



ecom

39

September 2014

— 特集 —

耐火なecom



ecom

<http://ecom.sus.co.jp>

建築を変える力に

鉄をアルミに変えることに挑みます。

軽いアルミは、人の手で運びます。

精度の高いアルミを、短工期で組み立てます。

錆びないアルミは、メンテナンスフリーです。

そして、鉄の建築がアルミのプロダクトに変わりました。

アルミ技術力でお客さまの課題を解決しました。

短工期を目指して

SUS株式会社
代表取締役社長 石田保夫

今年3月29日、「マッカーサー道路」の通称で知られる東京都の都市計画道路、環状二号線の新橋・虎ノ門間が開通しました。大規模な再開発事業の一環で、道路の全線開通・周辺施設の整備など現在も工事が進められています。中でも、異なる工期短縮の技術が用いられた二つのプロジェクトが話題となりました。

■隅田川橋梁（仮称）の架設

一つ目は今年4月下旬より大規模な土木工事ショーを披露した隅田川橋梁（仮称）です。現場での工期を短縮するため、全長245mの橋梁を3つのブロックに分けて工場で作。台船で現地まで海上輸送し、大型のクレーン船を用いて架設しました。完成予定は2016年3月末ですが、各ブロックの架設はわずか半日ほどで終了し、18日間の一括架設方式で概ね橋梁の形が出来上がりました。特に最後に行われた橋の中心部分である中央径間123m、約2600tの架設は圧巻で、勝鬃橋に多数の見学者が集まりました。

この巨大な中央径間の製作では、まず堺市・知多市の工場でパーツをつくり、台船で横浜市へ輸送。クレーンで運搬可能な重量3000tを超えないよう調整し、一部を除いて組立が行われました。出来上がったブロックは5月7日に豊洲埠頭沖に到着し、架設へ向けた準備を済ませた後、翌8日の6時にクレーン船で吊り上げられました。その後はそのまま約3.5kmを30分かけて移動し、隅田川へ入域。11時45分ごろには左右の側径間と連結し作業

を終了しています。

こうした一括方式採用の背景には、隅田川を航行する遊覧船や小型タンカーなど多数の船舶・水域利用者への影響を最小限に抑える狙いがありました。

■虎ノ門ヒルズの建設

二つ目は、6月11日にオープンした虎ノ門ヒルズです。都内でも2番目の247mという高さを誇り、地下部分を環状二号線が貫通する超高層複合ビルとして話題になりました。1.7万㎡の敷地で、地下に幅20mの道路を敷設する工事と、地上52階建て建築物の工事が同時に行われたのです。

実施されたのは、地上から地下を掘削すると同時に、上部の構造物を建設する「逆打ち工法」と呼ばれるものです。作業や資材置場に使用できる敷地が少なく、荷捌き場を十分に確保でき



大型クレーン船によって据え付けられる隅田川橋梁の中央部。

工から3年で竣工しました。「逆打ち工法」の効率的な施工計画や合理的な現場管理によって工期短縮し、建築工事費の削減も実現しています。

■ホーム上家の工期短縮

工事規模は異なりますが、SUSにおいても、前記の工事と同様の事例があります。JR東日本と共同開発した「アルミ製回転式ホーム上家」です。工期短縮により駅ホーム利用者への影響を最小限に抑え、建築工事費の削減も実現しました。

「ホーム上家」は、工場にて高い精度



虎ノ門ヒルズ

で柱梁を加工し、柱間ごとに一体の屋根を組み立てます。それら軽量の部材をホームに立てた仮囲いの中へ搬入。昼間に基礎工事と柱・梁・屋根の建て方工事を実施します。このとき屋根は垂直に立てられた状態であるため、ホームを占有する面積は最小限で済み、頭上の危険もありません。昼間の施工が完了したら、夜間に仮囲いを撤去し、支柱に組まれた屋根、梁を旋回・固定し、完成となります。

この構法で、線路閉鎖、機電停止の日数を大幅に減らし、工期短縮を実現しました。また、高所作業が減ることとで作業の安全性が向上し、夜間作

業工数の減少などで人件費が抑制され、工事費も大きく削減されます。ホーム上家はこれまで鉄骨造が大半でしたが、アルミ押出材の高い精度、軽量さという特性を生かし、現在までに5棟を完成させました。

■短工期を目指して！

アルミ製回転式ホーム上家で目指したのは、「一夜城」のイメージです。仮囲いを取り去った朝、利用客の目には、一夜にして上家が出来上がったように映っただろうと想像します。

これも含めeconsでは短工期を目指していますが、その理由は何だと思えますか。アルミ造であるため、高価とされるeconsの建築・構造物ですが、その特性を利用し短工期を実現すれば工事費を軽減でき、加えて投下資本回収開始の早期化など優位な事業計画を立てることができるのです。

econsにおける短工期の方案は、まず工場で搬入・現場作業を効率化できるように、製品を製作・加工・組立することです。工場生産にて、製品の精度も向上します。次に、設置現場では「ホーム上家」のごとく合

ないため、立体的な仮設ヤードを設置しました。掘削される土砂41万㎡と、掘った後に打設するコンクリート17万㎡の搬入出を1階で行い、2階で超高層ビルに用いる大量の鉄骨を荷捌きしました。通常は1階で捌く内装材など軽量の仕上げ材は、地下2階で仮設のエレベーターに積み込み、各階へ運搬する方法をとりました。

虎ノ門ヒルズにおける大規模な土木・建築工事は、2011年4月の着

理的な構法を発想しています。例えば、では、econs37号「econsの基礎」で現場打ちコンクリート基礎に替わるプレキャスト・コンクリート基礎などを、38号「econsの鉄骨」で溶接などの技術を必要とせず簡易に組み立て・解体できる鉄骨構造体を提案しました。これらを採用することにより、静岡事業所実験棟と同様のものをつくる場合、約2カ月かかった工期は半分ほどの1カ月になると試算しています。

工場での製造を基にした、部材の規格化・標準化。さらに発展させたユニット化・ブロック化は、プロダクト生産的な建築工事を実現し、短工期とそれによる工事費の低減に加えて、品質向上・作業安全の確保に結び付くと考えています。

最後に、前号で記述したアルミ・ハイブリッド壁パネル（耐力壁）の1時間載荷加熱実験の結果を報告します。今回は不適合でしたが、適格への確かな見通しを得ることができました。今後は、合理的・効率的な作業計画にて円滑な工程を進めたいと思っています。これこそ、短工期でありま

- 03 **短工期を目指して**
SUS株式会社 代表取締役社長 石田保夫

【特 集 1】
07 **耐火なecoms**

耐火の目的である火災
建物の火災と防耐火
防耐火の法律
現行の防耐火における規定と評価認定・例の分析

建築基準法改正でルートが多様に
遊佐秀逸 — 建築物の耐火設計法

積水化学工業の耐火・不燃材料
積水化学工業株式会社

わずか1mmの塗膜が鉄骨を火災から守る
関西ペイント株式会社 — 耐火塗料

蓄積されたデータと大型実験設備が生む
株式会社 竹中工務店 — 竹中工務店の防耐火

「耐火なecoms」への挑戦

23 **t² 増減動が可能なシステム その3**

- 【連 載】
25 **テクノロジーの明日** 第4回 正橋直哉／第5回 八高隆雄

【特 集 2】
33 **ecomsのSA、PA**

全国のSA、PAに展開するエコムス

サービスエリアを現代の宿場として機能させる
安島博幸

喫煙ブース
常設店舗・仮設店舗
宿泊施設・休憩施設
バス停・EV給電施設・料金所地下通路屋根・太陽光パネル架台ほか

これからのSA、PAとアルミ
西日本高速道路株式会社

- 【連 載】
51 **動く建築**
Vol.11 blum

- 【連 載】
55 **アルミ構造設計入門 Vol.35**
アルミ建築構造の普及・発展を願って—最終回—
飯嶋俊比古

- 58 資料請求アンケートハガキ
次号予告／バックナンバーのご案内／ショールームのご案内

- 61 **ジャパンホーム & ビルディングショー 2014
ecoms出展**



表紙／関西国際空港 第1ターミナルの鉄骨工事
写真撮影／畑祥雄
写真提供／岡部憲明アーキテクチャーネットワーク

関西国際空港は、日本で2番目に耐火塗料が使用された建物になります。建築基準法の規定では、GLより4m以上ある部分は耐火被覆の必要がありません。それゆえ、鉄骨下部の白く塗装されていない黒い部分がその対象となり、鉄骨工事完了後、耐火塗料が施されました。

耐火なecons

アルミは不燃材料です。
しかし、アルミは、鉄の1538℃と比較して融点が660℃と低く、耐力、引張強度が200℃で著しく低下します。
そのため、アルミの建築プロダクトは、防耐火性能に劣り、その設置場所が制限されます。
耐火なエコムスでアルミの進化に挑戦します。



写真提供…毎日新聞社

防耐火の目的である火災

総務省消防庁の「火災」の定義は、「人の意図に反して発生し若しくは拡大し、又は放火により発生して、消火の必要がある燃焼現象であつて、これを消火するために消火施設又はこれと同程度の効果のあるものの利用を必要とするもの、又は人の意図に反して発生し若しくは拡大した爆発現象をいう」です。その種類を、建物火災（建物またはその収容物が焼損した火災）、林野火災、車両火災、船舶火災、航空機火災、その他

（空地、田畑、道路、河川敷、ゴミ集積場、屋外物品集積場、軌道敷、電柱類等）と分けます。よつて、建築基準法、消防法における防耐火に関する条文の大半は、建物火災を対象としています。

火災の出火件数は、2013年に48,095件です。12年の比較では88%増ですが、過去5年間でみると漸減しています。建物火災25,053件（出火件数の52.1%）は、そして、住宅（28.3%）、そのうちの一般住宅（住宅出火の65.3%）、

くづれ落ちた壁畫

昭和十年代の前だったと思ふが、何を思ひつuitか、法隆寺金堂壁畫を國費で、薬品加工する、模寫もすると云ひだした。・・・中略・・・私は多くの進歩主義者を難じ、かういふことをすることが結局、壁畫を滅ぼすことに通ずるのだと云ひ切ったのは、騎虎の言論だったと反省するが、昭和二十四年、模寫をしてゐた者の電氣座蒲團の扱ひの不注意から焼亡した。・・・中略・・・この繪を描いた昔の人は、朝の間に粥をすすり、寒中も麻單衣一枚で、しかも現身はさながら浄土の禮樂温暖の世界にゐて、無心に描いてゐたのにちがひない。さういふ作品であつた。

・・・中略・・・そのさき伊勢の遷宮の為に用意された御材料の一部を金堂補修に流用したといふ噂があつた。・・・中略・・・しかし太子は、それが間違つてゐるといふことを世人に教へ、御自身は申談ないと思召され、金堂焼亡はこの太子の御意志に發したのだ、大和の人々は、かういふ解釋を口から口へ傳へた。・・・後略・・・

