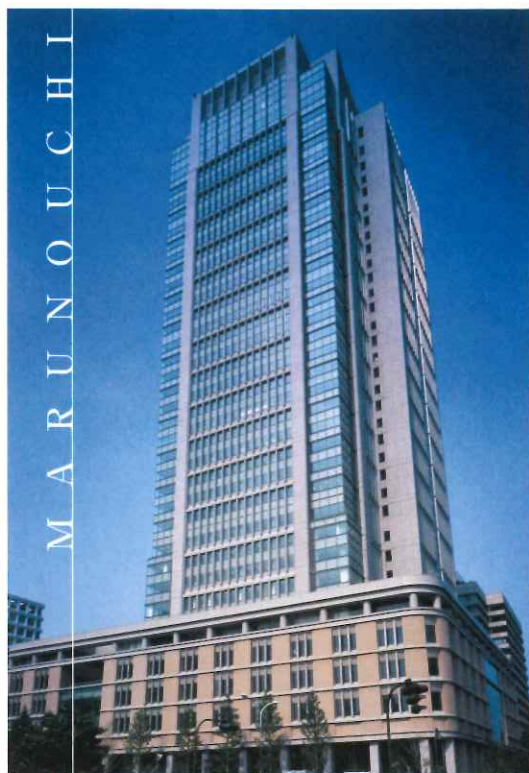
丸の内は、首都東京を代表するオフィス街である。ここに1923(大正12)年、当時の先端をいく高層ビルとして旧丸の内ビルディングが誕生した。その後70数年を経て、ビルの老朽化により機能と安全性が低下したため、これを解体し、2002年に新しい丸の内ビルディング(以下、丸ビル)が完成した。新しい丸ビルは、丸の内の街づくりの拠点として位置づけられ、街づくりのコンセプトである「オープン、インタラクティブ、ネットワーク」の具現化を目指している。すなわち、様々な機能を集積させた複合施設とするとともに、隣接する丸の内仲通りを軸とした丸の内全体の歩行者ネットワークとの一体化を図っている。

ビル内施設は、7、8階の多目的ホールを中心としたインタラクティブゾーンを核として、地下1階から4階をショッピングゾーン、5、6、35、36階をレストランゾーン、9～34階をオフィスゾーンとしている。

丸ビルの建築デザインの基本コンセプトは「都市における快適空間の創出と21世紀における地球環境への配慮」であり、特に環境への多角的な配慮がなされている。その一つとして、供用期間100年を想定した長寿命化を図る取り組みがある。

例えば、耐震性能を確保するために導入した耐震シャフトは、法隆寺の五重塔に見られる芯柱を見習った新しい方式である。

* 一次エネルギーとは、いろいろな形のエネルギーの最初にエネルギー源となるもので、石油、石炭、天然ガス、風力、地熱など自然から得られるエネルギーのことをいう。



丸の内ビルディング

設計監理 (株)三菱地所設計
 施工 丸ビル建築工事共同企業体
 敷地面積 10,029.45㎡
 階数 地下4階、地上37階、塔屋2階
 最高高さ 179.02m
 竣工 2002年8月



太陽光の陰影が時間とともに変化するようにリブを取り入れた、タワー部の外装。太陽光の遮蔽効果もある



旧丸ビルで使用されていた松杭の多くはパルプ工場でチップ化された。そのうちの1本が、現在の丸ビルに飾られている。



丸ビルの耐震シャフトの概念図。最下層から最上層までの各階床を縦に貫通するシャフト(幅、奥行きとも約3m)は、中に中心柱、周囲にエネルギー吸収材が配置されている。丸ビルではビル中央に合計4本の耐震シャフトが設置されている。

これは、建物の最下層から最上層までの各階床を縦に貫通するシャフトで、中央に設置された中心柱とその周りに集中的に配置されたエネルギー吸収材によって構成される。中心柱には構造用鋼(SN490、SA440など)、エネルギー吸収材は構造用鋼と低降伏点鋼(極軟鋼)が組み合わされて使用されている。各階の床はエネルギー吸収材を介して中心柱に柔らかく接合されている。この接合部分で地震のエネルギーを減衰させて損傷の集中を防ぐことができる。また耐震シャフトがビル中央に配置されたことにより、建築計画の自由度が増し、今後の改修においても柔軟に対応できる効果がある。

外装デザインにおいても、長期間にわたって親しまれるビルにふさわしいものを目指している。例えば、石、タイルなどの素材の持つ質感を生かした気品のあるデザインを取り入れた。

