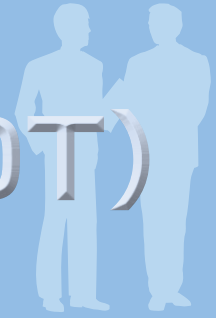


建設業の技術経営 (MOT)



第3章 建築技術史から未来の技術戦略を探る (何が建設技術を進歩させたか)

藤盛紀明

芝浦工業大学大学院 工学マネジメント研究科 客員教授
FT テクノロジー 代表

1 | なぜ建築技術史か

企業の利益に大きく貢献する技術を生み出し、組織・社会を動かして事業化を推進するCTO（企業の技術トップ）に必要な素養は、図1に示すようなものである。他社を差別化し、真のビジネスに発展する技術を発想するためには、幅広い技術知識・技術哲学に裏打ちされた人物でなければならない。他社を差別化する技術は1、2年の先行ではできない。建設技術では7年前に発想し、研究開発をスタートするのが良い。10年先では早過ぎて、「実はあれは我が社が最初に開発していた」と他社の成功を悔しがることとなる。5年先では既に他社が先行研究開発に着手している可能性が大きい。

地方の中小企業を回ると先行商品が既にあり、それら先行商品よりも著しく技術レベルの低い技術開発商品を「自慢げに」示されることが多い。過去にビジネス化に失敗したもの、典型的なテクノロジーブッシュ発想、既にマーケットが飽和し過当競争にあるもの、近い時期に法規制で販売不許可になるもの、一般技術のため直ちに後発に追い越されるものなど、技術の歴史・商品の知識不足、マーケット状況や社会の変化の読み違いなど無駄な投資が散見される。

CTO（中小企業の場合は多くは社長自身）は、少なくとも自産業や周辺産業の技術の歴史を周知していなければならない。

2 | 技術史的に見て、建設技術はどのような意味があるか

●日本文明と技術

日本建設技術の粋の一つは日本庭園である。桂離宮の庭園（図2）は、ブルーノータウトが評したごとく、世界のすべての人々が愛する日本の建設技術である。日本庭園の始まりは神の象徴である磐座（図3）で、自然物に神が宿ると言うのは縄文時代以来の日本列島人の宗教心である。世界遺産候補になった縄文遺跡の秋田県大湯環状列石（図4）には、祭りのための建物が建設されている。韓国の世界遺産



図1 期待される CTO 像



図2 桂離宮



図3 磐座（千葉県 三石山観音）



図4 大湯環状列石
(自然を祀るところに建設工事がある)

「和順史跡墓」は、巨石に神を見る思想が墳墓形式になったと理解される(図5)。八世紀の建設女王といわれる斉明天皇は水の祭りのために大規模工事を行った。平泉毛越寺の庭園(図6)は神を祭るものであり磐座の延長である。神を祭るところに建設技術が発生する。

●柱を建てる

三内丸山の六本柱(図7)は日本中の人に知られている。復元通りの建設物であったかは疑問があるが、発掘の柱穴から六本の太い柱を建てたことは事実である。縄文人は何故、あのような高く太い柱を建てたのであろうか。石器しか無かった時代にどのようにしてあのような硬い栗の木を切り倒したのであろうか。どのようにして運び、どのようにして建て起こしたのであろうか。古代出雲大社にかけて48m、文献ではその2倍の高さがあったとも言われている。近年、図8のような大きな柱を三本束ねたものが発見された。神に近づくために高く建てたのであろうか。

中国の歴史書に出てくる九州の伊都国(現在の平原)の王墓と思われる3世紀の平原遺跡にも柱が立っていた。この柱は直径70cmで王墓から見て太陽の出る方向を向いている。日本書記の天照大神に通ずる太陽信仰である。

現代でも諏訪神社では御柱祭りがある。一本の長さ20m、太さ3m、重さ10トンと言われる。

建築工事の儀式で最初に降神、最後に昇神の祈りが行われる。神社には構造的に意味の無い柱が建てられている。柱は神を祀ることから始まったのであろう。立柱式は地鎮祭、上棟式と並んで日本建築の重要な儀式であり、柱の根元を固め建物の永遠の堅固を祈る。

