

# 建設業の技術経営 (MOT)

## 第9章 建築と材料(2) 産業・商品における材料の持つ意味

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 | 建築材料とは

大学の建築材料講座は歴史的にはコンクリート研究が主であった。筆者の所属した大学の材料講座もコンクリート材料の研究室であった。しかし、「建築材料」は幅広い分野を含んでおり、工事種別を中心にすれば、例えば図1のように分類することができる。「建築材料」は他に業種別分類（大工業・鉄骨業・左官業・塗装業・鉄筋業など）、品目別分類（合成樹脂・組石・ガラスなど）もあり、その多様性を知ることができる。しかしながら、建設業が直接手を下せる材料は構造材料である。建設構造材料を歴史的に並べたのが図2、現在の主要構造材料は図3であるが、建設関連者が直接手を下してきた構造材料はやはりコンクリートに限定される。そのコンクリートと競合的な建設構造材料は鋼材である。今回の議論は「建設業と材料」なので構造材料特にコンクリート系材料と鋼材に焦点を当てて議論を行う。

### 2 | 構造材料の盛衰とビジネス戦略

図4は構造別の着工面積の推移である。1960年はベトナム戦争が始まり、カラーテレビの本格放送が始まった年であったが、日本の建物の着工面積では木構造が主流であった。この時から日本の高度成長が始まり建築着工面積はうなぎ登りであったが、特に鉄骨構造の進展は目覚ましく、1960年代の半ばにはRC造の着工面積を凌駕するようになった。本来RC造は、鉄骨造に比して安価であり自由な形状を現場で作れる優れた建築材料である。なぜ、この時期に鉄骨造に凌駕されるようになったのであろうか。建設ビジネスでは「どんなに良いものでも高いものは売れない」が鉄則である。この鉄則であれば建設会社独自の技術開発などで、鉄骨造よりも安価な見積もりとする可能性の大きいRC造が優位であるはずである。

製造メーカーのCEOは商品企画・PR・販売戦略などを工夫すれば高くても売れる、高くても売れるものを企画・開発するのがCEOの役割であるとよく言う。しかしながら、テレビや冷蔵庫はせいぜい数十万円である。このような価

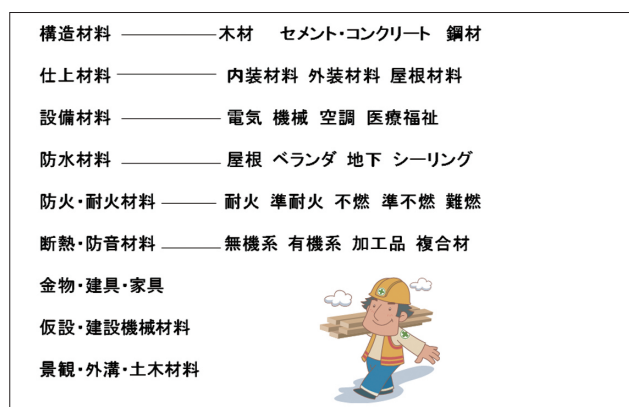


図1 工事種別建築材料



図2 歴史的観点からの建設構造材料

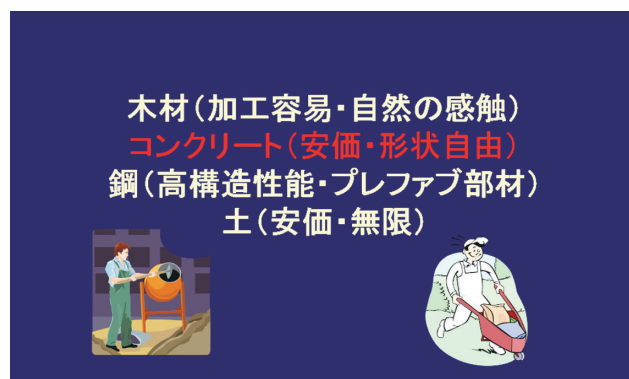


図3 現在の主要構造材料の特性



格帯のものならば性能・機能が良ければ15万円の商品よりも18万円の商品が売れるかもしれない。建設物は製作費が数億円から数百億円であり、構造費用も数千万円、数億円以上となるケースが多い。このような高価格帯の商品では「どんなに良いものでも高いものは売れない」が常識であり、鉄則となるはずである。

コンクリートには多くの欠点があるが、その弱点は多くの研究開発努力で改善・革新され続けてきた(図5)。例えば以下の欠点は括弧内のような研究開発が行われてきた。現場作業で汚れる(プレキャスト化)、硬化までに日数を要する(早強セメント)、乾燥・硬化収縮によるひび割れが必ず発生する(配筋工夫、無・低収縮セメント)、引張強度は非常に弱い(鉄筋補強・繊維補強)、表面から中性化が進みぼろになる(表面塗装・高密度コンクリート)などである。

コンクリートの弱点は多くの研究者・技術者によって補強・改善され、生産性向上・コストダウンの技術開発も行われ続けてきた。そのような技術開発努力でRC造は常に発注者の要求価格に対応し安価であり続けた。建設会社が総力を挙げて技術開発・システム開発を続けコストダウンを図ってきたRC造に対して、材料価格コントロールが図られてきた鉄骨造がなぜ、着工面積で凌駕することができたかを究明することは、今後の建設関連新規ビジネス展開の重要な鍵になると思われる。

### 3 | 製鉄産業の国際戦略とH形鋼

建築鉄骨造の急発展は日本の製鉄産業成長の歴史の必然として生じた現象と言える。建材ビジネスの常識を覆して、安価な努力を続けてきたRC造に打ち勝って、鉄骨造が発展した謎について推論してみる。

図4に示すように建築着工面積が急増し始めたのは1960年代の初頭であった。この時期は池田首相が「所得倍増計画」を推進し高度成長が始まった時であった。多くの産業が設備投資を拡大し、自動車・造船といった産業が生産を拡大し、鉄構需要は大幅に拡大した。日本の製鉄会社は大型高炉の建設を急ピッチで行っていた。

筆者は1964年に大学を卒業したが、恩師より製鉄会社への就職を示唆され、製鉄会社で夏季実習を行った。広大な敷地では大規模土地造成が行われ、大学の先輩が高炉や製鉄建屋の建設監督を行っていた。(図6)

しかしながら、1964年に日本はIMF8条国への移行、OECDへも加盟した。資本が自由化し日本製鉄業も激しい国際競争にさらされることとなった。鉄の大幅増産、激しい国際競争の情勢下で製鉄会社は過剰生産となった鉄の需要先として、建設産業を重要ターゲットの一つにしたと思われる。1970年3月には企業体質強化と大規模投資実現のた