保田興重郎「日本の美術史」より

表-1 2012年、13年の火災統計

	2012年	2013年	12年／13年
出火件数・合計	44,189	48,095	108.8%
建物	25,583	25,053	97.9%
住宅	14,150	13,621	96.3%
一般住宅	9,251	8,892	96.1%
共同住宅	4,313	4,103	95.1%
林野	1,178	2,020	171.5%
車両	4,549	4,586	100.8%
船舶	87	91	104.6%
航空機	1	3	300.0%
その他	12,791	16,342	127.8%
焼損棟数	35,427	35,031	98.9%
建物焼損床面 (㎡)	1,138,178	1,183,724	104.0%
1件当り	44.5	47.2	106.1%
損害額 (万円)	8,969,863	9,078,239	101.2%
1件当り	203	189	93.1%
死者数・合計	1,721	1,625	94.4%
放火自殺者を除く	1,323	1,278	96.6%
住宅	1,145	1,100	96.1%
放火自殺者を除く	1,016	997	98.1%
逃げ遅れ・比率	50.0%	51.5%	
65才以上・比率	66.6%	70.5%	
出火原因別・住宅 こんろ	19.3%	こんろ 18.6%	
たばこ	12.4%	たばこ 12.5%	
放火	9.3%	ストーブ 8.3%	
ストーブ	8.3%	放火 8.2%	
配線器具	4.4%	放火の疑い 4.5%	

図-1 過去5年間の火災の推移

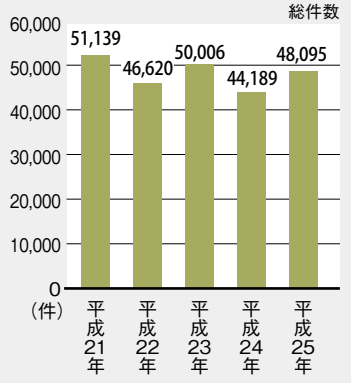
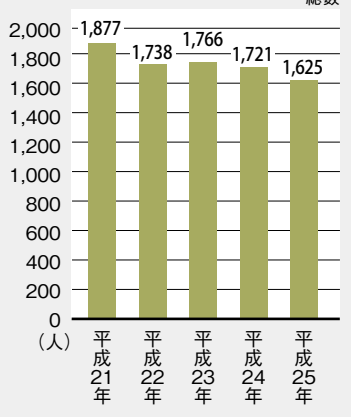


図-2 過去5年間の死者の推移



共同住宅（30.1%）も、5%以下ですが、減少となっています。さらに、死者合計は、そして住宅での死者（合計の67.7%、約2/3）も、出火件数の増加に反して、減少しています。住宅での死亡原因においては、「逃げ遅れ」が半数で、さらに、「65才以上」の高齢者が2/3以上を占めます。住宅火災の出火原因は、両年とも、「こんろ」と「たばこ」を合わせて30%強です。

この結果より、住宅の火災では、「こんろ」と「たばこ」によつて出火し、高齢者が主になり「逃げ遅れ」で焼死するケースが多いとまとめられます。これに対して、04年の消防法改正にて、住宅用火災警報器設置が、新築住宅は06年6月、既存住宅は11年6月にすべての市町村で、義務付けられました。12年6月時点で、全国の設置率は約78%と推計されます。

建物の火災と防耐火

住宅（建物）火災の初期においては、前述にならうならば、「こんろ」「たばこ」などの「火種」が、可燃物に「着火」し、酸素の供給などによって「着火」します。この段階の防火は、「火種」が「着火」「着火」しないようにする、いわゆる「火の用心」であり、「着火」後は注水、消火器などでの消火になります。

初期で消火できなかった場合、おおむね2分後に壁などに着火し、燃え広がります。この段階での防火は、内装仕上げの不燃化、難燃化や自動消火設備、火災報知・警報設備です。この時、消火努力の継続か、避難かを判断します。その後、30秒で天井に火がまわり、初期消火はそこまでといわれ、消防署へ通報します。消防白書（平成21年版）によれば、「通報より放水までに要する時間」15分以内が90%となっています。

この段階で、フラッシュオーバー現象（初期の火災がある段階で急に区画全体の火災に拡大する現象）が発生する場合があります。煙層の温度が500℃、600℃になった時、区画内の可燃物、そこから放出された熱分解ガスが一気に燃えます。この現象が起こると、大量の煙と急激な熱膨張のため区画内の圧力が高くなり高温900℃以上の気体が区画外へ一気に噴出されます。この発生

防耐火の法律

防耐火を定める法律として、基本となる建築基準法を中心に、消防法、都市計画法に触れます。左の表にあるように、消防法が1947（昭和22）年、建築基準法が50（昭和25）年、遅れて、都市計画法が68（昭和43）年に制定されました。条文にある防火、耐火という言葉の使用数は、建築基準法では防火168回、耐火41回ですが、消防法、都市計画法では防火のみそれぞれ183回、5回使われています。すなわち、建築基準法のみが、耐火Ⅱ「燃える、燃えない」を施策としています。

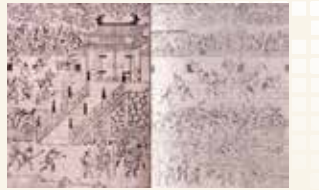
しかし、1950年の制定当初の建築

大火の基準

大火とは、大規模な火災、あるいは広域で多くの家屋を焼失した火災をいいます。

日本における初めての大火の基準は、1881（明治14）年の東京帝国大学「理科会粹・第三帙」になります。江戸、東京の大火を分析研究した論文に「火元から焼け止まりまでの直線距離が15町（約1,635m）以上に達したものとあり、これ以前に該当する火災は93件あります。次は、1951（昭和26）年の国家消防庁・消防研究所から出された「大火災の動態調査報告方」で、ここでは大火を「焼損面積3,000坪（約1万㎡）以上の火災」としています。また、損害保険料率算定会より54年に発行された「大火調査資料」では「焼失建物50戸以上の火災」を大火として、調査対象としました。現在では、76年の消防白書に掲載されている表「昭和21年以降の焼損面積100,000㎡以上の大火」の注「ここで大火とは、建物の焼損面積が33,000㎡（10,000坪）以上の火災をいう」が基準となっているようです。

東京消防庁WEBサイト、消防雑学事典「ぼやと大火」より



『むさしあぶみ』浅井了意 著
1772（明和9）年刊再版
「東京都立中央図書館特別文庫室所蔵」より

は、「着火」「着火」後3〜10分ぐらいで、火災実験でも検証されています。着火後の時間と温度との関係は、耐火燃焼試験の標準加熱温度曲線と一致します。

次に、火災、煙が、火元区画の外へ拡大します。その拡大の抑制、避難安全の確保のため、防火区画・防火壁、排煙区画・排煙設備、防火構造としての各戸の界壁、間仕切壁、小屋裏隔壁が設置されます。その後は、建物全体への火災が拡大し、木造住宅であれば最短約20分で全焼してしまいます。

ここからは、1棟の火災から都市火災はたまた大火へ拡大しますが、それには2つの拡大の道があります。1つは、隣接建物への延焼です。これに対する防火は、延焼のおそれのある部分である軒裏、外壁などを耐火構造、防火構造にする

ることや防火戸を採用することです。もう1つは、飛び火です。屋根を不燃材料でつくるか、または葺くことで類焼防止とします。さらに、都市計画法の防火地域制にて、市街地での火災の危険を排除するために耐火建築物などの建設を義務付けています。

日本では、世界三大大火（前号のシカゴ大火は含まれず）を、ローマ市14区のうち10区を6日7晩で焼き尽くしたローマ大火（西暦64年）、振袖火事と呼ばれる外堀以内のほぼ全域を、そして天守閣を含む江戸城をも焼失し死者10万人という説もある明暦の大火（1657年、右図参照）、そして、4日間でロンドンの家屋の約85%、13200戸を焼失し、意外に死者は5名であったロンドン大火（1666年）としています。

基準法は、建物単体の防火対策よりも市街地大火対策としての意味合いを強くもっていました。46年から57年までの12年間に、建物焼損面積が33千㎡以上の「市街地大火」が27件も発生しています。その後、建築基準法は、時代の要請に応えながら、次のように改正されていきます。

「50年代」建物防火対策
第1次改正（57年）では耐火建築物の建蔽率の緩和による耐火構造化の促進、第2次改正（59年）では耐火建築物、簡易耐火建築物の規定、内装制限の新設など、建物の防耐火が施策されました。

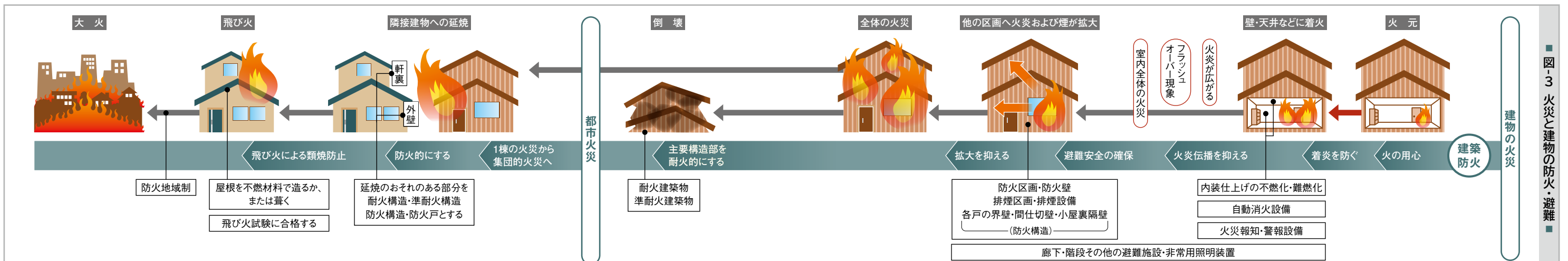
「60年代前半」高層建築物対策
第3次改正（61年）では「特定街区」による高さ制限31mの緩和、第4次改正（63年）では「容積地区」内の高さ無制限

によって、霞ヶ関ビルをはじめとする高層建築物が建設され、防火区画、避難規定などが整備されました。

「60年代後半、70年代前半」耐火建築物での防火、避難規定の強化
第5次改正（70年）では建築基準法の制定以来の大改正が行われ、防火、避難規定の強化を目指しました。73年にも、防火区画における防火戸の常時閉鎖の原則など煙対策も強化されました。同時に、消防法も、消防用設備、出火後の消火、避難誘導システムなどの規制が強化されました。

「75年代後半から90年代前半まで」上記の防耐火策の徹底と木造建築物の規制緩和
75年以降、数十人以上の死者の火災

表-2 火災の特徴と建築基準法の防火関連規定の変遷				
年代	火災の特徴	年	法規	建築基準法の防火関連規定の変遷
1947年（昭和22） 1952年（昭和27）	劇場などの火災	1947年（昭和22）	消防法	防火地域内耐火構造の建蔽率緩和など
1952年（昭和27）		1950年（昭和25）	建築基準法	
1952年（昭和27）		1952年（昭和27）		
1953年（昭和28） 1960年（昭和35）	百貨店の火災	1957年（昭和32） 1959年（昭和34）	第1次改正 第2次改正	仮設建築物の一定期間の許可 耐火建築物等の規定 内装制限の新設、他
1961年（昭和36） 1965年（昭和40）		1961年（昭和36） 1963年（昭和38）	第3次改正 第4次改正	耐火建築物などにパー、キャパレー 高層建築物（31m超）の防火 避難規定の整備
1966年（昭和41） 1969年（昭和44）		1968年（昭和43）	都市計画法	
1970年（昭和45） 1974年（昭和49）	百貨店の火災	1970年（昭和45） 1973年（昭和48）	第5次改正	防火、避難規定の強化 煙対策の強化
1975年（昭和50） 1979年（昭和54）		1976年（昭和51）	第6次改正	増築などでの防災対策、他
1980年（昭和55） 1986年（昭和61）				
1987年（昭和62） 1988年（昭和63）	社会福祉施設火災	1987年（昭和62）	第7次改正	木造建築物の規制緩和、他
1989年（平成01） 1990年（平成02）				
1994年（平成06） 1995年（平成07）		1992年（平成04） 1994年（平成06）	第8次改正	木造建築物に関する規制の見直し・ 準耐火構造、準耐火建築物の規定の新設 （住宅地下室の容積緩和）
1995年（平成07） 1996年（平成08）	阪神淡路大震災			
2000年（平成12） 2001年（平成13）		1998年（平成10）	第9次改正	性能規制などによる規制の合理化 建築行政の民間開放 集団規制の大幅緩和
2002年（平成14） 2010年（平成22）		2002年（平成14） 2006年（平成18）	第10次改正	（シックハウス対策） 建築確認・検査の厳格化・指定確認 検査機関の業務の適正化、他
2011年（平成23） 2012年（平成24）	東日本大震災			
2014年（平成26）		2014年（平成26）		木造建築物の規制緩和、他