日本列島では6000年前から神を祀り、神を招来するために巨大な柱が建てられていた。柱を建てることは日本人の心と日本建築の原点であり、建築技術の原点でもある。



図5 世界遺産「韓国・和順史跡墓」



図6 毛越寺庭園(日本庭園の始まりは神を祀る庭)



図7 三内丸山遺跡



図8 出雲大社と掘り出された柱根



●高く建てる

平安時代の源為憲の『口遊(くちずさみ)』という本に「雲太、和二・京三」と言う文章がある。当時の高い建物を高い順に謳ったものである。高く・広く・深くは建設技術・建設技術者が常に求めている方向である。雲太は出雲太郎と謳われた出雲大社で前述のように本殿の高さは48m、そこへ昇る階段の長さは109mあったと言われている。出雲大社の社伝には本殿の高さについて「上古は三十二丈、中古は十六丈、その後は八丈」とある。三十二丈とは96mの高さである。出雲大社は日本書記などでは「音もなく倒れた」とする記録があり、平安時代から鎌倉時代までに7回も倒れている。木造の高層建設技術はあったが、構造技術が不十分であったことを知ることが出来る。

和二の二郎は大和東大寺大仏殿(図9)、京三の三郎は平安京大極殿である。当時の大仏殿の高さは45mであった。大極殿も当時はこれに匹敵する高さであったが数度に渡る火災に会い、1117年の安元の大火で焼失したのちは再建されていない。現在の平安神宮の外拝殿は大極殿を模して建設されている。仏塔を建てる技術も建設技術の重要な歴史である。日本に仏教が伝来したのは6世紀中ごろと言われ、日本で最初に建てられた塔は法興寺(飛鳥寺)の塔で596年に竣工している。現在では近世以前の塔が200以上残されていると言われ、最も古いのは奈良法隆寺の五重塔(七世紀末)(図10)、最も高いのは東寺五重塔である。なお法興寺は元興寺とも呼ばれ蘇我氏の氏寺で、八世紀の始めに平城京に移転している。古代建築物の年代測定に年輪年代法が利用されているが、その精度論争にその使用材料の転用の是非が論争の中心になっている。

中国では、北魏(386年-534年)の洛陽に高さ134m(相輪を入れると160m超)の九重塔が建てられていたと言う。朝鮮半島の三国時代(百濟・新羅・高句麗)には、三国が対抗して仏塔を高く建て、百濟では高い石の塔をも建てた(図11)。国家の威信をかけて高く建てるということは常に行われている。日本列島においても古代に100m級の塔が多く建てられていた。(図12)

仏塔は細長く、繊細な建物で、細工や建設方法、構造安全上も高度な技術を必要とする。多くの塔は長い年月、地震国日本で倒れずに保たれている。ただし、風で倒れた記録は比較的多く残されており、耐風安全性はもう一つであった。

高い柱を作るために、出雲大社では三本の木材を金物で束ねていた。これは出雲大社に伝わる「金輪御造営差図」に示されていたものと同じであった。東大寺大仏殿でも中心材の外周に12面の材を束ねて金輪を釘で止めている。これで直径1.2m程度の集成材柱が形成されている。もちろん



図9 東大寺大仏殿(高さ47.5m、東西57m)



図10 法隆寺五重塔



図11 百濟・弥勒寺の石塔(高さ14.2m)

<p>古代 飛鳥時代 白鳳時代 奈良時代 平安時代 室町時代</p>	<p>出雲大社(48mあるいは96m?) 百濟大寺の塔(90m超) 大官大寺の塔(90m超) 東大寺東西七重塔(99m) 法勝寺八角九重塔(82m) 相国寺七重塔(109m)</p>
--	---

図12 高さ100m前後の古代日本の塔

ん、現在の10数階分の高さの柱にするには継ぎ足す工夫もいろいろ行われている。

現代建築では高層建築の柱は通し柱にするのが通常であるが、古代建築では積み重ね方式が通常で柱は管柱である。建物の上に建物を建てる方式である。接合部分は組手・仕口・釘留で剛接合ではない。構造全体にガタがあり柔軟な構造である。このことが地震に強く、風に弱い原因と推測される。