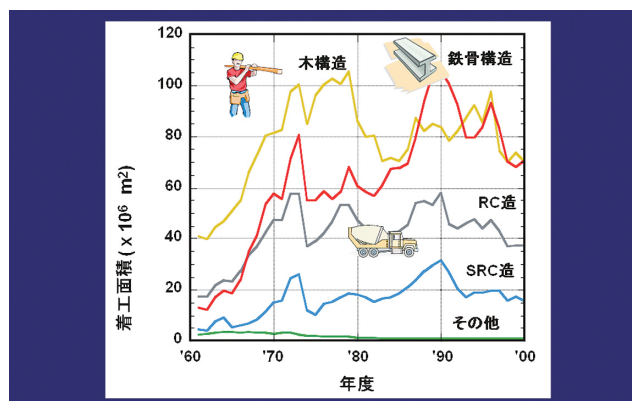


図4 構造材料別着工面積推移 (建設産業の歴史を語る)

**高強度コンクリート**

**生コン車・ポンプ圧送**

**無・低収縮セメント**

**プレキャストコンクリート**

**早強セメント**

**繊維補強**

**高密度コンクリート**

**高流動化剤**

図5 コンクリートの改善努力



所得倍増計画の1960年代日本では高炉建設が盛んであった

図6 筆者が就職活動で夏季研修した住友金属和歌山製鉄所 (住友金属工業提供)

めに八幡製鉄と富士製鉄が合併した。当時としてはこのような大型合併は皆無であり世間を大いに驚かせた。八幡製鉄と富士製鉄は元々一つの会社であったものが戦後解体させられた経緯がある。同質の会社で再合併はやり易かったとは言え、国際競争の先行きを見抜きこのような合併を行った両社の経営者のリーダーシップは見事なものであった。

製鉄会社が建設産業進出のために採用したのが構造用鋼材「H形鋼」であった(図7)。H形鋼の源発想はフランスで行われたT形鋼のワイドフランジ化であった。H形鋼としては1908年にアメリカで生産されたH形ワイドフランジ鋼が市販形鋼の原流であった。日本においては八幡製鉄が1951年に検討を始め、1959年には土木・建築両市場用として国内販売を始めた。当時、日本の建築界では山形鋼の組み立て部材が主流であった。接合はリベットが使用されていた。(図8)

当時、建築部材として組み立て部材とリベット使用が主流であったのは人件費が安価であったということも要因であった。

リベットによる組み立て部材(図9)とH形鋼のような充腹部材では各種破壊状況、座屈強度、接合方法、加工組立方法が大幅に異なるため、建築への活用のためには多くの研究開発が必要とされた。そのため、製鉄産業は建築学科を卒業した優秀な学生を大量に採用した。彼らはH形鋼を活用した設計施工のための研究を行うとともに、設計・施工資料を作成して関係者に宣伝啓蒙した。大学の研究者への研究支援も強力に行い、H形鋼を利用した鉄骨構造の研究が盛んになった。製鉄会社は建設工事の重要発注先であり、受注会社としての建設会社にもH形鋼の研究推進要求が強く出された。設計事務所にも強力な働きかけが行われた。結果として日本建築学会でもH形鋼関連の研究が多く行われるようになり、多くの重要な論文が発表され、H形鋼関連の建築学会の設計・施工規準、関連協会規準、JISなども多く制定された(図10)。

昭和初期から溶接棒ビジネスを始めていた東洋電極株式会社、福知山市が設立した日本熔接棒株式会社を1958年に八幡製鉄が買収統合し、溶接棒の研究開発も促進した。他の製鉄会社も前後して形鋼の接合に必要な溶接材料・溶接機器製造販売、溶接方法の研究などを行った。

鉄骨ファブrikエーター、重工業会社など鉄骨製作を担う産業も製鉄会社と連携して多くの新しい溶接方法の開発・導入を行った(図11)。製鉄業界は、さらには鋼構造の研究開発を産学官で総合的に行うため、1965年に日本鋼構造協会(JSSC)を設立した。オリンピック開催の翌年であった。

JSSCには当時の鋼構造のほぼすべての研究者、建設会社関係者、設計事務所関係者、重工業会社の関係者が名を連

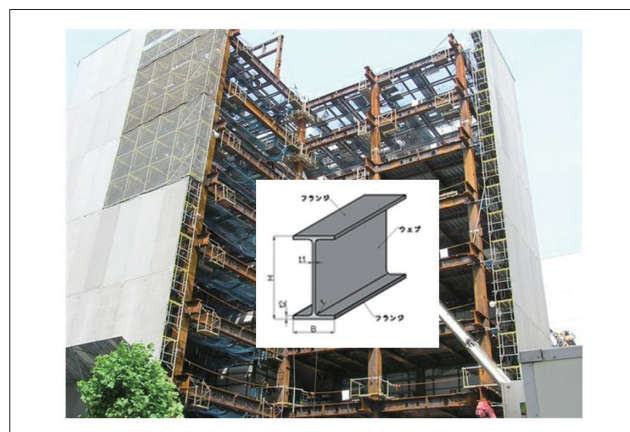


図7 激しい競争下での日本製鉄産業経営戦略のエースH形鋼



図8 リベット(清水建設・建設技術展示室、文献1)

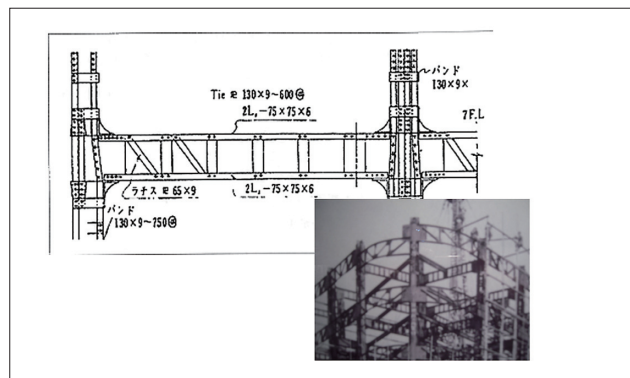


図9 非充腹の組み立て材(清水建設提供、文献2)



図10 日本建築学会でもH形鋼の研究が多数発表された



ねた。創立当時、JSSCのオフィスに伺えば、東京大学の仲威雄、大阪大学の鷲尾健三と言った日本の鉄骨構造をリードした大御所がいつも議論を重ねていた。

初代会長は日本鉄鋼連盟会長で富士製鉄社長の永野重雄氏、二代会長は八幡製鉄社長であった稲山嘉寛であった。前述のように両氏は1970年、日本製鉄業の国際競争力強化のために八幡製鉄と富士製鉄の合併を達成した。建設業界へのH形鋼導入推進はこのような製鉄業大革新推進・成功のための重要戦略の一つであった。建設産業へのH形鋼の導入の要因は、偉大な二人の経営者の決断がその原流であったと考える。