現行の耐火火における規定と 評価認定・例の分析

は減少しましたが、雑居ビル火災、地下街ガス爆発、そしてホテル旅館火災なども多く発生しました。それらは法令の違反や建物使用時での法令の不遵守を原因とする場合が多く、法的強制力の強化とともに、自動火災報知設備、スプリンクラーの設置規制が徹底されました。

そして、98年（平成10年）の性能規定の導入、建築行政の民間開放、集団規定の大幅緩和という第9次改正平成に大改正になります。建築基準法の制定時より、耐火火の目的は建物火災から人命、財産を守ることとし、60年余を経て、次のような講ずべき対策、それらに対する基準（国土交通省より）が確立されました。

■講じるべき対策

- ① 火災の発生の抑制、防止
 - ② 火災の伝播、拡大の防止
 - ③ 火災による倒壊の防止
 - ④ 延焼の防止
 - ⑤ 避難安全の確保
 - ⑥ 消防、救助活動の円滑化
- これらの対策に対する基準
- ① 内装材料の制限
 - ② 防火区画の設置
 - ③ 主要構造部の防火制限
 - ④ 延焼のおそれのある部分の防火制限
 - ⑤ 避難施設の設定
 - ⑥ 排煙設備の設置
 - ⑦ 非常用進入口、非常用エレベーターの設置

現行の耐火火における規定の詳細、解説は、手引き書に譲りますが、それら規定に関する注目点をまとめます。

まず、98年から00年までに導入された、耐火火に関する性能評価は、次の3つの性能を基にしています。

■非損傷性能：構造耐力上支障のある損傷を生じないこと

■遮熱性能：加熱面以外の面の温度が当該面に接する可燃物の燃焼のおそれのある温度以降に上昇しないこと

■遮炎性能：屋内側からの火災で、屋外に火災を出す原因となるき裂その他の損傷を生じないこと

また、建築材料のうち、表1-3のような3種の防火材料があり、ちなみにアルミは不燃材料です。表1-3にある時間に関して、難燃材料の5分は「内装材料の燃焼を5分程度防止できれば居室から避難できること」、準不燃材料の10分は「内装材料の延焼拡大を10分程度抑制できれば階避難が終了できること」、不燃材料の20分は「家具などが20分の加熱で燃え出さないこと」を示します。

次に、耐火火に関する地域の指定は、都市計画法・第9条の20に「市街地における火災の危険を防除するため定める

建築物」といえないと考えられます。2000年以降、耐火火に関する性能評価認定が始まりますが、その性能評価でもっとも厳しいとされる「耐火構造、かつ耐力壁・外壁」の認定状況をまとめます。

2000年の評価認定の開始より14年間に、耐火構造／耐力壁・外壁の認定取得は141件、1年14件で、同一同一構造（1、2種の材料を置換）を除くと、66件のみとなり、1年間に5件弱に過ぎません。そのうち、木製枠組外壁（2×4工法）、木質接着複合パネル造外壁（ミサワホームの木パネル工法）、スギクロスパネル造外壁が、耐力を壁パネルで支持する工

法（薄板軽量形鋼造外壁・スチールハウスでは軽量形鋼が支持材）であり、14件66件の21.1%、全体の約1/5のみです。

また、それらを形成する材料は、比較的安価なせっこうボード、せっこう板（98.4%）と、数種のほかの材料で構成されています。ただし、せっこうをはじめとする構成材も、1、2の材料を複合したものです。金属である鉄骨のみでまますと、せっこうの多用が若干減り、ケイ酸カルシウム板が増え、鉄と相性のよい軽量コンクリートも増加します。また、押出法ポリスチレンフォーム保温板19件は、鉄骨造のみで使用されています。

地域」とする防火地域、準防火地域となります。それら地域の周辺に、建築基準法・第22条にて「特定行政庁が防火地域及び準防火地域以外の市街地について指定する区域内にある建築物の屋根の構造は、（後略）」と記述される通称「22条地域」があります。この屋根の構造は、同条にある「通常の火災を想定した火の粉による建築物の火災の発生を防止するために屋根に必要とされる性能」「通称、飛び火性能を有することが必要です。この規定は第63条にて防火地域、準防火地域にも適用されます。

世界初の火災保険

1666年9月1日深夜から4日間にわたり燃え続けたロンドン大火、その翌年に、ニコラス・バーボンが世界で初めて火災保険の仕組みを考案し、火災保険引受会社The Fire Insurance Officeを設立しました。

世界初の火災保険は、火災だけに限らず、家屋の全壊、破損なども支払対象としており、後の日本の火災保険と比較するならば先進的といえます。大火の後ロンドン市が木造からレンガ造、石造の建物を促進したため、木造の保険料はそれらの2倍ぐらい。また、保険料は家賃に組込まれ、その徴収漏れがないようになっていました。火災保険の成立した建物には、写真のファイアーマーク（40cm大）を門や堀に貼付けました。

損害への保証は、金銭による支払いではなく、損害の建物を再建、修繕することでした。保険会社が建設会社を兼ねていたのです。その会社は、公設の消防組織がなかったため、消防隊を保有していました。消防

隊は、火災発生に際しては急行しましたが、ファイアーマークを確認して消火活動に掛かり、ない時は何もせず帰還したということです。



<http://www.birminghamconservationtrust.org/2012/12/14/birmingham-fire-office-the-early-beginnings-of-birminghams-fire-service/>

すべての地域において、加えて、隣地で火災が発生した時に燃え移る危険が高い部分という「延焼のおそれのある部分」において、建物に、下記のような性能、構造、建築物が規定されます。

■耐火性能、準耐火性能、防火性能、準防火性能

■耐火構造、準耐火構造、防火構造

■耐火建築物、準耐火建築物

ここには、準防火性能に対応する準防火構造、準防火建築物および、防火構造に対応する防火建築物がありません。準防火性能では、基準法・第23条で「外壁に必要とされる性能」と外壁のみの規定のため、「準防火構造」と言えず、防火性能では、基準法・第2条8項で「外壁と軒裏に必要とされる性能」に過ぎず、主要構造部に大きく関わらないため「防火

表-5 木造、鉄骨造における耐火構造耐力壁・外壁の構成部材

木造+鉄骨造=127件				鉄骨造=41件	
材料	使用件数	使用率	使用件数	使用率	
大中小 せっこう			40	97.6%	
せっこうボード	118	92.9%	33	80.5%	
強力せっこうボード	117	92.1%	32	78.0%	
網入強力せっこうボード	4		4	9.8%	
せっこう板	69	54.3%	14	34.1%	
スラグせっこう板	18	14.2%			
ガラス繊維布張せっこう板	5		5		
両面ガラス繊維布張せっこう板	3		3		
両面アクリル樹脂系塗装ガラス繊維布張せっこう板	2		2	4.9%	
両面薬剤処理ボード用原紙張せっこう板	46	36.2%	9	22.0%	
けい酸カルシウム板	44	34.6%	17	41.5%	
木繊維混入セメントけい酸カルシウム板	25	19.7%	15	36.6%	
化粧木繊維混入セメントけい酸カルシウム板	15	11.8%	6		
両面化粧木繊維混入セメントけい酸カルシウム板	9	7.1%			
両面木繊維混入セメントけい酸カルシウム板	1		1		
両面アクリルウレタン系樹脂塗装木繊維混入セメントけい酸カルシウム板	1		1		
アクリル系樹脂塗装木繊維混入セメントけい酸カルシウム板	1				
両面脂塗装木繊維混入セメントけい酸カルシウム板	1				
繊維補強セメントけい酸カルシウム板	3		1		
繊維混入けい酸カルシウム板	1		1		
塗装けい酸カルシウム板	2				
セメント、コンクリート系					
コンクリート系	22	17.3%			
軽量気泡コンクリート	13	10.2%	7	17.1%	
軽量気泡コンクリート板	1				
軽量気泡コンクリートパネル	12	9.4%	7	17.1%	
ALCパネル	9	7.1%	5	12.2%	
セメント系					
セメント板	36	28.3%	10	24.4%	
繊維補強セメント板	3		3	7.3%	
両面繊維補強セメント板	1		1		
ガラス繊維混入セメント板	2		2		
塗装ガラス繊維混入セメント板	1		1		
両面アクリル系樹脂塗装パルプ繊維混入セメント板	4		4	9.8%	
ポリエチレンビーズ混入セメント板	1				
アクリル樹脂系塗装スラグセメントバーライト板	5	3.9%	5	12.2%	
両面アクリル樹脂系塗装スラグセメントバーライト板	1		1		
セメントモルタル塗	46	36.2%	1		
軽量セメントモルタル塗	33	26.0%			
両面水酸化アルミニウム混入軽量セメントモルタル塗	1				
水酸化アルミニウム混入軽量セメントモルタル塗	3				
両面ガラス繊維ネット入セメントモルタル塗	1				
既調合セメントモルタル	2				
ガラス繊維ネット入セメントモルタル板	12	9.4%			
バーライト混入エトリンガイト塗	2				
繊維系					
ロックウール	44	34.6%	10	24.4%	
ロックウール充てん	42	33.1%	8	19.5%	
ロックウール保温板	1				
ロックウール板	1		1		
グラスウール	12	9.4%	1		
グラスウール充てん	7	5.5%			
グラスウール断熱材充てん	5		1		
鉱物系					
人造鉱物繊維断熱材	17	13.4%	7	17.1%	
人造鉱物繊維断熱材充てん	14	11.0%	4	9.8%	
火山性ガラス質複層板	22	17.3%	1		
バーライト混入エトリンガイト塗	2		1		
発泡プラスチック系					
押出法ポリスチレンフォーム保温板	19	15.0%	19	46.3%	
フェノールフォーム保温板	35	27.6%	5	12.2%	
インシアヌレートフォーム裏張塗装亜鉛めっき銅板	1		1		
サイディング	12	9.4%	2	4.9%	
窯業系サイディング	10	7.9%	2	4.9%	
化粧窯業系サイディング	4				
複合金属サイディング	2				