随分以前であるが、雑誌「ENR（エンジニアリング ニュース レコード）」の記事で、鋼製煙突は当初リベットで組み立てていたが、溶接技術が進歩し溶接構造としたところ風揺れが増大したとあった。リベット構造の場合、接合部でエネルギー吸収できていたのが、溶接で剛になり、煙突全体が揺れ出したのであろう。

超高層建設のための法改正が行われるまでは、現代の我々でも31mを上限とした技術開発を行ってきた。今から千年以上前の古代にあって、あのような高い柱を製作する技術の発想は誰が行ったのであろうか。人間の創意工夫の素晴らしさには感服せざるを得ない。出雲大社の柱は真ん中の柱「岩根御柱」を囲んで8本の柱が立っていた。高さ48mとして、これらの柱の総重量は2000トンを大きく超えると推定される。この建築物の完成のためには、鉄の金物・特殊和釘の開発、建方技術の創意工夫、木材の伐採と運搬技術、と多くの技術の複合・総合が必要である。現場にあっては総指揮者の力量が必要である。現在の超高層建築現場の監督・作業所長以上の能力が要求されたであろう。技術的難題の解決、発注者の無理難題への対処、列島各地から集められた職人の指揮、近隣住民の苦情解決、資金の確保、工期の確保等々、古代の巨大建築物の総指揮者こそ真のCTOと確信する。

●未来の方向

図13は日本の森ビルが建設した「上海環球金融中心」である。高さは492mで、2009年3月現在では世界最高である。100階の展望台に上がれば、以前、上海最高の観光フロアで有名だった「金茂大廈」もずっと下の方に見える（図14）。この隣地にはさらに高い建物の建設が始まっている。図15は上海環球金融中心の展望台のパフレットに描かれた図柄である。世界の高層建造物が描かれ、人類が常に高く建てることを志向していることを物語っている。より高くは建設技術者、権威者の絶えざる渴望であり、この傾向は今後も続くと思われる。最近の世界不況で陰りが出たとは言え、中東ドバイの近年の建設は人間の高さへの欲求を如実に示している。さらに高いものは宇宙である。清水建設は宇宙ホテル構想（図16）を古くから提案してい



図13 上海環球金融中心（2009.3）



図14 上海環球金融中心100階展望台からの眺望

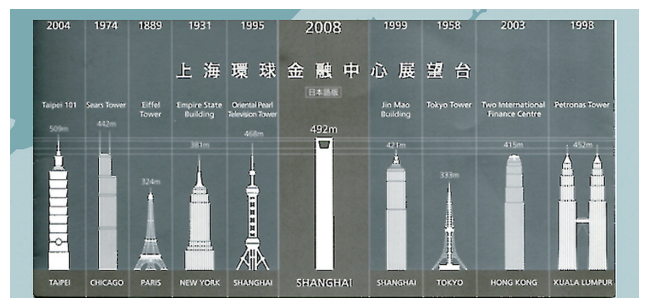


図15 上海環球金融中心のパフレット

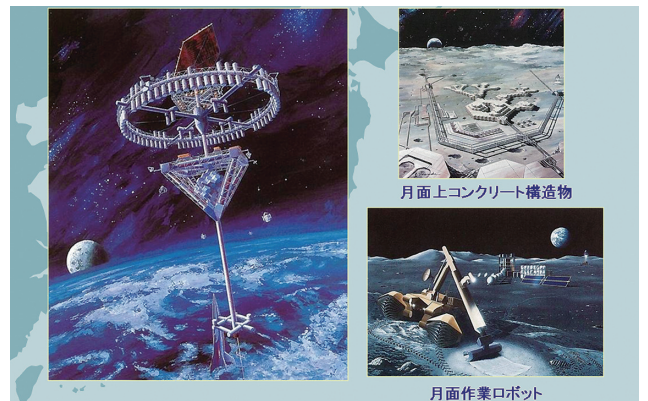


図16 宇宙構造物（清水建設提供）



る。日本の宇宙ステーション建設は既にその実現の始まりである。

世界中の超高層ビルについて、なぜ企画・建設されたかを研究したことがある。いずれの超高層ビルも経済的には満足な状態ではなく、最も多い建設理由はシンボルマークとしての価値であった。都市・街・企業のシンボルマークとしての巨大建造物は今後も需要があると思われる。いずれにしても、多くの建築物が高層化・巨大化する傾向は今後も続くと思われる。