流通機構も日本独特の方法が行われた(図12)。製鉄メーカーは自社製品を扱う商社を指定し、メーカーが主導権を握る方策を講じた。さらに、商社や特約店を介して鋼材を販売するという通常のルートに加え、あらかじめ製鉄メーカーと重要家との間で契約条件を詰め、その後に商社が介入するというルートを設置した。日本では後者のルートによる販売量が多く、メーカーが価格をコントロールする仕組みを作り上げた。どのような商品でも販売ルートの確立が生命線である。しかしながら通常、価格は市場が決定する。鋼材のようにメーカーが価格支配する仕組みは希有の仕組みであり、このような仕組みを作りあげたことがH形鋼ビジネス成功の重要要因の一つであった。

このビジネスモデルでも自動車産業のように力の強い産業の場合は需要家有利となるが、建設業では建設会社は請負者であり、鉄骨ファブリーケーターは弱小のため圧倒的にメーカー有利な体制が長い間続いてきた。しかし、1996年以降の公共工事縮小、2009年の政権転換に伴う更なる公共工事削減により建設業の受注が激減、それに比例する鉄骨需要の極端な減少で、昨今では製鉄産業が築いてきた販売の仕組みは有効に働かなくなっている。(注：公共工事激減という破壊的社会構造変革下での鉄骨・橋梁ファブリーケーターの産業戦略は別途議論する必要がある)

#### 4 | RC造の巻き返し

日本コンクリート工学協会(JCI)の協会誌『コンクリート工学』に「鉄のようなコンクリートとコンクリートのような鉄」と題した寄稿をしたことがある(図13)。2000年のことであった。技術開発の進展により二大近代建設材料の互いの欠点が改善され、両材料の機械的性質が近づいて来る可能性を示唆したものであった。前号「建築と材料(1)」で述べたように、筆者は1980年代後半にビクター・リー教授の高密度繊維補強コンクリート(エンジニアリングセメント・ECC)を長年支援したことがあった。ビクター・リー教授とは彼がMITの助教授時代からの家族ぐるみの付き合い



図11 鉄骨ファブリーケーターでもH形鋼加工の開発が行われた(片山ストラテックでは大阪大学溶接工学科出身者が活躍した)



図12 鋼材の流通機構開発がH形鋼販売の重要戦略

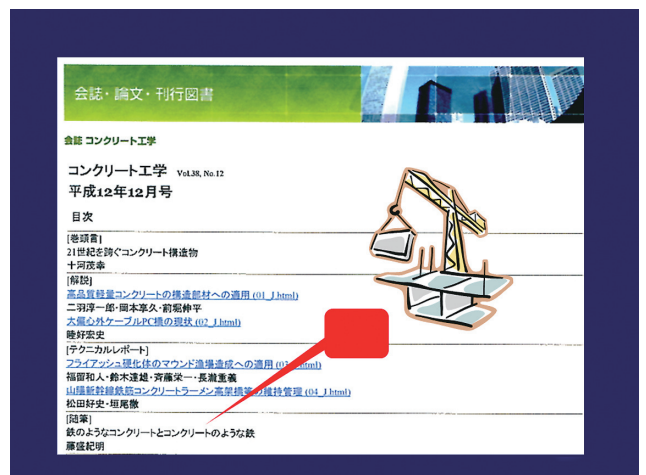


図13 日本コンクリート工学協会への投稿

であった。当時、筆者の部下には特殊個所への適用や部材利用の検討など、この技術の実用化を指示したが、価格や施工性などの理由から進展しなかった。ビクター教授には大変残念がられたものである。

この材料は強度・靱性ともに鉄に近づく性質のもの（図14）で、鹿島が実用化を行い五十殿氏らが中心となって開発した「スーパーRCフレーム構法」に採用し、実案件にも採用されている。鹿島の発表によれば引張り強度はモルタルの200倍と言う。新技術は幾つかの課題を有するのは当然でそれをいかに克服するかが研究開発者の資質であり、一応の実用化に辿りついた鹿島の研究努力を称賛したい。また、それを継続させたR&D上層部も評価される。本章の課題である「ビジネスとしての成功」と技術開発の成功は別であるが、まずは企業イメージ向上に寄与したことは間違いない。鹿島のプレスリリースではこの材料の特性を生かした更なる発展を示唆している。今後の発展に期待したい。

筆者がビクター教授のECCに注目していた1980年代後半にフランスの大手建設会社ブイグ社も高靱性・高強度のコンクリートを開発した。北米の橋梁建設に使用したと米国滞在の同社の技術担当者から聞いたことがある。当時、彼らは詳細を明らかにしなかったが、後年新材料「ダクティル」として発表された。このコンクリートも繊維補強コンクリートであった(UFRC)。この材料は大成建設・太平洋セメント・前田鋼管が共同してプレストレス橋への適用を推進した。圧縮強度200N/mm<sup>2</sup>、曲げ強度30N/mm<sup>2</sup>（普通コンクリートの10-15倍）との評価であった。

高層建築は乾式工法としての多くの利点を有する鉄骨造（図15）が主流であった。鉄骨造の価格は鋼材価格に左右され、鋼材価格は前述のように日本固有の流通システムにより製鉄メーカーが主導権を握っている。そのために、建設業者は低価格建築物では苦戦を強いられ、鉄骨ファブリケーターは板挟みで倒産が多発してきた。1990年代にはバブル崩壊により都心の土地価格が下落し始め、人々の都心回帰が始まった。それに伴って都心の高層マンション需要が急増した（図16）。1997年に容積率上限が600%まで緩和されると超高層マンションブームが到来した。2009年には大阪に地上54階、高さ209.4mのThe Kitahama（北浜タワー）が建設された。（図17）

マンション建設を担当する不動産業者も増加し激しい価格競争が起こった。結局、購買層に応じた販売価格が設定され、その価格帯に適用できる建設費が要求された。従来、価格は（原価+適正利益）と言われていたが、そのような過去の常識は非常識とされる状況が発生した。当然、構造体においても販売価格から定められたコストが要求され、その価格を提示できなければ受注できない状況が生じた。