表-3 防火材料の種類とその性能

防火材料の種類	時間	材料の定義(①～③の性能を左記の時間満たすこと)
不燃材料	20分	①燃焼しないものであること
準不燃材料	10分	②防火上有害な変形、溶解、き裂その他の損傷を生じないものであること
難燃材料	5分	③避難上有害な煙またはガスを発生しないものであること

表-4 耐火構造／耐力壁・外壁の構造別評価認定

耐火構造／耐力壁・外壁	件数		重複を除く
木製軸組造外壁	22	15.6%	5
木製枠組造外壁	60	42.6%	10
木質接着複合パネル造外壁	3	2.1%	3
リグノトレンド杉クロスパネル造外壁	1	0.7%	1
木造	86	61.0%	
鉄骨造外壁	9	6.4%	7
軽量鉄骨造外壁	10	7.1%	10
薄板軽量形鋼造外壁	22	15.6%	17
鉄骨造	41	29.1%	
木造+鉄骨造	127	90.1%	
鉄筋コンクリート造外壁	14	9.9%	13
計	141	100.0%	66
			46.8%

建築基準法改正で
ルートが多様に――

建築物の耐火設計法

ベタリービング
つくば建築試験研究センター
アドバイザー 遊佐 秀逸氏

長年、建設省建築研究所で建築物の耐火性能と火災安全に関わり、ベタリービングつくば建築試験研究センターの環境・耐火試験部長も務めた遊佐秀逸氏に、建築物の耐火設計法についてお聞きしました。

耐火火の研究に進まれた理由を教えてください。

学生時代に、大阪の千日ビルの火事（1972年）や熊本の大洋デパートの火事（1973年）といった一度に100人を越す人が亡くなる火災があったことが影響していると思います。社会的な影響も大きく、国会でも取り上げられ、こういった問題に取り組もうと思えました。当時、私は東京大学の材料系の研究室に所属しており、コンクリートを扱っている講座が耐火火の部門を持っていたので、そこで燃焼物質の有害性の研究を始めました。

日本の耐火火の歴史を振り返るとき、どのような出来事が転機として挙げられますか。

2000年6月1日に施行された建築基準法改正です。

2000年の改正で削除された第38条が復活しますが、耐火火との関連はありますか。

2000年の段階では、第38条が削除されても、特殊な技術や新しく開発された材料については、高度な方法による性能検証、いわゆるルートCによって対応できると考えていました。しかし、実際に運用してみると、性能規定で適合できない技術や材料があることがわかってきました。ですから、38条の復活でそれら技術や材料の救済を図ります。また、旧38条の廃止に伴い既存不適格になった建築物の増改築や改修にも道が開けました。

記憶に残る認定や画期的な耐火材料はありませんか。

1つに木質系耐火構造があります。被覆型と燃え止まり型に関して、ルートAで試験を行い、認定を取得しました（下図）。1979年、東京大学大学院博士課程を修了し入所した建設省建築研究所の時代から取り組んでいた課題であるだけに印象に残っています。耐火構造は準不燃材料以上でなくてはいいけれども、2000年以前であれば、木というだけでだめだったのです。しかし、改正によって木であろうとアルミであろうと性能さえあれば認められるようになったのです。

それまでは何もなかったのでしょうか。

求める安全のレベルがずっと同じですから、取り組みについても変わりようがありません。要求が厳しすぎれば緩和します。逆に緩すぎれば厳しくしなくてはなりません。構造については緩かったため、1981年に新耐震基準を導入して厳しくしましたが、耐火火にはそういったことがありませんでした。

2000年の法改正のポイントはなんでしょうか。

転機と申し上げましたが、安全のレベルが変わったわけではありませんので、緩和でも厳格化でもないのです。これまでの仕様規定に基づく設計に加え、性能規定に基づく設計も導入され、認定を取得するための道筋が増えたのです。間違えている方が多いのですが、仕様規定から性能規定への移行ではなくて、これまでの

もう1つはCLT（クロス・ラミネーティッド・ティンバー＝Cross Laminated Timber／CLT）です。ひき板を並べた層を、板の方向が層ごとに直交するように重ねて接着した大判のパネルで、高い断熱・遮音・耐火性を持ちます。

2つとも木質系材料になつてしまいましたが、木には追い風が吹いていると思います。1945年3月10日の東京大空襲では、木造密集地がターゲットになり

仕様規定に性能規定が加わったのです。

改正による弊害はありませんか。

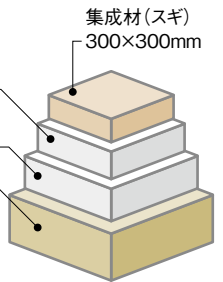
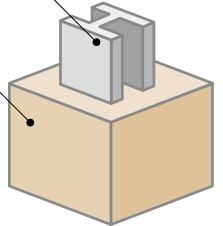
「性能さえあれば、安全のレベルは下げてもよい」と錯覚されている方がいらっしゃるようで、その点が弊害といえば弊害です。先ほども申し上げました

ました。その悪夢があるものですから、木はだめだといわれ続けてきたのです。それが戦後70年を経て、ようやく使えるようになったのです。

今後のテーマについて教えてください。

これまでも苦労してきましたし、今後とも考えていかなくてはいいのが都市防災です。1995年の阪神・淡路大震

■ 木質耐火構造部材の開発 ■

	柱 1時間耐火【被覆型】	柱 1時間耐火【燃え止まり型】
概要		
構造	木造	鉄骨造+木造
特徴	木構造部を耐火被覆し燃焼しないようにする	加熱中は燃えしろが燃焼し、加熱終了後燃えしろが鉄骨の熱容量で燃焼停止する
加熱終了後	集成材表面の最高温度は200℃以下 コーナー部の一部が炭化	炉外に取り出した時点で燃焼なし 鋼材の最高温度は約110℃

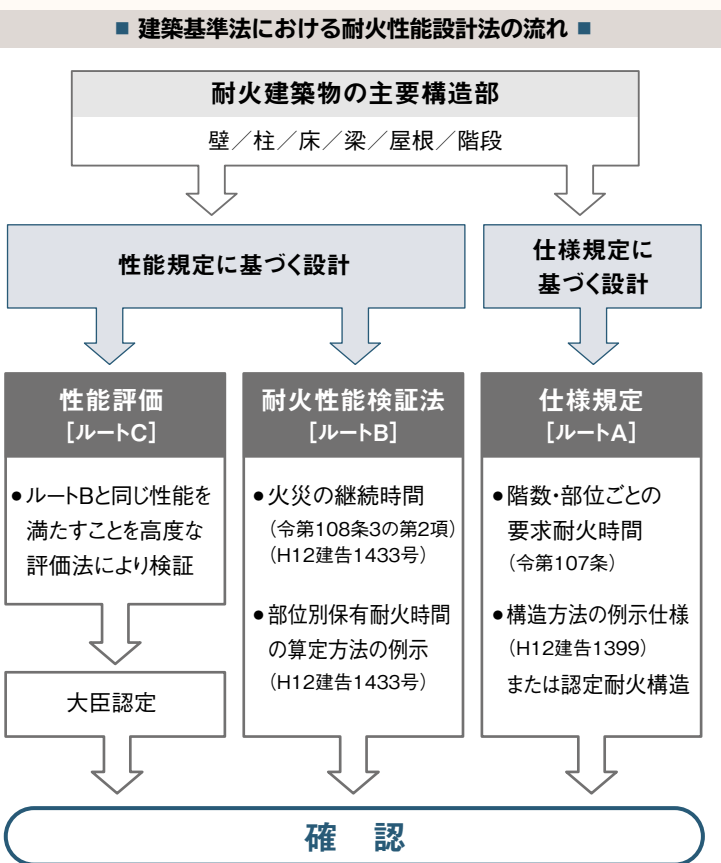
耐火の基本は鉄筋コンクリートである

東京大学大学院工学系研究科 建築学専攻 技術補佐員 棚池 裕氏

そもそも耐火建築とは、鉄筋コンクリート造をイメージして考えられました。2000年の建築基準法改正で性能規定が加わりましたが、基本的な概念が変わったわけではありません。簡単にいえば、改正前は「耐火構造＝鉄筋コンクリート造」で、同様の仕様であれば同じ耐火性能が出るといっても構わないという考え方だったのが、改正によって「耐火構造＝鉄筋コンクリート造に求められていた耐火の性能」が「遮炎性」、「遮熱性」および「非損傷性」について規定化され、規定された耐火性能が満足すればよいことになりました。ですから、改正以前には可能性がなかった木やアルミも試験で性能が出ればよいことになったのです。難しいのは、荷重を支え、さらに鎮火した後は絶対に燃えてはいけないということです。

木造には、燃えしろ設計があります。表面が燃えて木が炭化して、荷重を支えているところまで火は来ない設計です。しかし、それは準耐火であり、耐火ではありません。耐火も準耐火も試験方法は同じですが、熱を加える時間が違います。さらに耐火であるためには、火災が終わっても建ち続けていなければいけません。例えば、1時間の耐火加熱試験をやれば、その3倍の時間、火種がなく維持できていることを証明しないといけません。このこともアルミにとっては難しい問題です。試験時の荷重についても、設計荷重ですと建物ごとに異なりますので、試験をした建物に限定されますが、建材は、どんな建物でもどのような場所でも使えることが前提なので、材料の基準強度から試験時の荷重が求められます。パネルで認可を取ろうとするならば、まずはそのパネルのメインとなる素材は何なのかということをはっきりさせなくてはいいけません。そしてその素材によって決まっている基準強度を満たすための試験の際にかかる荷重は、定められた計算式で決まります。

鉄骨は被覆することで何とかなります。しかし、木もアルミもテクスチャーを生かしたいので、被覆するわけにはいきません。そこも難しいところです。



「木造耐火建築物の実現に関する研究とその応用」（第115回木質構造研究会資料）より

積水化学工業の耐火・不燃材料

積水化学工業株式会社 高機能プラスチックカンパニー 機能材料営業部 耐火材料営業所 所長の戸野正樹氏と、FP事業推進部 事業企画担当部長の田中邦英氏に、5月に発表された同社の新製品「不燃ウレタン」や、定評のある熱膨張耐火材「フィブロック」の仕組みや特徴をお聞きしました。



不燃ウレタン

開発の意図は何だったのでしょうか。

不定形のもの、かたちを自由にできる不燃材料を開発したい意図がありました。そこで、吹き付けや注入、型を使った注型と幅広く展開できる硬質ウレタン樹脂をベースに開発を進め、この不燃材が誕生しました。

不燃の仕組みを教えてください。

ウレタンの樹脂構造を強化するとともに、難燃剤を添加しています。樹脂に配合した難燃剤が酸素と反応して炭化層ができ、この炭化層が酸素と可燃ガスの結合を遮断する仕組みです。バーナーを使った試験のほか、建築現場

での火災を想定して、より温度の高いアーク溶接の火花を落とす試験も行いました。

建築材料としての展開を考えているのですか。

ウレタンは、これまでも建築の断熱材として用いられてきましたから、建築分野への導入から着手します。その後は船舶や車両、プラントといった分野にも展開していきたいと考えています。新製品開発のサポートと高機能化する防耐火材料、軽量性と断熱性を併せ持った素材として、家電など、さまざまな展開ができるのではないかと思います。