「高く」のみならず広く、「深く」も建設技術者の夢を掻きたてる(図17)。そして「空へ」、「海へ」、また技術的には「真空」、「低温」、「無重力」、「高重力・高圧力」などの極限状態での建設技術にも夢がある。建設は優れた経済的な行為であるから夢や希望のみでは実現しないし、MOT学の「技術をビジネスへ」の本旨にも反する。しかしながらビジネスとしての技術開発・商品開発にあってもある範囲の遊びを許す心が必要である。

研究者、技術者の夢を育て、発想を豊にさせるには幾ばくかの「遊び心」が必要である。企業において、何%の投資を「遊び心」に割けるかはその時の企業の置かれた状態による。どんな状態でも30%程度は夢のある研究開発、基礎・基盤研究にも割けるようにCTOは努力すべきだと考える。

夢のある研究開発を維持するためにCTOに必要とされる資質は、企業トップからの信頼、財務担当役員との人間関係、事業部への説得力である。それは人間力であり、その基本はコミュニケーション能力と人間的魅力である。

3 | 歴史的に見て何が建設技術を進歩させたか

企業・事業発展のためにCTOの果たすべき役割は先見性を持って未来を見通し、他社に先行して技術開発・商品開発することである。そのための重要な要素として何が日本建築を変えてきたか、何が建設技術を進歩させてきたかを議論することは必要条件である。

建設ビジネスがグローバル化せざるをえないとすれば、日本建築・建設技術の変化と欧米の変化の違い、アジアや中東の変化、既に台頭しつつありBRICS諸国の変化などにも意を配る必要がある。

●新しい文化の流入と建設技術

旧石器時代の人々が洞窟を住処として利用していたとの展示は、多くの博物館で見ることができる。狩猟・採取生活で移動を常とした生活に適応した住居形態である。新石器時代になると世界的に堅穴住居が利用されるようになった(図18)。これはある程度、農耕・家畜飼育が始まって

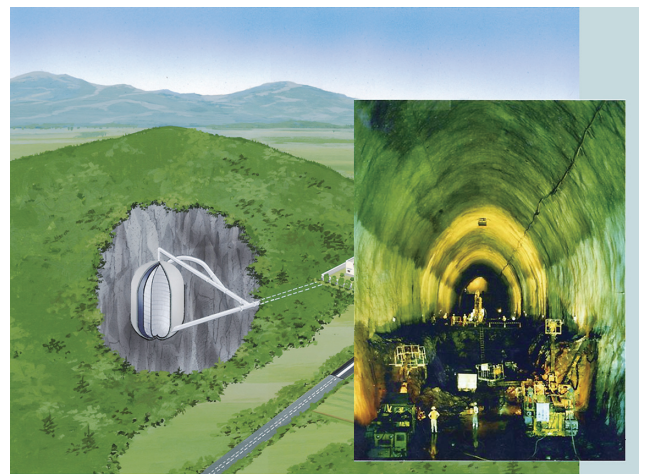


図17 地下岩盤貯蔵物(清水建設提供)



図18 縄文時代から11世紀まで続く堅穴住居と弥生時代に発展する高床式掘立建物

定住し始めたからとされている。日本では縄文時代には
 竪穴住居が主流となるが、祭祀用に掘立柱の建造物が始ま
 る。しかしながら、人々は集団として生活し、互いに調
 和・結束しようとする姿勢が見られる。

弥生時代に稲作が入ると収穫した米の保存、他の集団と
 の争いに対処する建物、祀りごとのための施設として掘立
 柱建物が出現する。新しい文化と人の流入による新しい建
 物の出現である(図18)。弥生時代には争いへの対処のた
 めか、環濠集落が発展する。この囲まれた空間では人々は
 調和を求められたと想像される。

古墳時代には豪族の館が出来る。奈良県にある佐味田
 宝塚古墳から出土した家屋紋鏡は当時の様子を伝える(図
 19)。古墳時代は家屋以上に巨大古墳を築造する土木技術
 の進歩が目覚ましい。韓国にも古墳(図20)が存在するが、
 箸墓古墳や仁徳天皇陵に匹敵するような巨大古墳はない。