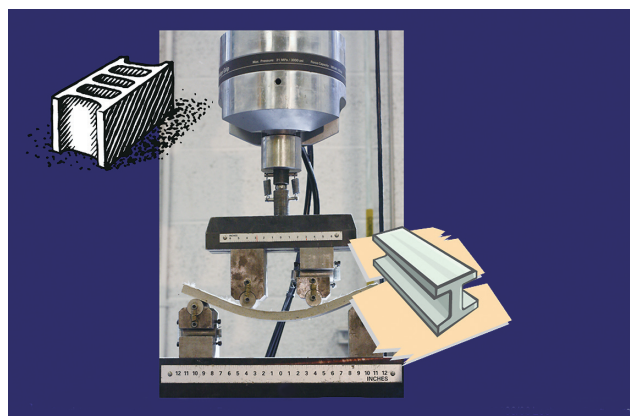


図14 エンジニアリングセメント（Victor Li 教授提供）



図15 鉄骨造は乾式プレファブ工法



図16 都心の高層マンション群

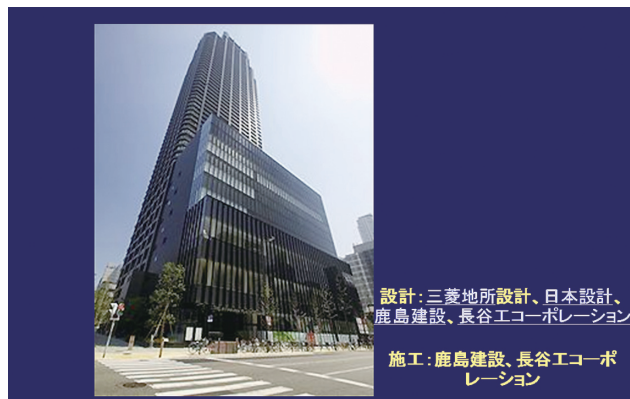


図17 北浜タワー（Wikipedia）



見積金額の30%引き、40%引きなどはもちろん、半値八掛けなどと言う噂も飛び交うようになり、ついには安値マンション受注は断るようと言う経営判断も出るようになった。このような現状下で、建設業は自ら技術開発し価格をコントロールできる材料としてのコンクリートの機能アップが至上命題となった。住宅では震動・防音・揺れ・断熱などが重要な機能となるが、これらの特性のためには鉄骨造よりもRC造の方が有利であることもRC造技術開発競争を激化させた。RC造のコストダウンのための技術開発の課題は多様であった。コンクリートのプレキャスト化工法の更なる進化(図18)、揚重システムの改善、鉄筋定着工法の簡易化(図19)、サイトファクトリーシステムの改善(図20)、現場敷地内でのコンクリートプラント化などなどが行われたが、超高層RC化のための最大の研究課題はコンクリート強度の増大であった。36N/mm<sup>2</sup>程度であった圧縮強度が60N/mm<sup>2</sup>までが普通コンクリートとされるようになり、1990年代中ごろでは80N/mm<sup>2</sup>、100N/mm<sup>2</sup>を競っていたが(図21)、現在では150N/mm<sup>2</sup>程度が施工されるようになりついには200N/mm<sup>2</sup>も試用されるようになった。竹中は300N/mm<sup>2</sup>も視野に入ると発言している。(図22)

コンクリート系材料の場合は、建設業が直接工事受注や工事に利用するので開発した材料を販売することは通常視野に入っていない。これは自動車企業が開発材料をビジネスとすることを考えないことと共通する。開発・製作も建設業自らが中心となって行うので共同開発者に左右されることも少ない。従ってMOT的な議論よりも技術開発そのものの議論が課題となる。

## 5 | 建設業の材料開発の課題

筆者が体験した建設材料開発を通して建設業の材料開発と事業化について議論する。(図23)

1959年、黒川紀章、菊竹清訓氏らがメタポリズム(新陳代謝)を提唱した。昭和30年(1955年)代から始まった高度経済成長下での人口急増と都市の発展に合わせて、有機的な都市発展と巨大構造物を志向したものであった(図24)。人々も31mの高さ制限のあった日本の都市に疑問を呈し始めていた時期でもあった。日本の建築界でも超高層建築の調査団を続々と欧米へ派遣し始めた。

1959年に欧米調査を行った清水建設の技術研究部長(当時は研究部)が「人工軽量骨材」を持ちかえた(図25)。超高層建築には軽量で高強度のコンクリートが必要であると言う発想を持っていたからである。1960年、清水建設の筆頭番頭格の副社長も欧米調査時に同様な人工軽量骨材を持ちかえり、研究部を研究所に改称し、建設会社の使命として人工軽量骨材の開発を命じた。



図18 生産革新のキー技術のプレキャスト工法は繰り返し開発された

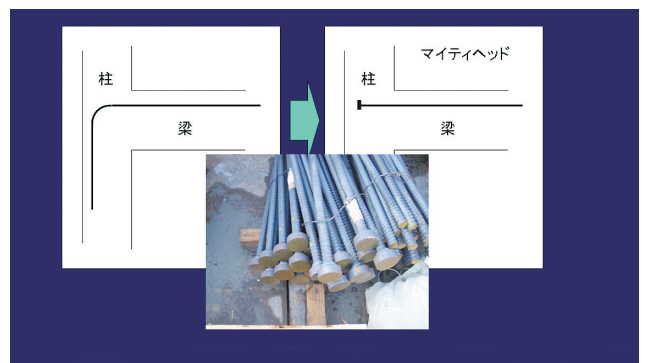


図19 鉄筋定着の簡素化(鉄筋端部加工)



図20 サイトファクトリーによるPC版作成



図21 2000年代半ばの高層RCのコンクリート強度は100N/mm<sup>2</sup>クラス(清水建設提供)

1962年に三井住友鉱山がアメリカから技術導入を行い人工軽量骨材「メサライト」の製造を始め、住友金属鉱山も「ビルトン」を製造し始めた。1966年には大阪セメントの「ライオナイト」、日本ジョーライトの「ジョーライト」を含めた5社で人工軽量骨材（ALA）協会を設立した。

清水建設研究所では唯一の化学出身者が責任者となって開発を開始した。彼は原料の頁岩を探すために土質担当者と共に関東中を探し回った。人工軽量骨材の製造には焼結が必要で、その技術を有する佐治タイルの支援を得て日産10m<sup>3</sup>のパイロットプラント（図26）を建設した。商品・事業としての成功を得るために三菱鉱業（現三菱マテリアル）の参画を得た。1968年に日産400m<sup>3</sup>の生産工場を建設し「日本セイライト工業株式会社」を設立した。人工軽量骨材の研究開発と事業化を推進した筆頭副社長は1966年に清水建設として初めて清水家と血縁のない社長として就任していた。「セイライト」は社長となった吉川精一（ヨシカワセイイチ）の名の「セイ」と軽量の「ライト」から合成したものであった。研究開発から会社設立まで約10年を要し、かかった費用は当時の金額で一億円を超えるものであった。副社長として、さらには社長としての吉川の並々ならぬ熱意・期待がもたらした結果であった。

しかしながら、環境規制、原料枯渇、ビジネス競争激化などにより、1969年、清水建設は人工軽量骨材ビジネスから撤退し、日本セイライト工業は三菱鉱業（現三菱マテリアル）単独経営となった。人工軽量骨材マーケットも1997年に70万m<sup>3</sup>であった出荷量が、2007年には20万m<sup>3</sup>強に低下している。ALA協会も企業合併や多くの変遷があり、4社構成となっている。