住宅にも使われていますか。

住宅にも使われています。先ほど炎や煙の流入、流出を防ぐ話をしましたが、住宅で火災が起こった場合、すぐにシャットアウトすべきは扉や窓といった開口部です。ドアの周囲やサッシの内側にフィブロックを仕込んでおけば、火災時にフィブロックが膨張し、枠の間の隙間を閉塞します。特に日本国内で使われている樹脂サッシの中には必ずフィブロックが

入っています。また、軒裏の換気口にも使われています。天井裏や床下に溜まった湿気の排出や結露防止、害虫や菌類の発生を抑制するため、軒下には換気口が設けられていますが、ここが意外にも火の入り口になってしまうので、火災の際は遮断する必要があります。

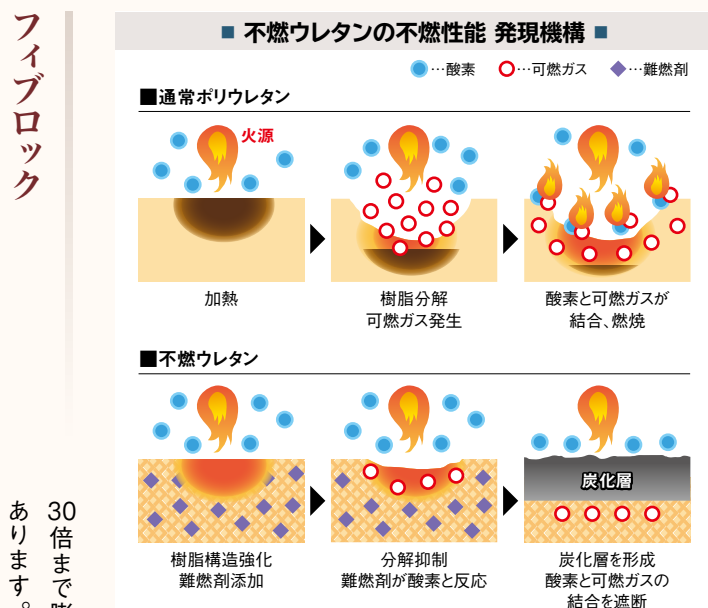
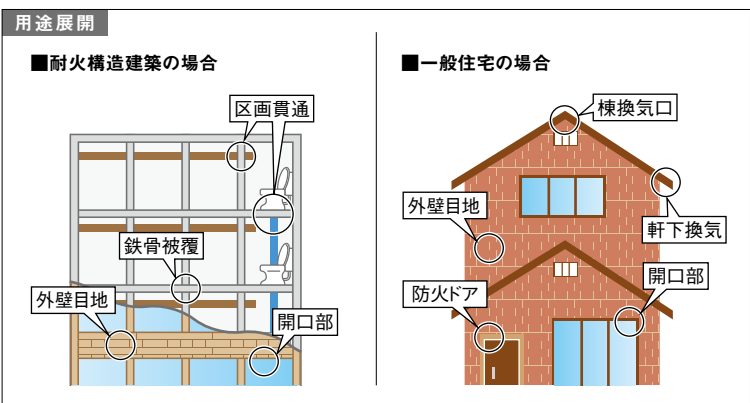
耐火被覆としても機能するのですか。

耐火被覆としても用いられています。

■ 熱膨張耐火材「フィブロック」とは ■



2mm厚シートが20mmに膨張（ブチルゴム系10倍膨張品）



フィブロック

フィブロックというシートあるいはテープ状の製品とは、どういったものですか。

すでにシートあるいはテープ状の耐火材フィブロックがありましたので、200℃以上で膨張し、厚い断熱層を形成します。優れた耐火性能を持ち耐火被覆として機能しますが、10倍ないし

耐火被覆としてのフィブロックのメリットは、①粉塵を発生させないこと、②仕上

りが薄いため空間を広く取れること、の2つです。環境の問題を考えれば、ロックウールと比べフィブロックが優位と考えていますが、②については小規模建築でない

とあまりメリットが出ないのも実状です。

ただし、単なる規模の問題ですから、軽量鉄骨ならばよくて、重量鉄骨だとだめなわけではありません。また、柱については2時間耐火まで取得しています。

新製品開発のサポートと高機能化する防耐火材料

試験設備を保有しているそうですね。

蓮田にある武蔵工場に自社の耐火設計センターがあります。水平炉と垂直炉、コーンカロリーメーターを用意し、性能評価が社内でもできるようになってい

■ 不燃ウレタンの物性比較 ■

物性値(単位)	不燃ウレタン	硬質ウレタンフォーム 保温板	建築用吹き付け 硬質ウレタンフォーム
密度(kg/m³)	65以下	35以上	25以上
圧縮強度(N/cm²)	30以上	20以上	17以上
熱伝導率(W/mk)	0.031以下	0.026以下	0.034以下
吸水量(g/100cm²)	1.1以下	3.0以下	—

30倍まで膨張することによって大きな意味があります。つまり、配管や電線にこれを巻けば、火災時に膨張し配線や電線の穴を塞ぎ、火災によって発生する炎や煙の流入、流出を防いでくれるのです。ビルには火災・煙の拡大を一定範囲内に留めることを目的として防火区画が設けられています。防火区画が設けられていますが、いくら防火区画を設けても配管や電線部に隙間があれば区画の意味をなしません。

ます。自社のみならずお客さまの新製品開発のお手伝いもしています。材料に関するアドバイスはもちろん、予備試験や申請図書作成に関するお手伝いもさせていただきます。

不燃ウレタンの意義は何だとお考えですか。

不燃ウレタンの大きな特徴は、断熱材であり、かつ不燃材であることです。フィブロックは火事が起こらない限り何も役割がありません。しかし、ウレタンは日々の暮らしの中でも、断熱材の役割をこなします。火事の時の保険プラス日々の断熱という2つの機能がある点で、フィブロックとは大きく異なります。今後の耐火材料は、このように火事の時にのみ機能するのではなく、日々何らかの役割を果たすものが望まれるように思います。また、ウレタンは断熱材として優れているため広く使われていますが、一般にウレタンは燃えるとシアンガスを発生すると言われています。しかし、不燃材料認定にはガス有害性試験も義務付けられており、本材料は安全性が確認されています。火災の際に亡くなられる原因の一つとして有害ガス中毒が挙げられていることから、本材料が普及する意味は大きいと考えています。

積水化学工業株式会社 高機能プラスチックカンパニー
機能材料営業部 耐火材料営業所 所長 戸野正樹氏
FP事業推進部 事業企画担当部長 田中邦英氏

わずか1mmの塗膜が鉄骨を火災から守る——耐火塗料

関西ベイント株式会社

製商品企画室 部長 菅沼 寛氏

防食塗料販売本部 マーケティング部長 黒田 憲昭氏

鉄骨の構造体そのものを意匠とする建築を実現する際に鍵となるのが、耐火塗料です。ここではイギリスの発泡性耐火塗料ナリファイア・システムSを扱う関西ベイント株式会社の製商品企画室部長・菅沼寛氏と防食塗料販売本部マーケティング部長の黒田憲昭氏に、その仕組みや特徴をお聞きしました。

耐火塗料が使われる背景

耐火塗料はどういったところに使われるのですか。

鉄骨造の建物を火災から守るため、その骨組みには耐火被覆を施すことが建築基準法で義務づけられています。鋼材の融点は1500℃程度ですから、耐火被覆を施さなければ、火災の際の變形、崩壊を免れません。日本国内で一番多く用いられている耐火被覆材は、ロックウールです。安くて施工も簡便なため、8割から9割のシェアを占めるといわれています。しかし、問題が2つあります。1つは粉塵の発生、飛散による施工者、環境への影響であり、もう1つは見栄えが悪いことです。見栄えが悪いといっても、壁で隠れてしまうようなところは問題ないわけですから、耐火塗料はもっ

ぱら人目に付く鉄骨部分、意匠性が問題とされるところに使われます。

御社が最初に耐火塗料を用いた事例は何でしょうか。

中部国際空港（2005年開港）になります。連絡橋の重防食塗装などと併せて耐火塗料の引き合いがあり、世界的にも評価の高いイギリスのナリファイア社の耐火塗料ナリファイア・システムSを用いました。

自社製品に耐火塗料はなかったのですか。

関西国際空港（1994年開港）にも使われていましたし、その存在は認識し研究もしていました。しかし、2000年の建築基準法改正以前は竣工する物件ごとにそれぞれ認定を取る必要があります。また、認定取得に関する時間とコ

ストを考えるならば購入した方がよいとの判断で現在に至っています。実際は、輸入・販売元である化工機商事株式会社と業務提携を取り交わし、同社認定の下、施工を行っています。

耐火塗料の仕組み

耐火塗料はどういった構成になっていますか。

一般的には、素地調整した鉄骨に対し防食のための下塗りを行い、ベースコートである耐火塗料を塗ります。さらにその上にベースコートの保護および仕上げ材としてトップコートである中塗り、上塗りを行います。このうちの耐火塗料だけがナリファイアであり、ほかは自社の製品です。単に耐火塗料だけを塗るとお考えの方も多いのですが、何層もの塗膜を重ね合わせるトータルなシステムなのです。

膜厚はどのくらいですか。

膜厚は、鋼材の種類や条件によって異なります。一般的には1時間耐火で1mm、

2時間耐火で2mmの厚さが必要です。刷毛やローラーでは1回あたり250μm程度しか塗ることができませんので、4回ないし8回繰り返し返すことになります。普通の塗料は厚くとも100μm程度ですから、いかに厚く粘性が高いかがわかりいただけると思います。

施工のための専門的な技術者はいるのですか。

塗料の粘性が高いので塗るのが難しく慣れが必要ですが、特殊な技術がないとできないものではありません。しかし、製品そのものもさることながら膜厚が耐火性能を左右しますので、塗料メーカー自身が施工を請け負う責任施工体制を採るか、技術認定を受けた業者が請け負うか、どちらかで施工を行うようにしています。

何度くらいで発泡するのでしょうか。

塗膜表面温度が200℃から300℃になった時点で20倍から30倍に発泡膨張し、気相含有断熱層を形成することで鋼材の温度上昇を抑制する仕組みで

す。具体的には、熱によって主成分であるポリリン酸アンモニウムが分解し、それによってできたリン酸が多価アルコール類を分解し炭化層が形成されます。また、樹脂の溶解と同時に発泡剤も分解し、二酸化炭素、アンモニア、水蒸気などのガスを発生します。それらが泡状の樹脂となつて炭化層を膨らませます。鋼材は400ないし500℃で耐力を失いますので、その前に発泡させます。

耐火塗料の利点と欠点

発泡してしまつた塗料を剥がすことはできますか。また、剥がしてきれいになった鉄骨は再利用できますか。

発泡した塗料を剥がすことはプラスチック等で簡単にできます。しかし、鉄骨の再利用が可能かどうかは何ともいえません。火災により発生した熱が、鉄骨に対してどのような影響を与えたのかは一概にいえなからず。

耐火塗料の耐久性はどのくらいと考えてよいのでしょうか。

一般の塗料に比べ耐火塗料の寿命は短いと考えていただいて構いません。そのため、メンテナンスは定期的にかつ注意深く行つてください。屋内で使われることが圧倒的に多いのですが、水分に弱いため屋

外であれば、より注意する必要があります。雨がどのくらいあたるか、温度がどのくらいになるかによって寿命も異なつてきます。水分の滞留時間が長くなるような場所であると、5年程度で増し塗り、塗り直しが必要ではないでしょうか。