7世紀、聖徳太子の飛鳥時代に百済の仏教文化と建築が
 日本列島・飛鳥に導入された。百済の寺院は唐・新羅連合
 軍に全滅されたが、図13の石塔が残っていた弥勒寺は韓国
 最大の寺であり、図21のようであったと推定されている。
 九重の塔はかなりの高さであったと推定される。日本では
 「四天王寺式」と呼ばれる伽藍配置であるが、韓国の学者
 は「百濟式伽藍配置」と強調している。

8世紀の平安時代になると仏教建築、神社建築、高床住
 居などが混合し、貴族の寝殿造りが建設される。平安時代
 当時の寝殿造り建物は現存しないが、京都御所、宇治平等
 院(図22)からその様子を見ることができる。寝殿造りは
 高床式で今風に言えばSI住宅である。女性中心優位・通い
 婚の時代であり、中心の寝殿も女性のためのものであっ
 た。大部屋方式で衣服掛け・几帳・屏風・衝立などがあり、
 建物は移動家具を使って仕切られていた。畳も小型の
 ものを自由に移動して使用していた。建物の外周には壁が
 少なく、薮戸を跳ね上げればまったく開放されて室内外は
 一体となり、水を引きこんだ庭を見渡すことができた。部
 屋が足りなくなれば廊下で結んで足し増せば良い。大変フ
 レキシブルな建築様式であり、建物は南面し自然との一体
 感のある建築であった。

中世12世紀、鎌倉時代・武家社会となると書院造りが発
 生する。書院造りは武家が主人や客を迎えるために発達し、
 天井が貼られ、畳が一面に敷かれた。神殿造りの大部
 屋から襖や家具で仕切られた空間を作った。その襖を開け
 ると大広間が出現するのは、洋風住宅と異なる自在・柔軟
 な日本の風景である。(図23)

16世紀の安土桃山時代に、厳格な書院造を嫌った茶人た
 ちが軽妙な数寄屋をつくり出した。千利休、古田織部、小
 堀遠州などが多くのパターンを生み出した。最小空間の中



図19 穴八幡(日本建築学会賞)



図20 韓国の前方後円墳



図21 韓国・益山市にある弥勒寺復元想像図



図22 宇治平等院



に独特な広がりをもつ数寄屋は日本文化の結晶とも言える。江戸時代には茶室、住宅へと発展した(図24)。茶室の出現と普及には商人・富裕町人層の台頭と言う社会変化があった。

19世紀後半から20世紀は、日本が鎖国から脱皮し、西洋文化の波を受け、洋風建築が怒涛の如くに入ってきた時代である。

菊竹清訓は、日本建築は4世紀ごとに変化してきたと指摘している。社会や文化の変化、海外からの人の移動や文化の移入が建築様式の変化をもたらしたと言う指摘は注目すべきである。それでは次に建設産業や建設技術に大きな変化を与える変化は何であろうか。

未来を予測する場合には、必ず来る未来と突然くる未来、必ず来る未来でも時期の予測をできる未来と時期の予測のできない未来のあることを認識する必要がある。

時期もスケールも分かっている変化は、少子高齢化、社会傾向として既に到来しはじめているのは低炭素化社会、顕在化の時期は未だ明確ではないが必ず来るであろう「人の大きな移動を伴う国内グローバル化」など。文化・社会の変化、人の移動は過去から建築様式に大きな変化をもたらしてきた。建築様式、建設技術に影響を与える文化・社会変化は確実に見えている。

●技術を革新する巨大プロジェクト

3世紀の後半、奈良三輪山の麓に突然長さ278mの巨大前方後円墳(箸墓古墳)が築造される(図20)。巨大古墳の設計、寸法・水平測定、巨大円の作図、大量土量の運搬築造、特殊器台の制作技術、古墳崩壊防止技術、巨大石室の石材運搬・建設技術など、巨大古墳築造には多くの技術開発が必要であった。

6世紀末から7世紀の飛鳥時代には、百済から仏教建築技術が伝来した(図21)。寺院建設は国家あるいは有力豪族の巨大プロジェクトであった。寺院建築技術は総合技術で木材の伐採・製材・仕上げ・運搬、建方、接合、鉄金物技術、瓦技術、塔を高く建てる技術などであった。