清水建設における人工軽量骨材の開発は、超高層建築の到来を予測し、マーケットも十分に予測した開発であり、研究・開発、製造・販売までを手掛けたものであった。最高経営責任者が自ら発案し、強いリーダーシップで費用・人材も投入した。開発の課程では技術を有する他産業の指導参画を仰ぎ、事業化にはその材料分野の主要企業との連携も行った。それにも関わらずビジネスとしては失敗に終わったのはなぜであろうか。この材料の研究開発・事業化プロセスの分析は建設業が材料開発にどのように取り組むべきかの基本問題が関わっていると思われる。

若干の分析を以下に述べるが、本件は他の建設材料開発例を含めて「建設業と材料」という「建設業のMOT」研究の重要課題と考える。前述の製鉄産業におけるH形鋼のような企業・産業の存亡に関わる重要な課題とは内容が大きく異なるものである。

1. 人工軽量骨材はRC造マーケットの中でもニッチ分野であるにも関わらず、多くの企業が参入した。人工

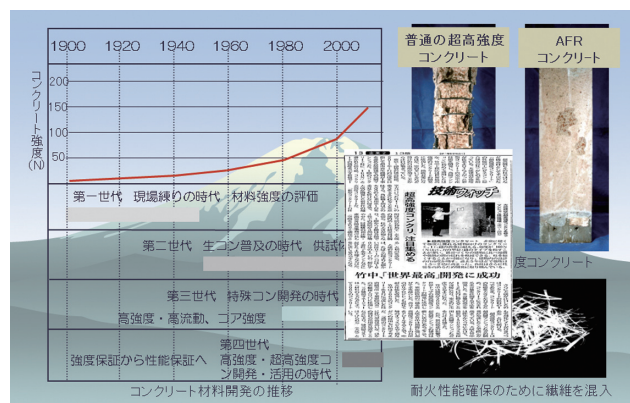


図22 竹中は 300N/mm<sup>2</sup> 可能と報道（日経新聞）

### 軽量骨材セイライトの開発

- PC版製造(集合住宅)
- ハウス55開発
- 大島火山灰建材開発
- NEFMAC開発
- CFRP建材開発

図23 清水建設の材料開発の歴史



図24 メタポリズムが志向した巨大構造 (Wikipedia)

### 建設業界は超高層建築への準備開始

S34 久良知研究部長 欧米視察で軽量骨材持ち帰る

S35 吉川副社長 海外より軽量骨材持ち帰る

高層ビル建設のために軽量化を目指し  
研究所に軽量骨材開発指示

以後 吉川社長の熱意で推進!

図25 清水建設の人工軽量骨材セイライト開発の歴史



軽量骨材需要が多かった1997年でも総需要量は70万 $m^3$ 、1997年の通常のRC用骨材需要は約1,200万 $m^3$ で、人工軽量骨材はその6%弱にすぎない。

2. 建設業には材料事業のセンス・体質がほとんどない。建設業は受注産業で需要を予測して先行投資する志向がないし、そのような発想・体質の社員も育っていない。仕様・金額の定まった案件についてQCDSEを最大にするために業務を遂行する産業である。材料産業は自らマーケットを予測し、リスクを負って工場建設などの事前大型投資を行い、国際的な原料確保や販売ルート確立などを行う産業である。建設業にはそのような知識・経験がない。
3. 建設業は1案件が数億円から数百億円規模である。1支店の売り上げ規模も数百億円から数千億円規模である。1件数百万円規模のビジネスや年間売上高数億円規模のビジネスは会社としてほとんど無視される。
4. 建設材料販売はすべての建設業が買い手であるが、競争相手の建設業は、競争相手の商品に余程のメリットがなければ購入しない。
5. 現業出身の経営トップ、受注産業体質の社員という建設業の風土には、予測生産・初期投資型のビジネスは根付かない。

清水建設では人工軽量骨材以外に図のような材料開発を行った(図23)。ハウス55(図27)開発も人工軽量骨材の開発と同様な理由でビジネス化から撤退した。ハウス55は1976年に当時の建設省・通産省が高品質かつ低廉な住宅を提供するとしていった国家プロジェクトである。延床面積100 $m^2$ の住宅を、1980年(昭和55年)時点で500万円台の価格で大量供給可能な住宅生産システムを構築することを目標に掲げた。

提案競技が実施され、42の企業グループが応募し3グループが選出された。そのうちの 하나가清水建設・日立化成・日本通運・北進合板の(SG-4)グループ、他はミサワホーム・昭和電工・日新製鋼・日立製作所で構成されたミサワホームグループ(MG-55)、他に新日鉄・竹中工務店・松下電工の(TOPS)グループであった。

清水建設は早期にこのプロジェクトから撤退し、筆者の記憶では小堀住建(現SxL)に開発を引き継いだ。当時、開発担当者になぜ撤退したかを何度となく尋ねたが、あいまいな答えしか得られなかった。彼らの回答を筆者が今まとめると、この開発は材料開発・工法開発・住宅販売一体開発で材料ビジネス・住宅販売ビジネスは建設会社にはなじまないと言う内容であったと考えられる。では、なぜこの計画に応募したのか今となっては不明であるが、材料ビジネスと住宅ビジネスはいわゆる大手ゼネコンの体質に合わ

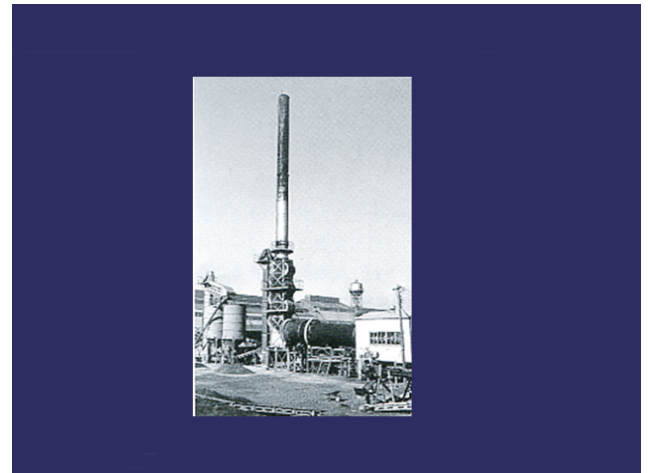


図26 セイライトのパイロットプラント(清水建設提供)

1976年 建設省と通産省が推進した国家的事業。80年代に高品質の住まいを低廉な価格で供給することを目的とした。

「ハウス55プロジェクト」の“55”とは100 $m^2$  500万円台住宅提供) 110社の一流企業参加

清水グループ、新日鉄グループ、ミサワグループ入選

しかしながら!