今回の丸ビルの一連の工事では、「再資源化100%」をスローガンとして、1997年の解体工事から完成までの間に廃棄物を一切出さないゼロエミッションを目標とした。

主な廃棄物にはコンクリート片(路盤材等に再資源化)、金属くず(電炉材等に再資源化)、木くず(製紙用チップに再資源化)などがある。旧丸ビルで使用されていた松杭(5,443本)については、そのうち約4,500本をパルプ工場でチップ化し、クラフト紙原料として再利用された。新築時は、現場にリサイクルステーションを設け、廃棄物を分別収集し、これらを確実に再資源化されるようにした。

新生丸の内の中心としてにぎわう丸ビルだが、今後100年の間にどのように変化し、新しい歴史を積み重ねていくのか興味深い。



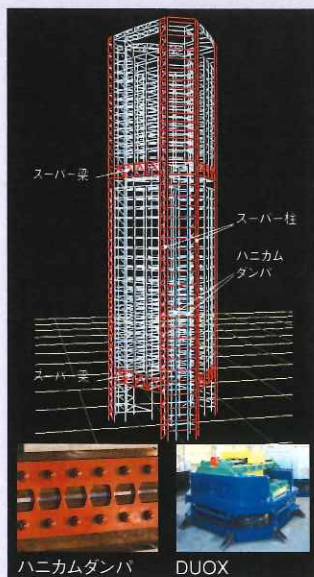
自然の風と共生する高層ビル 汐留メディアタワー

JR旧汐留操車場跡地の再開発により、汐留オオサイトという新しい街が徐々に姿を現している。ここには、マスコミなど大手企業の本社機能や高級ホテル、レストラン街、住宅などが全部で11の街区のビルに入る予定である。

汐留は海に近く、東京都心ながらも東京湾の風景や自然の風が楽しめる地域である。ここで、自然エネルギーをうまく利用した換気システムを導入しているのが、2003年6月に竣工した汐留メディアタワーである。

汐留メディアタワーは、地上34階建てで、5～23階が通信社の本社事務所となり、24～34階の上層階が高級デザイナーズホテルとなる。また上空から見ると、三角形をしており、この特徴ある形状を生かし、「自然が感じられる超高層オフィス」をコンセプトに設計が進められた。

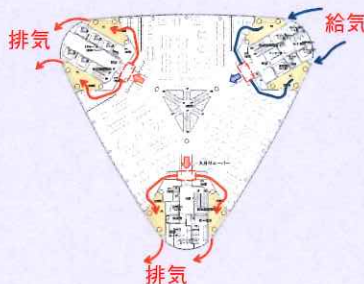
通信社の事務所は、24時間情報を発信し続けるため、OA機器などの発熱により冬でも冷房が必要というほど高温になりやすく、従来の空調方式では大量のエネルギーを消費することになる。そこで、自然の外気をビル内に取り込むという発想が生まれた。具体的には、編集局がある階の三隅にエレベーターホール、空調機械室、トイレなどを配置し、内部連絡階段の吹き抜け部に自然換気の通風機能を持たせた。外気は、温度、湿度、風速を制御するために空調機械室を経由して、直接あるいは機械空調と併用して室内に取り込まれる。また外気を取り込



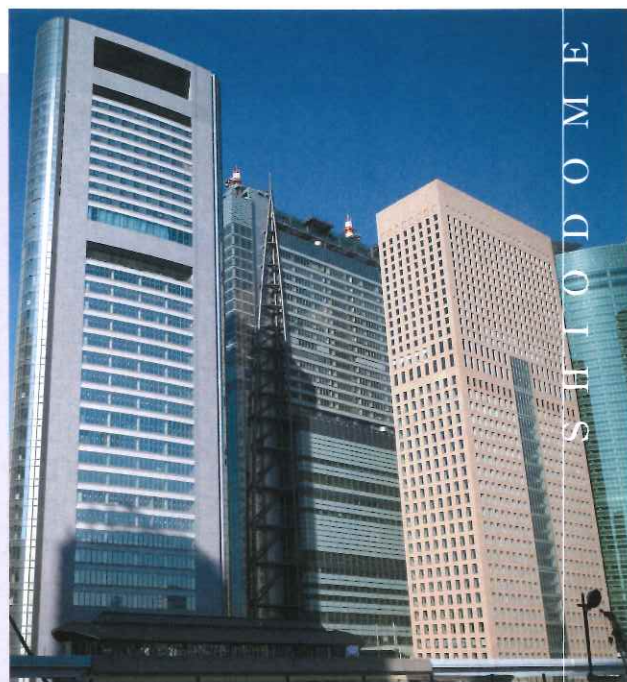
汐留メディアタワーはCFT構造であり、居住性能向上を図るため、アクティブ制震装置(DUOX)とパッシブ制震装置(ハニカムダンパ)を採用している。