近年では各種万博、オリンピックなどの巨大プロジェクトも新しい建設技術開発をもたらした。東京オリンピックでは高速道路が建設され、巨大競技場が建設された。(図25)

米国が口火を切った宇宙開発プロジェクトも多くの先端技術開発を推し進めた。巨大プロジェクトが批判を浴びる昨今であるが、建設技術の革新的な進歩は巨大プロジェクトによってなされたことは事実である。次世代に期待される巨大プロジェクトは何だろうか。日本海に巨大トンネルを建設し中国・韓国・ロシアを結ぶのはどうであろうか。環日本海交易は日本海側の県を発展させる鍵である。



図23 京都二条城 二の丸書院



利休・織部・遠州
武家一町人
書院風茶室一草庵風茶室

図24 茶室・数寄屋造・露地(16世紀)

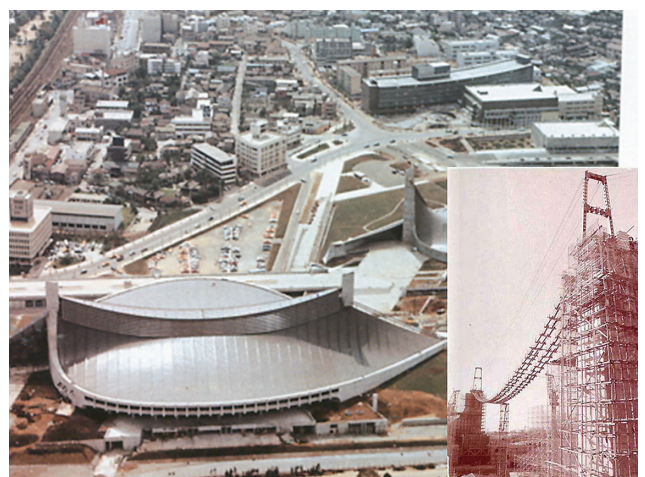


図25 国立代々木体育館(清水建設提供)

●大災害への挑戦

日本の建設技術の発展は大災害、特に巨大地震との戦いであった(図26)。1964年の新潟地震では液状化現象、1968年の十勝沖地震では鉄筋コンクリート造柱のせん断破壊、1995年の兵庫県南部地震では今まで被害の少なかった鉄骨造の被害(図27)や中間層破壊、土木構造物では高速道路の転倒・倒壊、2004年の新潟県中越地震では地盤移動の被害から常に学び、新しい構造技術を確立していった。

(図28)

台風、竜巻、つなみ、噴火河川氾濫など、大災害は常に建設技術を翻弄するが、我々はそれを克服し、新しい技術を開発してきた。自然の力は人類の知恵を超え、これで絶対大丈夫と言うことはない。常に新しい課題を我々に与える続けることを忘れてはならない。人類が日本列島に移り住んでから現在まで約6℃の温度変化を経験している。寒冷時には日本海が陸となり、温暖時には房総半島の多くが水の中であった。地球温暖化が進行すれば、世界中の海岸線が大きく沈没する。その時の建設技術は何か。この話題はそんなに遠い話ではない。

●技術の複合・融合・総合

グーテンベルグが発明した印刷機は葡萄搾り機の改良、活字合金材料・活字鑄造技術開発、活字インキの複合商品である。

パリのエッフェル塔は1889年に錬鉄によって建設されたが、1856年にはベッセマー転炉が発明され、鋼の時代が出現した。超高層ビル建設のための構造材料は出現したが、超高層建築物はすぐには出現しなかった。シゴゴの17階建てオーデトリウムビルが建設されたのは1889年、ニューヨークのエンパイアステートビルの建設は1931年であった。人間が住む超高層ビルの実現には空調設備、エレベーターなどが必要であり、これらが揃って初めて超高層ビルが実現された。新しい商品の出現には幾つかの技術の複合が必要である。(図29)

技術の「混合、複合、さらには融合」は新しい技術を生み、商品を生む。複合化・融合化は技術どうしのみならず文化と技術、社会システムと技術など、新ビジネスの種の発想にはいろいろな側面での検討が必要である。