清水は技術・権利を譲渡し戸建ビジネスから撤退。



図27 ハウス55開発





図28 ミサワホームはニューセラミックの住宅で成功した



図29 住宅メーカー業界はニューセラミック系・風がブーム

ない事業であることは確信できる。

一方、ハウス55に当選したミサワホーム（図28）は「ニューセラミック」と言う新建材を開発した。このことは建築産業に革命をもたらしたと高く評価される。小堀住建もハウス55の木質パネルの施工性を追求し、低価格で高品質を充足させる住宅を今も売り続けている。現在では多くの住宅メーカーがニューセラミック系・ニューセラミック風材料を活用してビジネスを展開している（図29）。材料開発と住宅ビジネスを両立させた両者の努力・体質と、大手建設業の体質には根本的な差があると思われる。技術開発とビジネス展開で企業風土と言うものが大きく影響を与える好例である。

他の大手建設業も人工木材、人工骨材などの開発を行った例があるが、ビジネスに成功したと言う話は聞かない。

## 6 | 建設業が得意な材料系部材ビジネス

図23に挙げた「PC版製造（集合住宅）」は材料と言うよりも建設部材ビジネスであるが、筆者が関与した開発としては最も成功したものとする。

第二次世界大戦後、住宅不足対策が国家の最大課題となった。1955年に日本住宅公団が設立され、1959年には200万户程度の住宅不足が言われ、中層アパート開発を推進した（図30）。建設業各社では住宅建設技術開発を推進した。清水建設も研究者をフランスのPC版プレファブ会社のカミュに派遣し研究を進めた。入社直後の筆者もその開発メンバーの一員となった。この開発には研究所と設計本部の構造技術者が多数参加した。相模原にPC版製造工場（図31）を設置し、後に取締役役に就任する現業のエリート技術者も参画した。1966年にはPC版プレファブアパート建設を担当する量産住宅部が設置され多数の営業部員も参画した。1967年には7棟200戸の神奈川県菅篠山団地公営住宅が完成した。（図32）



図30 戦後、日本住宅公団は中層アパート建設を推進



図31 相模原のPC版工場と現在のSCプレコン社（清水建設提供）



図32 神奈川県菅篠山団地（清水建設提供）



1968年には、清水建設は大阪支店にPC工場を建設した。その後、名古屋・神戸・千葉・沖縄と次々とPC工場が設置され、1972年には全国で年間生産能力1万戸を超える規模に成長した。

吉川社長の指示により移動式PC版製造装置（キャラバンプラント・ケスティングシス）もドイツから導入されて活躍した。（図33）

新しいビジネスの展開に研究所・設計本部・建築現業・営業本部と全社横断の組織が設置された。このプロジェクトはトップダウンと同時に、世間のマーケットニーズに押されて企業全体の総意として醸成された雰囲気であった。

量産住宅部は中層住宅を対象としていたが、まもなく高層住宅の時代となった。そのための技術開発として川崎製鉄、八幡製鉄と共同開発したKS工法、YS工法が普及した。KS・YS工法はRC構造と鉄骨構造の混合で、その後の混合構造工法のさきがけとなった。

1970年に建設省（現国土交通省）、通産省（現経済産業省）、日本建築センター主催のパイロットハウス技術考案競技が開催され「清水式センターコアシステム（CCSS）」が最優秀を受賞した。このシステムで分譲住宅の一般販売ビジネスにも参入し成功した。1972、73年には検見川に建設した住友検見川ハウス（図34）でCCSSのノウハウが活かされた。

建設の生産性向上が至上命題となると現場打ちRC造からPC版導入工法が重要視されるようになり、従来のPC工場技術、PC版を導入した工法が重要となった。生産システム改革のためのコンクリート工事のプレキャスト化は、建設産業においては繰り返し行われ続けてきた。その技術の基本はPC版プレファブ時代に培った技術であり、別会社化されたPC版製造会社の活用であった。建設産業にあっては、もっとも慣れ親しんだコンクリート系の材料と部材が商品開発、ビジネス両面で成功できるものであった。

新ビジネス展開は、やはり企業のコア技術・コアビジネスに関連した分野でこそ発展可能である。

## 7 | 新素材開発への挑戦

第9章 建築と材料（1）で述べたように「建築とは空間創造である」と言う建築認識に基づき、1980年代の初め、米国オハイオ州にあるバテルメモリアル研究所（以下、バテル研究所）に「21世紀の建設構造材料」の探索を依頼した。（図35）

バテル研究所からは200以上の新材料コンセプトが提案された。世界の各地に生育する植物素材（パピルス、稲わら、とうもろこしの茎など）をコンクリートの補強に活用する提案は、実際に試作も行った。戦時中には竹筋コンクリートが実際建設され、現存する鉄道橋もあるとWikipedia



図33 移動式のPC版製造プラント（清水建設提供）



図34 住友検見川ハウスと清水センターコアシステム（CCSS、清水建設提供）



図35 バテル研究所への調査依頼（1980年代）



図36 竹筋コンクリートの可能性のある福井川橋梁 (Wikipediaより)

には記載されている(図36)。ただし、竹はアルカリに弱いと言うことで戦後、活用されなくなった。筆者らが行った稲わらコンクリートは、稲わらを中央に入れコンクリートでサンドイッチにしたものであった(図37)。現在でもセルロース繊維をコンクリートの補強とする方法はパルプを中心に多くの特許が取られている。

検討の結果、繊維補強プラスチックを鉄筋や鉄骨の代替とする方法を実用化することとした。繊維としては炭素繊維を中心とするCFRPに注目した。当初は異形鉄筋の形状のものを考案し、磁性を嫌うマグレブ(リニアモーターカー)の軌道への適用が行われた。このアイデアはただちに多くの企業が参入し、研究開発競争が激化した。(図38)

当時、マグレブの実用化はかなり先と予想したために、一般のコンクリート構造物への適用を思索した。CFRPはかなり高価なため、棒状CFRPは一般コンクリートへの適用には経済性に乏しかった。コンクリートの補強として溶接金網があることから、CFRPを網目状にすることを発想した。網目の製作方法探索のために溶接金網メーカーや魚網メーカーを数多く訪問した。

米国では冬季の消雪を目的に塩を大量に散布するため、道路や橋梁の鉄筋が腐食し大きな社会問題となっていた。ビニール塗装した鉄筋などが利用されていたが、鉄筋加工時に破損し、その個所から腐食が進む事故も発生していた。そのため、プラスチックを井桁にした材料(繊維補強は無い)も検討され始めていた。

このことをも参考に腐食の激しい部分に適用されるRCをマーケットの対象にしてビジネス展開を考えた(図39)。建築・土木の学協会や当時の建設省とも相談して適用対象の構造技術、耐食性などについて検討し、規準化も試みた。