今後の改良ポイントについて教えてください。

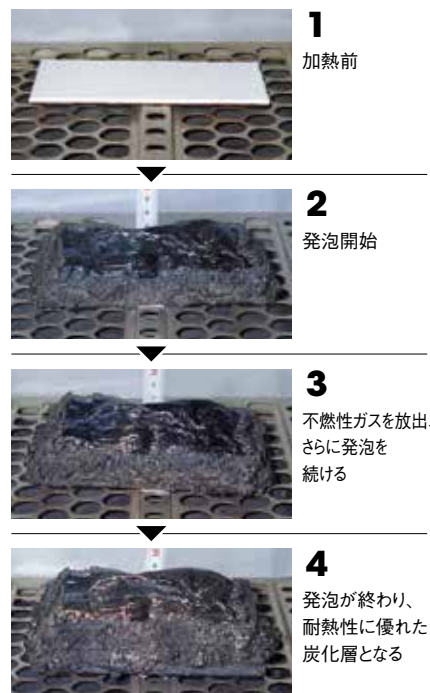
塗り回数を減らし、塗装間隔を短くすることが必要だと考えています。膜厚1mmで4回、2mmで8回塗らなくてはいけないとお話しましたが、1回塗つたら24時間、乾燥させなければいけません。ですから1mmでも4日、2mmであれば8日かかることになります。しかも、耐火塗料の塗装と次の中塗りまでは5日から14日の間隔をおくことが決められているため、下塗りを開始してから上塗りが終わるまでにはかなりの日数を要してしまうのです。また、現在は材料費よりも工賃の方が高つくまです。作業時間が増えることはコストから見て大きなデメリットとなります。

工場であらかじめ塗装することはできませんか。

可能性はあります。そうすれば現場の工期は圧倒的に短くなるでしょう。しかし、問題点が大きく3つあります。1つは作業環境の問題です。例えば工場で作

■ ナリファイア・システムSの耐火（発泡）の仕組み ■

火災を受けると、ベースコートの成分が相互に反応し、発泡が始まります。その結果、形成される緻密な発泡層は鉄骨を高温から保護し、長時間の耐火性能を発揮します。



柱（H-300×300）の載荷加熱試験
（試験機関：日本建築総合試験所）

業を行うにしても同じ日数はかかるので、鉄骨業者にその負担を強いることになりません。2つ目は施工精度の問題です。膜厚がありますので、部材を組み合わせたときに出る誤差が大きくなります。これを吸収する仕組みを、あらかじめつくっておかなくてはなりません。3つ目は梱包と運送の問題です。あらかじめ耐火塗料を塗った部材をキズつけてはいけませんので、厳重に梱包し、かつ慎重に取り扱う必要があります。このような観点から、これまでの耐火塗料の塗装は、すべて現場で行われているのです。

御社の最近の試みを教えてください。

屋根の遮熱断熱を目的としたアレスクールがあります。普通の屋根用塗料に比べ、より赤外線をシャットアウトして熱の侵入を防ぎます。これを用いることで、室内の温度を低く保つことができます。外壁にも使うことができます。もう1つはアレスシックイです。漆喰の持つ抗菌、消臭、調湿機能などはそのままに塗料化し、刷毛やローラーで手軽に塗れるようにした製品です。

蓄積されたデータと
大型実験設備が生む

竹中工務店の防耐火

株式会社 竹中工務店
技術研究所 構造部
防火グループ 研究主任 岡崎 智仁氏

竹中工務店の防耐火に関する取り組みについて、技術研究所構造部防火グループ研究主任の岡崎智仁氏にお話をお聞きしました。優れた設計部隊を抱えるスーパーゼネコンならではの問題意識に迫ります。

架構として防耐火を考える

防耐火材料や耐火構造の開発とプロジェクトの耐火検証とではどちらが多いですか。

両方あります。一昨年、耐火木造の認定を取得したのですが、これなどは開発に属するものでしょう。一方、実際のプロジェクトに関しては、コンセプトレベルの相談を含めた耐火設計業務から、こういった収まりにしたいのだけれど可能だろうかといったディテールに関する相談まで千差万別です。

構造設計と耐火の関係について教えて下さい。

1990年代までは部材レベルでの実験検証が主で、一部の架構で熱応力解析などの解析的な検証を行っていました。

耐火設計では、部屋ごとに火災時間を計算し、それに見合った耐火被覆材を決めます。当然、無耐火被覆でも建物全体が安全であればよいのです。このように耐火性能を確保するにはさまざまな手法がありますが、いずれにせよ、どのようにしたら人命と資産を守ることができ、そのかを考え、最適な答えを出すのがわれわれの役目です。そして、この最適な答えを出す設計技術には、これまで竹中工務店が蓄積してきた火災性予測や熱応力解析に関する研究結果が最大限に活用されています。いわば、先人の積み重ねの上にあるということが、ある意味、竹中工務店らしさなのではないかと思えます。また、どこもゼネコンも同じだと思いますが、防耐火においてもコストについては常に意識しています。耐火被覆をいかに薄くできるか。鋼材が高騰しているときには、CFTの鋼管をいかに薄くできるかも考え、コンクリートに鉄筋を入れることなども考えました。

実験を通して防耐火を考える

防耐火のための実験施設にはどのようなものがありますか。

2009年に新しい耐火実験棟ができました。これにより2台の耐火炉を有する研究施設になりました。材料ベースの実験、燃焼実験、ものの燃え方をみる実験を

しかし、2000年に入り一般建築物でも耐火性能設計が多く採用されるようになったことや、多種多様な構造形式が増えたため、部材レベルでの実験検証だけではカバーできなくなり、架構全体で建物の火災時における性能を確認する方向に変わってきました。そのため、防火といえども構造設計の知識が必要となってきたので、プロジェクトの耐火設計は主に構造設計の経験者が担当しています。

これまでの防火グループの歩みはどのようなものですか。

いえ、変わったわけではありません。研究開発を積み重ねる中で、目指す方向が見えてきたといった方が正しいでしょう。1980年代前半は、火災性状、つまり実際に火災が起こった際に建物はどうのよう燃え方をするのかを予測するためのプログラム構築が課題でした。当時の建設省の総合技術開発プロジェクト

行う施設などは別にあります。2009年にできた炉は、30MN（メガニュートン）まで載荷可能で、載荷能力、大きさともに世界でも最大級のものだと思います。

最大級であることのメリットは何ですか。

より現実に近い試験体を用いて実験をした方が正確なデータが採取できるわけですから、純粋な研究の立場からしても大きい方が有利なのです。特に耐火実験をする場合、小さい炉では縮小



高強度コンクリートを用いた鋼との合成梁の耐火試験結果。左が爆裂対策あり、右が爆裂対策なし。

トの二環であったこともあり、官学産による研究が進められたのです。その結果、精度の高い火災性予測が可能になり、次は架構として構造性能を保持しているかどうかを熱応力解析などで検証しようという流れになってきました。ですから、最初に火災性状のプログラムができ、そして次に熱応力解析のプログラムができて、そしてそれらわれわれの先輩方がつくられてきた解析技術を融合させて、架構全体の熱応力解析プログラムをつくり上げていこうという今の流れになったのです。

竹中工務店ならではの、取り組みという点はどういったことになりますか。

われわれ耐火設計担当者の役目は、大きくいえば建物の耐火性能を確保することです。仕様規定といいますが、いわゆるルートAでは、耐火性能に関する技術基準として、耐火時間は、最上階から数えた階数によって、1時間、2時間、3時間と決められています。これを遵守するような計画をしなければいけません。一方、性能規定化により導入された

したモデルでしか実験ができず、例えば実際には1m角の柱であっても、実験は400mm角の柱で実験せざるを得ないのです。純粋に力学的な試験であれば縮小モデルでもさほど問題はないかもしれませんが、耐火試験の場合は部材の熱容量が耐火性能に多く影響してきます。熱容量は試験体が大きければ大きいほど増えますので、小さい試験体では耐火性能を過小評価してしまう可能性があります。しかし、小さくても実験炉があればまだよいのですが、耐火炉がないと告示で決められた仕様に準じるしかありません。そうすると往々にして過剰スベックになり、合理的な対応ができず、建設コストにも影響してきます。

コスト削減を目的とした防耐火の研究開発もあるのですか。

もちろんです。耐火設計の目的は安全性の高い建物をどうつくるかにありますが、同じ安全性であれば安価であるべきです。それは企業として当然ですし、建築主の利益を守る上でも大切です。耐火被覆についても、たかが被覆とはいえ、大規模建築になると金額としても大きくなるので合理的な設計が必要となります。例えば鉄骨造の場合、火災時の耐力低下が小さい耐火鋼などもあります。耐火鋼を使っても完全に無耐火被覆では



2009年に完成した新耐火実験棟と耐火試験炉。30MN（メガニュートン）まで積載可能で、世界でも最大級の施設となる。

建築ができなかつたりします。それであれば、一般鋼を用いながら、荷重の支持方法を工夫するなどして耐火性能を高める、あるいはできるだけ被覆を薄くするといった方法を採用するほうがコスト的によい選択となる場合もあります。

素材を通して防耐火を考える

鉄骨を扱うことが多いのでしょうか。

ゼネコンⅡ大規模建築Ⅱ鉄骨造という図式が定着しているようですが、必ずしも鉄骨ばかりではありません。近年は鉄骨と同じくらいコンクリートの耐火実験を行っています。といいますのも、コンクリートもここ数年でたいへん強度が高くなってきました。実験レベルでは200N/m²、実用レベルでも150N/m²といったコンクリートが開発されていますが、それくらい高強度になると、これまでのコンクリートに比べ相当に密実となり、加熱による爆裂の危険性も高くなるのです。これは当社に限ったことではなく、この爆裂をどう防止するかがコンクリートにおける課題となっており、そのための実験がかなりの数、行われているのです。

鉄骨関係の検証は少ないのでしょうか。

少ないわけではありません。やはり火災時の構造安全性を考えるケースは鉄

骨造が多く、実験がなくなることはありません。しかし、鉄骨の温度上昇による機械的特性の変化は、鋼材強度が上がってもそれほど大きな違いはありません。超高強度鋼といわれるような鋼材も登場していますが、高温時のヤング係数の低下についてもほとんど同じです。しかし、コンクリートの場合はそのあたりが未知であるため耐火実験によって調べるし

かないのです。その結果、実験の機会が多くなっているといえます。鉄の値段が一時期的に高騰したときには、超高層もオールコンクリートでできるのではないかという考え方もあつて、コンクリートの研究は進みました。一般的に居住性は鉄筋コンクリート造の方が鉄骨造よりも優れていると考えられるので、集合住宅などは超高層建築であってもコンクリートが選択されることが多いのではないのでしょうか。

「昨年、耐火木造の認定を取得したそうですね。」

鉄骨柱の周囲に木を耐火被覆として被覆する事例もありますが、認定を取得したのはオール木造の耐火材です。鉄骨とのハイブリッドではなく、荷重を支持する部分も木が担当します。木材は燃えるものですが、耐火構造の定義は「火災終了後も倒壊してはいけない」で、いい換えれば「燃えてはいけないもの」となります。そこで、荷重を支持する部分と荷重を支持しない被覆部分の切り分けを明確にして、火災時に荷重を支持する部分は所定の火災時間終了後も燃えないことを証明しました。荷重を支持しないまわりの部分は燃えるが、炭化により荷重支持部の手前で完全に燃え止まる仕組みです。考え方は「燃えしる設計」に似ていますが、「燃えしる設計」は準耐火建築物での設計方法なので火災