汐留メディアタワー

設計監理 鹿島建設(株)
 施工 鹿島・清水建設共同企業体
 敷地面積 5,066.66㎡
 階数 地下4階、地上34階、
 塔屋2階
 最高高さ 172.545m
 竣工 2003年6月



上から見たら三角形をしている汐留メディアタワーの編集局階では、コア部の空調機械室に外気を取り入れる。ビル内部の吹き抜けの煙突効果を利用し、室内の換気を行う。



汐留メディアタワー(左端)と汐留タワー(右から2番目)。汐留タワーでは風揺れ、地震対策として、世界で初めてアクティブ制震装置とセミアクティブ制震装置を併用したシステムを導入した。また外装に自然素材のテラコッタを採用していることも珍しい。

みには機械力を使わず、外部風力と吹き抜けに発生する上昇気流を動力としている。このような技術を組み合わせた結果、従来の方式に比べ20%の空調負荷削減が可能となる。

汐留メディアタワーの上層階はホテル客室であるため居住性能が極めて重視されるが、海岸に近く強風が予想されるこの地域では、風揺れの影響を最小限に抑えることが要求された。鉄骨構造には、鋼管を使用したCFT(Concrete Filled Tube)柱や、中間部にスーパー梁を採用し、建物全体の強度を確保している。さらにビル最上部にアクティブ制震装置(DUOX)、パッシブ型制震装置(ハニカムダンパ)を1~22階の各階に設置した。このうちアクティブ制震装置は振り子の原理を応用したもので、動吸振器の上にコンピュータ制御された小さい錘を載せ、その反力によって動吸振器を動かし揺れを制御する機構である。パッシブ制震に比べ錘の振り幅を大きくすることができ、高い制震効果が得られる。

建築技術の進歩によって、最近の高層ビルは大地震にも耐えうる十分な性能を確保している。制震装置の役割は、汐留のビルに見られるような風揺れからの居住性能の確保や、地震時にビル機能を確保することが重要になっているといえるだろう。



超高層化により緑を確保した 六本木ヒルズ

2003年4月、東京・六本木六丁目に六本木ヒルズがオープンした。総開発面積は約11.6haで、民間市街地再開発事業

としては国内最大規模を誇る。ランドマークとなる六本木ヒルズ森タワーを始め、ホテル、美術館、劇場棟、テレビ放送局、商業施設、住宅棟など、様々な施設が集まり一つの街を形成している。

六本木ヒルズは、建築物を超高層化することにより、住居やオフィスを垂直方向に集約し、全敷地の50%をオープンスペースとしている。空いた土地には、ヒートアイランド現象の緩和や地球温暖化の防止等を目的とし、庭園や公園、植栽を施した散策路などが設けられ、緑被率(緑の水平投影面積)は約20%と、市内でも極めて高い水準となっている。植えられた木々は68,000本に及んでいる。

六本木ヒルズの中でも、本格的な屋上緑化を試みたのが「けやき坂コンプレックス屋上庭園」である。この庭園は7階建てのビル屋上に、港区唯一の水田(100m²)を作ったもので、水田の畦には^{さきごけ}驚苔や彼岸花が植えられ、周囲は桜や^{さるすべり}百日紅、紅葉、椿など、四季の変化が感じられる植栽が施されている。

従来、本格的な屋上緑化は、土壌の荷重で頂部が重くなり、地震時の揺れが激しくなることが問題となっていた。今回は、庭園総重量約3,650t(客土厚平均1m)を逆に制震要素として利用することで、地震時に建物に加わる水平力を3割程度低減した。このシステムは、屋上と建物の間に積層ゴムアイソレータと制震ダンパを設置したもので、積層ゴムが屋上基盤と建物を構造的に切離し、地震時に揺れたエネルギーを制震ダンパが吸収する効果がある。