人工軽量骨材「セイライト」などの過去の材料ビジネス失敗を参考にしてビジネスプランを検討した。材料ビジネ

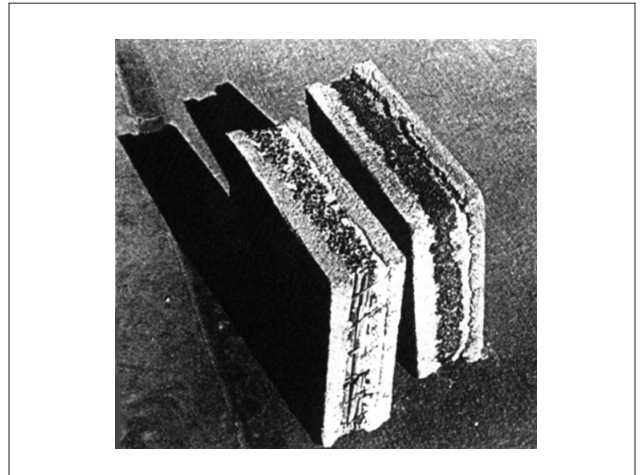


図37 試作した稲わらコンクリート

名称	形状	使用繊維	使用樹脂	太さ	開発会社	販売会社	
F i B R A	粗粒ロッド	アラミド繊維 炭素繊維 ガラス繊維	エポキシ樹脂	リジッドタイプ 径7.3-14.7mm フレックスタイプ 径10.4-14.7mm	三井建設㈱ 神鋼鋼線工業㈱	神鋼鋼線工業㈱	
C F C C	ストランド	炭素繊維	エポキシ樹脂 ビスマレイド樹脂	径5-40mm	東京製鋼㈱ E-I-I-EI/エフイーイー	E-I-I-EI/エフイーイー	
一次元	テクノーラロッド	丸形ロッド 異形ロッド 平板ロッド	アラミド繊維	ビニルエステル樹脂	丸形ロッド 径3-8mm 異形ロッド 径3-8mm	住友建設㈱ 帝人㈱	帝人㈱
	リードライン	異形ロッド 丸形ロッド	炭素繊維 (ピッチ系)	エポキシ樹脂	異形ロッド 径5-12mm 丸形ロッド 径3-11mm	御大林組 三菱化学㈱	三菱化学㈱
	アラブリ	平板ロッド 丸形ロッド	アラミド繊維	エポキシ樹脂	平板タイプ 20×1.5-5.0mm 丸形タイプ 径5.0-7.5mm	鹿島建設㈱ 日本アラミド㈱	日本アラミド㈱
二次元	ネフマック	二次元格子	炭素繊維 ガラス繊維 アラミド繊維	ビニルエステル樹脂	炭素繊維使用 筋番6-22mm ガラス繊維使用 筋番2-22mm	清水建設㈱ 旭硝子フイック ㈱	ネフコ㈱

注) この表の作成に当たり、ACC倶楽部編「新素材施工実業」を参考にした。

図38 鉄筋代替CFRP棒

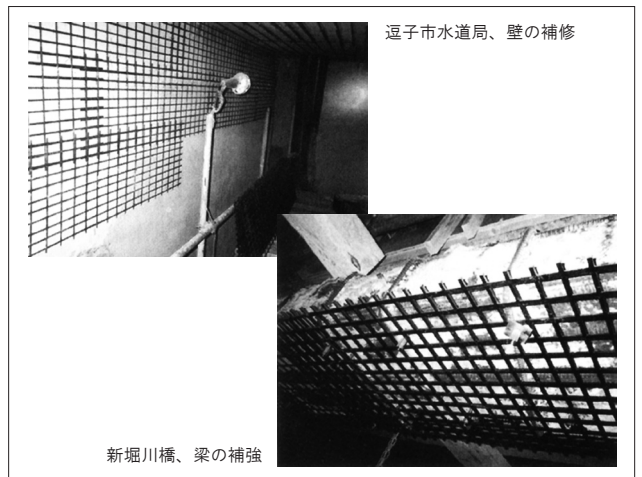


図39 CFRP(ネフマック)の適用



図40 鉄筋代替CFRPビジネスのネフマック社カタログ



図41 米国ニューハンプシャーでのネフマック試用実験

スのノウハウを有する旭硝子関連会社の旭硝子マテックス（現AGCマテックス）と共同出資でCFRPを製造販売するネフマック社を設立した（図40）。清水建設の技術研究所からは最もビジネスマインドのある人材2名を派遣した。企業運営には清水建設の影響を可能な限り排除し、販売対象も建設業各社に広めた。ネフマックの適用範囲を土木にも拡大し、ネステムと言う盛土補強材も開発・販売した。

清水建設から派遣された人材はエリート人材であったので、建設各社に営業に行くたびに屈辱的な扱いを受けると悲鳴を上げてきた。材料販売会社社員としては当然の待遇だったであろうが、彼らには苦痛なことであった。

筆者は当時、米国駐在中であったので、米国・カナダへの普及を試みた。ネフマック社には国内の専用特許使用権を譲渡したが、海外特許は清水建設が保有した。特許戦略をどのようにするかを議論した末の判断であった。米国連邦政府の道路局、米国の大学の研究者、カナダ政府建設研究所、カナダの道路補修会社などと試験・試用を繰り返した。（図41）

数年の試用の結果、ニューハンプシャー州政府は道路橋への本格的な適用を許可した（図42）。ニューハンプシャー州への適用はニューハンプシャー州立大学との共同研究開発であった。カナダでは道路補修会社がネフマック技術を導入することになり、現在でもそのビジネスは続いている。

筆者が米国滞在中、日本国内では製品が土木用ということで、ネフマック社の担当部門が研究開発系から土木事業本部に移動した。土木事業本部は、ネフマック社の事業を製鉄会社の関連化学会社に譲渡した。ネフマックを販売している化学会社の担当者からの昨年の年賀状では、そのビジネスは大変、盛況ということであった。ネフマックビジネスは国内、海外ともに順調であるが、清水建設・建設業としては根付かなかった。おそらくその理由は、人工軽量