終了後に燃え崩れてもよいことになっています。しかし、繰り返しになりますが、耐火建築物では荷重を支持する部分は、火災時はもちろん、火災が終わった後も燃えてはいけません。いかに荷重支持部の手前で燃え止まるかが重要となります。

普及についてはどうお考えですか。

当社開発の耐火木造に限ったことではなく、木造建築の普及にはコストダウンが重要だと考えています。鉄骨造やコンクリート造と比べると耐火木造が高価であることは事実で、聞いた話では木材の原価自体はさほど高くありませんが、木材の切り出しや運搬にコストがかかるようです。とはいえ、林野庁は戦後植林した国内の木材の積極的な使用、いわゆる「森林サイクルの推進」を奨励しています。実際にニーズもあります。これまで準耐火建築物としてなら建てることのできた木造建築を、耐火建築物とすることで市街地でも建てられるようにしたい



燃エンウッドを使うことで実現した大阪木材仲買会館(2013年)。木材業界のランドマークとして、内外装ともにふんだんに木を使った建物が実現した。

という思いで、われわれも以前から研究開発を進めていました。このたび開発した耐火木造の柱梁は、社会のニーズ、国の政策、そしてわれわれの先輩方が続けてこられた地道な研究の下積みがあったからこそ、ここ数年で一気に進んだのだと思います。現在、大阪、横浜、船橋でこれら耐火木造部材を使った建物が竣工しています。

資料提供：竹中工務店

「耐火なecoms」への

挑戦

t²「住むためのプロジェクト」が防耐火性能をもてるならば、アルミの制約の1つから解放されます。これまでの防耐火に関する調査、研究、そして、「耐火なecoms」の方向性をまとめます。

t²「住むためのプロジェクト」が耐火構造と認定されるためには、主要構造部(壁、柱、床、屋根、階段)が耐火性能をもたなければなりません。それを構成するt²(壁、床、屋根)と、鉄骨構造体(柱、梁)が耐火性能をもつことは必須です。

現在、t²の壁、床、屋根それぞれのパネルは、建築基準法・第2条7号での大臣認定「耐火性能に関して政令で定める技術基準に適合する」を取得すべく、燃焼試験に備えています。取得後、t²のそれらパネルを、耐火性能をもつ標準建材として供給することを予定します。さらに、t²のユニット、あるいはシステムとしての建築物では、耐火検証法(ルートB)と大臣認定(ルートC)を組み合わせた評価方法を模索しています。

《2000年6月以前》

耐火構造＝鉄筋コンクリート

2000年6月の建築基準法の改正

- ▶耐火設計は工学的な合理性が競われる時代の幕開け
- ▶大手ゼネコンにおいて、耐火検証法と大臣認定を組み合わせた独自の評価方法の開発

火災の強弱に応じて、建物の非損傷性、遮炎性、遮熱性という3つの性能を達成させる

耐火構造＝鉄筋コンクリート同等の性能 言い換えると、木やアルミニウムも、荷重を支え、さらに鎮火後も絶対に燃えてはいけない。

《耐火建築物の設計方法と申請ルート》

1 仕様規定／主要構造部を耐火構造

ルートA 建築基準法に準拠した仕様設計⇒具体的に規定された材料、構造方法に準拠するならば、適法。

2 性能規定／主要構造部の耐火性能を検証

ルートB 告示に定める算出方法等による設計

【耐火性能検証法】 各室ごとの火災継続時間 ≤ 各室の主要構造部の保有耐火時間
屋外で規定される火災継続時間 ≤ 外壁の主要構造部の保有耐火時間

【避難安全検証法】 ①居室避難安全検証法:居室避難時間 ≤ 居室煙等降下時間
②階避難避難安全検証法:階避難時間 ≤ 階煙等降下時間
③全館避難安全検証法:全館の避難終了時間 ≤ 全館煙等降下時間

【防火区画検証法】 防火区画の面積区画の仕様変更

ルートC 高度な検証方法等による設計⇒認定評価機関による評価(2、3カ月)、その後、大臣認定(1、2カ月)、計4、5カ月

鉄骨構造体においては、耐火塗料に下の表のような問題点が明らかになったため、耐火鋼、CFT(Concrete Filled Steel Tube・コンクリート充填鋼管)などを検討し始めました。

「耐火なecoms」の実現によって、アルミを進化させ、t²「住むためのプロジェクト」は、より大きな需要に応え、その設置エリアを拡大できることを目指します。

	形状	用途	耐火性能	注意点
不燃ウレタン	不定形	断熱材の不燃化	不燃材料(国土交通大臣認定)表面に炭化層が形成されることで、酸素と可燃ガスの結合を遮断する	製品化はこれから 建築以外の分野への展開も模索
熱膨張耐火材 フィブロック	シートテープ	薄いシートが加熱によって耐火被覆となるほか、膨張することで穴や隙間を塞ぎ、火や熱、有毒ガスの流入を防ぐ	200℃以上で5〜40倍まで膨張 150℃で発泡する低温タイプもある	ライバルはロックウール 環境性能、施工性、コストといった点が比較するポイント
耐火塗料	塗料	塗膜が加熱によって発泡膨張し、気相含有断熱層を形成することで鋼材の温度上昇を抑制する	塗膜が200から300℃になった時点で20倍から30倍に発泡膨張。900℃を越えた炉内でも400℃強に鋼材温度を抑える	塗装に時間がかかる 表面が軟らかくキズつきやすい 水分に弱いので屋内向き



t²増減動 が可能なシステム

その3

ecomys38号にて、t²「住むためのプロダクト」を、都心、郊外の立地別の
一戸建て住宅、集合住宅という4つのタイプに分けました。本号では、
近年増加している「都心立地の中層一戸建て住宅」タイプを考察します。

都心での住宅供給

住まいを検討する時、特に持家では、都心エリアならマンション、郊外なら庭付きの一戸建て住宅が一般的です。表・1を見て明らかなように、90年代前半のバブル経済では、都心の土地は高額過ぎてマンションといえども購入ができませんでした。郊外で、そして、05年からは、バブル経済崩壊でそれまで買い漁った都心の土地がマンション用地に転換し、都心部、特に都心3区、つまり人口増加率1位の中央区、3位の千代田区、5位の港区で人口が増加しています。「都心エリアならマンション」の常套句通り、30歳の単身女性の購入するケースが目立つ専有面積50㎡台、60㎡台の2LDKを主とする中規模な分譲マンションが売れ、さらに国、自治体がそれら

表-1 東京都市町村別の人口増加率			
90-95年人口増加率(%)		05-10年人口増加率(%)	
上位10位		上位10位	
青梅市	9.0	中央区	24.8
八王子市	7.9	豊島区	13.6
稲城市	7.1	千代田区	12.8
福生市	5.9	稲城市	10.9
羽村市	5.7	港区	10.4
瑞穂町	5.6	江東区	9.5
小平市	5.4	足立区	9.4
国分寺市	4.8	文京区	9.0
あきる野市	4.7	墨田区	7.1
江戸川区	4.1	新宿区	6.7

の土地を有効活用させるべく容積率を緩和したことによって超高層マンションが供給され林立状態です。加えて、大手住宅メーカーによるALC板の4階建て、2×4造の3階建てなどが、都心部の狭小地で盛んに建設されています。それは、3階建て以上の住宅を建設できる建築制限の緩い地区で、比較的大きな敷地が分割、分譲されているためです。

都心立地の中層一戸建て住宅

一昔前まで、都心立地の一戸建て住宅といえば、京都の町家や東京の木密地域の木造モルタル住宅で、明治以降に建設された木造3階建ても見かけはするものの、おおむね2階建てでした。そこに66年、建築家・東孝光の自邸「塔の家」が登場します。敷地面積20.56㎡(6.22坪)の三角な角地に建つ、延床面積65.05㎡(19.68坪)のコンクリート打ち放しRC造の地下1階、地上5階です。ル・コルビュジェの提唱した「新しい建築の5つの要点」①ピロティ、②屋上庭園、③自由な平面、④水平連続窓、⑤自由なファサードを実現しました。

表-2 文京区の用途地域別面積		
	面積(ha)	割合(%)
合計	1,131.0	100.0
第一種低層住居専用地域	121.8	10.8
第一種中高層住居専用地域	334.8	29.6
第二種中高層住居専用地域	7.8	0.7
第一種住居地域	180.2	15.9
第二種住居地域	48.8	4.3
近隣商業地域	124.3	11.0
商業地域	237.3	21.0
準工業地域	76.0	6.7

層一戸建て住宅が、バブル経済崩壊後の95年ごろより、地価下落の著しい都心部で、多く建設されています。例えば文京区では、98年から05年の間に330の敷地が1049に分割されました※。文京区には、戦前に開発された低層一戸建て住宅地を代表する「大和郷」(21年に三菱財閥の岩崎家によって開発された1軒当たりの敷地面積1000㎡程度、その50%は庭にするという紳士協定をもつ計画的な住宅地)もあり、区の60%弱が住居系地域(表・2参照)です。分割された土地に二戸建て・長屋が95%弱、建設されました。その居住者の前住地では文京区が50%強、23区内が25%強で合わせ80%を超え、年収では1000万円以上が70%弱です。小規模敷地・二戸建て住宅というミニ開発での購入者とはほど遠いイメージとなっています。

t²による都心立地の中層一戸建て住宅の優位性

t²「住むためのプロダクト」において、t²ユニットのショート・サイズ(t²・S・4534mm)は個室、ロング・サイズ(t²・L・6534mm)は夫婦寝室(ツイベッド、あるいはダブルベッドを置ける)です。t²・Lか、t²・Sは、家族の共用室、いわゆるLDKとなります。t²ユニット分の広さの余裕があるならば、例えば、バス、洗面などのユーティリティやSOHOSペースなどの特殊なt²ユニットを設置できます。それらすべてのt²ユニットは、t²「増やせる。減らせる。動かせる。」によって、居住する家族のライフステージに対して新陳代謝(メタボリズム)も可能です。