製鉄所の操業技術が支える コージェネレーションシステム

森タワー地下に設置された熱・電併給プラントは、天然ガスを燃料とし、六本木ヒルズ地域内に電力を供給するとともに、発電時の排熱を利用して冷暖房や給湯用の熱を供給している。電気供給施設には、電気と熱の需要変動に応じて最適な熱電比で運転することができる蒸気噴射型ガスタービン発電機6基及び背圧蒸気タービン1基が使用され、最大で38,660kWの電力を発電する。このシステムは、エネルギー利用場所で発電するので、エネルギー輸送に伴う損失がなく、また排熱の有効利用が図れる。これにより、従来の電力使用による個別空調の場合に比べて一次エネルギーが約20%削減でき、CO₂排出量27%削減、NO_x排出量45%削減が可能となる。万一、システムが停止した場合には、電力会社から補完供給電力を受けることができるほか、今回採用のガスタービン発電機は、天然ガスと灯油が切替可能な二重燃料タイプで、万が一都市ガスと電力会社のバックアップ電力の供給が両方とも停止した場合でも約3日間電力供給が可能なシステムとなっており、高い信頼性を確保している。

プラント内の装置の間には配管が巡らされており、要求特性に応じた各種配管材が配置されている。例えば、高圧蒸気やボイラ給水の配管では、圧力配管用炭素鋼鋼管 (STPG370など) が、薬液などの供給にはSUS304など耐食性にすぐれたステンレス

配管材料が使用されている。

六本木ヒルズのコージェネレーションシステムは、1995年の電気事業法改正による、一般電気事業者以外でも一般への電力供給が可能となる「特定電気事業」制度施行を受け実現された。国内では5番目の実施となるが、都心部でかつ大規模な特定電気事業としては初の試みである。

実はこのシステムには、製鉄業における熱・電併給システムのノウハウが随所に生かされている。製鉄業ではこれまでに熱供給・自家発電、IPP等発電プラントの建設・操業経験に裏付けられた信頼性向上、コスト低減の技術蓄積を図ってきた。製鉄プロセスでは、熱エネルギーや副生ガスは、効率的に回収して再利用もしくは電力に転換され、過不足が生じないよう経済的に管理、運用されており、効率性、信頼性の高い巨大で高度な熱・電供給管理システムでもあると言える。このようなシステムには、コージェネレーションシステムと共通する部分が多い。製鉄業における熱供給・発電プラントの設備技術と操業技術等が、今後の都市型エネルギー供給システムに幅広く活用されることが期待されている。

都市開発や高層ビル建設には、多くの特徴を発揮する鉄鋼材料が適材適所で使用されている。それだけでなく、製鉄業が保有している幅広い技術が、新しい都市の基盤作りに対しても重要な役割を果たしていくことが期待されている。

屋上の水田では、5月に隣の子どもたちによる田植えが行われ、秋には稲の収穫が予定されている。

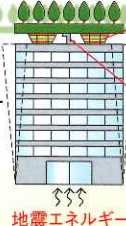


■制震の原理

建物本体と絶縁された屋上基礎を大きく揺らすことで、制震ダンパが地震エネルギーを吸収し、建物本体の揺れを小さくする。

屋上緑化部分が大きく揺れる

建物の負担エネルギーを小さくする



地震エネルギー



内部鋼板 + 天然ゴム

積層ゴムアイソレータ (SS400使用)

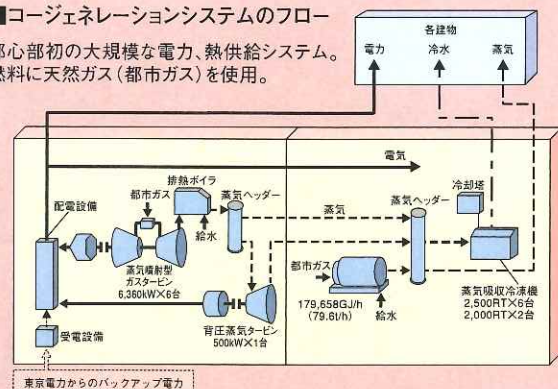


カバー

制震ダンパ (カバーにSUS304使用)

■コージェネレーションシステムのフロー

都心部初の大規模な電力、熱供給システム。燃料に天然ガス (都市ガス) を使用。



六本木ヒルズ森タワー

設計 森ビル、入江三宅設計事務所、
コーン・ペダーセン・フォックス、
ジャーディ・パートナーシップ
施工 大林・鹿島共同企業体
敷地面積 89,400㎡
階数 地上54階、地下6階
最高高さ 238.06m
竣工 2003年4月