図42 米国ニューハンプシャー州の実橋へのネフマック適用

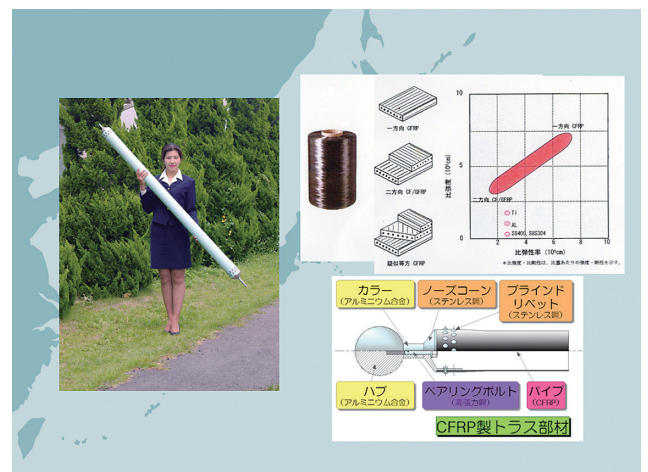


図43 東レと共同開発した鉄骨代替CFRP

骨材「セイライト」で述べた理由に重なるのではないかと  
思われる。

筆者は米国より帰国して鉄筋代替ビジネスの撤退を残念  
に思い、鉄骨代替CFRP開発を東レと行った(図43)。東  
レの努力でいくつかの屋根トラスとして適用された(図  
44)。FRPトラスは、腐食性の場所(プールの屋根など)  
にはライフサイクルコストとして、鉄骨トラスよりも経済  
性は高い半面、初期コストが高いために大きく普及するに  
は至らなかった。

CFRPの普及のために、かつて製鉄産業がH形鋼を普及  
させた歴史に学び、東レと共同で産官学へのアプローチを  
行った(図45)。政府が進めたナノテクノロジー技術開発に  
提案し、内閣府の府省連携プロジェクト「ナノ・材料開発」  
の「革新的構造技術開発」にもCFRPを提案した。(図46)

当学協会では推進する委員会の委員長を務め、プロジェ  
クトから新しい産業が起こるように、社会全体の関係者の  
力の結集を図った。この種の国家プロジェクトは研究開発  
が成功し、試作建物は作ったがそこで終わりと言うケー  
スが多い。筆者はそのようなことにならないよう常に心が  
けてきた。

しかし、残念ながらプロジェクト半ばで会社を退職する  
こととなり、社内外の関係者には、ビジネス展開まで推  
進するようにお願いしてプロジェクトから離れた。現在の状  
況は筆者が恐れていた状況になりつつある。この種のプロ  
ジェクトのビジネス展開成功には、経営トップの強い意思  
と情熱ある担当者の存在の両輪が必要だが、「革新的構造  
材料プロジェクト」の現状はそのような状態にないのでは  
と懸念している。

## 8 | 建設業は材料をビジネスにできるか

日本の電子部品メーカーはその技術・商品機能で世界  
のリーダーである。その理由の一つに企業独自の材料を開  
発し商品に適用していることがあげられる。超小型コンデ  
ンサーや精密セラミック部品などである。彼らはその材料を  
通常、競合他社には販売しない。自社と全く異なる商品へ  
の適用の場合には販売する。

自動車会社は軽量化のために多くの材料開発を行うが、  
その材料をビジネス化して他に販売しようとはしていない。

製造メーカーやサービス産業などの場合、自社製品のた  
めの材料開発そのものをビジネスにすることはいろいろな  
障壁があることは既に記したところである。

建設構造材料も結果としては建設会社の新ビジネスにす  
ることは困難と思われる。自らの建設行為の中でビジネス  
競争に活用するのが本来の姿ではないだろうか。

構造材料としても木、コンクリート、鉄といった歴史の



図44 CFRP 立体トラス屋根



図45 CFRP 普及のための関連学協会への対応

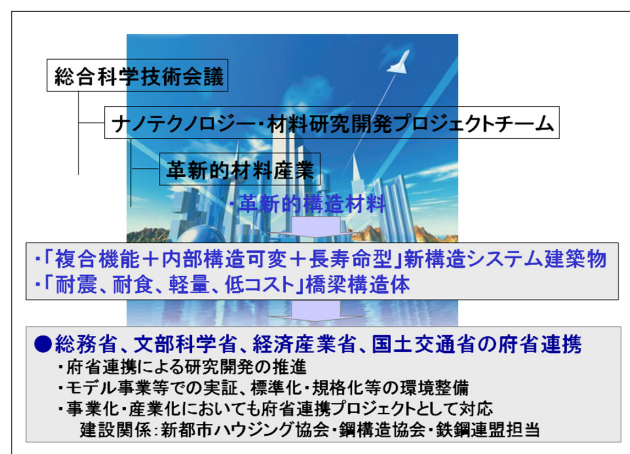


図46 府省「連携プロジェクト」革新的構造材料



長い既存材料にとって代わる材料開発は今後も困難と思われる。新素材はニッチな分野で活躍するのが基本と考える。

材料ビジネスに限らず建設業が受注産業と異なるビジネス分野に参入しようとする場合、M&Aなどその分野の人材・社風を持つ企業の買収によるのがよい。そして、買収した企業に受注産業体質による管理を行わない姿勢が重要である。あるいは経営トップが建築・土木現業出身でない人材ならば、可能性が広まると思われる。かつて、銅鉦山と精錬で繁栄した同和鉦業（現同和ホールディングス）では社長に財務出身者、さらには労務出身者が就任し、都市鉦山リサイクルビジネスなどビジネスの大変換を成し遂げ、成功している。

とは言え、「破壊的イノベーション」が建設産業でも発生する可能性はゼロではない。建設業でも過去に破壊的イノベーションがあった(図47)。デジカメの出現でフィルムカメラやボラロイドカメラはほぼ消滅した。古くは自動車のバンパーは鉄から新素材に変化し(図48)、テニスラケットも木材から新素材に変わった(図49)。電気自動車が普及すればガソリン自動車用の部品メーカーは消滅するであろう。建設業にあっても材料革命が建設業に「破壊的イノベーション」をもたらす可能性を今後も追及することを期待する。

●参考文献

1. 北後寿「第14章 高力ボルト接合」『日本建築鉄骨構造技術の発展』, 鋼構造出版, 1998
2. 小幡学「第2章 構造架講の変遷」『日本建築鉄骨構造技術の発展』, 鋼構造出版, 1998
3. 西田知文「H形鋼価格の長期時系列決定要因分析」『建築コスト研究』2008, SPRING
4. WEBサイト「man@bow」
5. 藤盛紀明「鉄のようなコンクリートとコンクリートのような鉄」『コンクリート工学』Vol.38 No12, 2000.12
6. 飯塚崇文他「超高強度繊維補強コンクリート“ダクタイル”を用いた連絡橋の設計・施工技術の開発」『大成建設技術センター報』第38号, 2005
7. 奥村文俊「超高強度繊維補強コンクリートの引張軟化特性に関する研究」岐阜大学
8. 『技術研究所の年輪—50年のあゆみ—』清水建設, 1994
9. 『清水建設二百年』清水建設, 2003
10. 「技術から見た建設産業の未来(7)」『鉄構技術』2001.10月
11. SCプレコン社ホームページ



図47 日本建設業に起こった破壊的イノベーション



図48 破壊的イノベーション (自動車のバンパー)



図49 テニスラケット