●グローバル化と日本文化

日本文化には縄文の火炎土器のようなエネルギーな面と、桂離宮に代表される繊細な美しさがある。しかし、いずれもフランス・ベルサイユ宮殿の庭園に代表されるような規格的、幾何学的な美はない。日本が世界に誇る技術、建築、商品を生み出す基本は繊細さとエネルギーの



図26 過去の地震被害(柴慶治氏提供)



図27 兵庫県南部地震で鉄骨造の被害がクローズアップ(寺田岳彦氏提供)



図28 新潟県中越地震(2004)



図29 技術複合・融合が新しいビジネスをもたらす



良き混合・融合によってではなからうか。他に無いものを持つことはどのような場合でも重要である。

4 | 人類と地球の未来のために建設技術は何をすべきか

21世紀は地球温暖化への対応、低開発国の発展および後進国の急激な台頭への対処、絶えることの無い宗教紛争への対処、貧困との戦いが重要課題である。現在67億人の世界人口も年には97億人になるとの予測もある。絶えまなく増え続ける地球人口への対応もまた21世紀の重要課題である。これら全てが地球環境に対する大きな影響を与える。

地球環境に最も大きく関係する産業は建設産業である(図30)。地球環境を救うのは建設業であるとの熱意・哲学が必要である。図30、図31、図32は建設業がどのように地球環境問題に関係するかを示したものである。

建設業の行為、技術開発が人類と地球の未来に大きな影響を与える。汚染された地球(土・空気・水)を救う技術、価値ある空間を創造する技術(ビル・街区・都市)、自然生態系を守り育て歴史と景観を再生活用する技術、それらの技術を複合・融合・総合して多様な価値を持つまちづくりを行うのは建設関係者の役割であり特権である。

21世紀には課題解決に科学技術が活躍するであろうが、より重要なものは心の問題ではなからうか。科学技術による豊かさ・快適の追及にはどこかで歯止めをかける必要がある。日本文化・日本建築には自然との融合、神への尊敬の念、心の安らぎ、侘びさび、ゆずりあいと我慢の心と縄文時代以来培われたきた精神文化が結晶している。次世代技術開発には是非この日本の力を活用すべきである。

清水建設技術研究所の中に「建設技術展示室」が設置されている。木造、鉄筋コンクリート造、煉瓦造、鉄骨構造の歴史が実物とともに展示されている。竹中の「大工道具館」、大林の「歴史館」とこれらの建設博物館は一見に値する。(図33)

●参考文献

1. 『高さを求めた昔の日本人』 国立歴史民族博物館, 山川出版, 2001
2. 植田文雄『古代の立柱祭祀』, 学生社, 2008
3. 鷺崎弘朋「木材の年輪年代法の問題点」『東アジアの古代文化136号』, 大和書房, 2008
4. 菊竹清訓『日本型建築の歴史と未来像』, 学生社, 1992
5. 藤盛紀明「技術からみた建設産業の未来 建築の技術史1.2」, 『鉄構技術』, 2001年6月7月
6. 『棟梁から総合建設業へ・清水建設二百年の歴史』, 清水建設株式会社, 2003
7. 『清水建設二百年』, 清水建設株式会社, 2003
8. 小野健吉『日本庭園』, 岩波新書, 2009

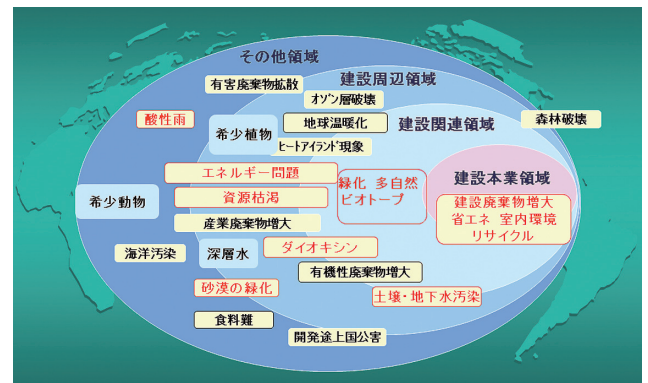


図30 建設業と土地環境



図31 人工物築造から自然生態系保全まで



図32 建設業の役割(室内から地球課題へ)



図33 ゼネコンの歴史博物館