加えて、屋上階は屋上庭園となり、中間階も、t²ユニットを設置しなければ空中庭園として利用できます。あるいは、屋上での太陽光発電も考えられます。ル・コルビュジェの「新しい住宅(建築)の5つの要点」ではありませんが、t²「住むためのプロダクト」によって実現された①工場生産、②増減動(メタボリズム)、③短工期、④ピロティ、⑤屋上庭園は、「新しい中層一戸建て住宅の5つの要点」といえるでしょう。都心の利便性を加えて、郊外立地での庭付き居住とは異なる、ミニマルで豊かな都心居住が具現化されます。t²「住むためのプロダクト」による都心立地の中層一戸建て住宅の誕生です。

t²による都心立地の中層一戸建て住宅の可能性

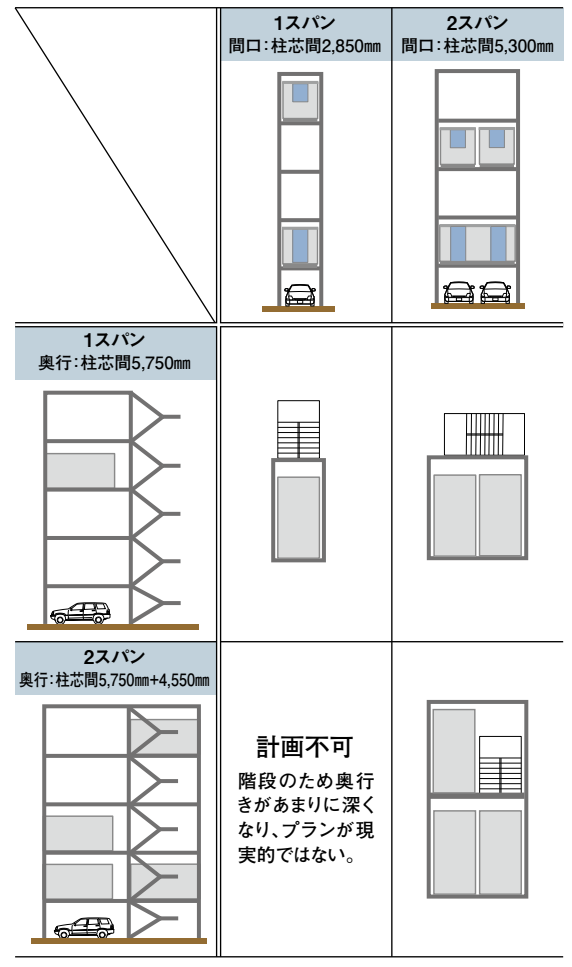
一方、00年代後半より、住環境の保全や都市防災のため、敷地分割が規制され始めました。都市計画による最低敷地面積は、世田谷区や中野区などで建蔽率に準じておおむね70㎡以上と、指導要綱による最低敷地面積は、文京区や品川区などで同様に50、60㎡以上と規定されています。

けれども、現在も、敷地分割規制あるなしにかかわらず、敷地分割による住宅地の供給は多く、中層一戸建て住宅の建設は、低層一戸建て住宅から中層への建替えも含め、盛んです。

t²「住むためのプロダクト」は、複数のt²ユニットとt²・S・Sとして、それらを組み込む鉄骨構造体で構成されます。屋根、壁、床のt²パネルが1時間耐火性能を有するならば、4階建て(1時間耐火性能の鉄骨構造体による)、あるいは、5階建て(1階は2時間耐火性能、2〜5階部は1時間耐火性能の鉄骨構造体による)が可能となります。

t²による中層一戸建て住宅は、最高5階建て、都心の狭小地、狭い間口から、t²を1、あるいは2ユニットを並列し、奥行も同様に縦列したプランを

表-3 t²「住むためのプロダクト」による都心立地の
中層一戸建て住宅の基本パターン



※参考論文「高度容積化を目的とした地域における敷地分割に伴う戸建住宅の発生と居住者の移住傾向に関する研究」堺総一郎

Masahashi Naoya

正橋 直哉 東北大学 金属材料研究所 附属研究施設関西センター センター長／教授

金属に関わる者にとって、東北大学金属材料研究所は特別な存在です。日本の研究施設としてもっとも歴史があるというだけでなく、世界を代表する金属学の研究機関であるからです。今回は、この最先端の組織で金属研究に従事される立場から見たアルミの現在を、金属組織学を専門とする正橋直哉教授にお聞きしました。なお教授は、産業貢献を旗印として立ち上げられた附属研究施設関西センターのセンター長でもあります。

合金化により、アルミの欠点を克服する アルミナイドとリサイクルにアルミの可能性を見る

生活に欠かせない金属 ―アルミニウム―

アルミニウム（以下、アルミ）は軽量で耐食性がよいことから、さまざまな分野で使われています。特に最近では、自動車や鉄道車両、航空機、建築といった分野への進出がめざましいようです。アルミには溶接が苦手という問題がありましたが、FSW（摩擦攪拌接合）が開発され、アルミ溶接の課題の一部が解決されました。FSWは材料を溶かさない技術であるため、一般の溶融溶接で起こる急冷急熱による材質劣化が小さく、組織が微細化することで機械的性質が向上します。また、インクリメンタルフォーミングといった技術も開発され、削ることなく複雑な形状に加工することも可能になりました。インクリメンタルフォーミングは棒状工具を、NC制御で薄板に押付けて移動することで所望の形状に成型する技術です。アルミが

比較的軟らかい素材であることがこの方法の適用を可能とし、金型を利用しないことから低コストで少量生産を可能とします。

合金化で強度を高める

一方でアルミの軟らかさは弱点でもあり、その弱点を克服するために生まれたのが合金です。1000〜7000番台からなるJIS規格で表記されるアルミ合金は、アルミの歴史を物語っています。アルミは軽いのでいろいろなところに使いたい。しかし実際に使おうと思うと強度が足りない。強度を上げるためにはどうするか考え、合金化に至りました。最初の合金元素は銅、それでも強度が足りない。では何を混ぜればよいか材料科学的に検討され、マンガン、シリコン、マグネシウム、亜鉛などの元素との合金が次々に開発されていったのです。

固溶強化と析出強化

2種類以上の元素が溶け合うことを合金と称しますが、合金にするとなぜ強度が増すのでしょうか。その仕組みには、大きく分けて固溶強化と析出強化があります。溶けあうことで全体が均質な固体（固溶体と称します）となり強度が上がることを固溶強化といいます。異なる元素を添加することで、元あった元素との間に歪みを生じさせることで強度が増加します。固溶体には、添加

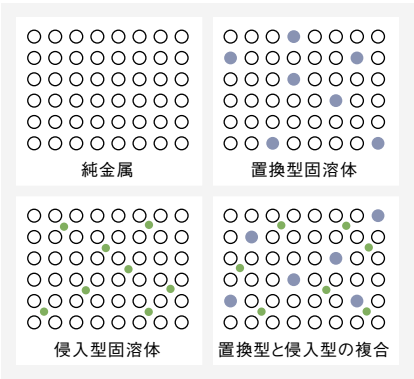


図1: 固溶体の種類

世界の金属学材料研究の最高峰 東北大学金属材料研究所

本多光太郎と 東北大学金属材料研究所



東北大学金属材料研究所は1916（大正5）年に、臨時理化学研究所第2部として発足しました。当時の研究主任が本多光太郎先生です。先生は1870（明治3）年、現在の愛知県岡崎市に農家の三男として生まれました。苦学して東京帝国大学理学部物理学科に進んだ後、ドイツに渡り、ゲッティンゲン大学のタンマン教授に師事し、最初はガラスに関する研究を始め、次第に金相学（金属の組織や構造と機能の相関を探索する）の研究へと手を広げました。帰国した当時の日本は日露戦争に勝利し、武力だけでなく政治も経済も文化も世界から見直された時期で、学術研究においても充実化が進められ、先生は、創設したばかりの東北帝国大学物理学第一講座教授に任ぜられました。先生は、鉄の磁性の研究を通して、研究所設立と同年に従来の3倍の保磁力を持つ永久磁石KS磁石鋼を発明しました。日本の十大発明といわれるこの発明によって、研究所の地位は揺るぎないものとなりました。この発明があったからこそ、金属材料研究の中心的存在として、現在の東北大学金属材料研究所はあるといっても過言ではありません。ちなみにKSとは住友吉左衛門（住友総本店店主）のイニシャルです。研究費を助成してくれた住友財閥への感謝を込めて、このように名付けられたのだそうです。

金属学と物理学が生む要素技術が研究のテーマ

本多先生はもともと物理の出身で金属材料を物理学的な視点で研究することに努めました。そのため、研究所には金属と物理の研究室の数が拮抗しており、世界でも類を見ない研究所だと思えます。異なる専門分野の研究者が同居することから、独創性と先鋭性



東北大学金属材料研究所の歴史

1916（大正5）年	東北帝国大学理科大学に臨時理化学研究所第2部発足。研究主任 本多光太郎
1919（大正8）年	KS磁石鋼発明
1921（大正10）年	附属鉄鋼研究所設置（東北帝国大学官制改正により、制度化） 本多光太郎所長就任（初代）
1922（大正11）年	金属材料研究所設置（金属材料研究所官制制定により、東北帝国大学に附属、3部門より構成）
1930（昭和5）年	低温研究室（旧2号館）完成
1939（昭和14）年	材料試験室完成
1945（昭和20）年	カピツア型バルスマグネット（5ms、27・3T）設置
1952（昭和27）年	米軍空襲により工場・研究施設3373㎡を焼失
1952（昭和27）年	日本初のヘリウム液化器導入
1959（昭和34）年	ビッター型マグネット（3・5MW、10T）設置
1969（昭和44）年	附属材料試験炉利用施設設置（茨城県）
1974（昭和49）年	百万ボルト電子顕微鏡室（学内共同利用施設等）設置
1981（昭和56）年	附属超電導材料開発施設設置
1986（昭和61）年	31・Tハフリッドマグネット完成（当時の世界最強定常磁場）
1987（昭和62）年	附属新素材開発施設設置
1989（平成元年）年	附属材料試験炉利用施設にアクチノイド元素実験棟完成
1991（平成3）年	附属強磁場超伝導材料研究センター設置
1994（平成6）年	スーパコンビヒータ棟完成
1996（平成8）年	低温センター（学内共同利用施設廃止）
2006（平成18）年	附属研究施設大阪センター（2011年より関西センター）設置
2008（平成20）年	国際共同研究センター設置
2010（平成22）年	低炭素社会基盤材料融合研究センター設置
2012（平成24）年	中性子物質材料研究センター設置 超低損失ナノ結晶軟磁性材料研究開発センター設置

40年以上前に、アメリカはアルミニドに加工性を付与して高強度材料をつくらうとする研究を始め、日本でも官民で同様の研究が行われました。1980年代半ば、当時のアメリカ大統領のロナルド・レーガンは元俳優だけあって、夢多き政治家でした。彼は汎

チタンアルミニド

チタンアルミニドは、最大欠点である加工性を改善する研究が盛んで、アルミの弱点である低い強度を克服する材料として期待できます。

ニッケルアルミニド

私の博士論文のテーマは、ニッケルアルミニドでした。ニッケルは耐食性、耐熱性に優れていますが、密度(8.90g/cm³)が高いために重いという欠点があります。これをアルミニドにすると、例えばNi₃Alの密度は6.82g/cm³ですから、約23%軽量化します。Ni₃Alはアルミとニッケルの比が25対75付近にありますが、このほかニッケルとアルミからなる主なアルミニドとしては、50対50近傍にNi₅₀Al₅₀、75対25近傍にTi₇₅Al₂₅などがあります。アルミニドの優れた機能を生かすために、最大の欠点である加工性を改善する研究が盛んで、アルミの弱点である低い強度を克服する材料として期待できます。

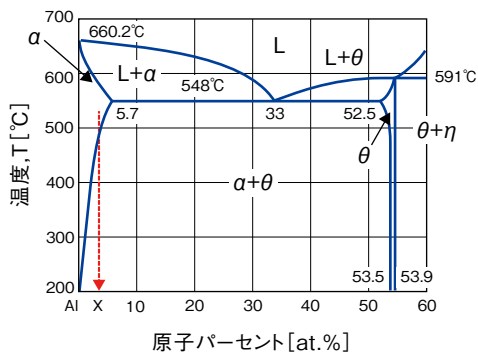


図3: アルミ-銅 二元素の状態図

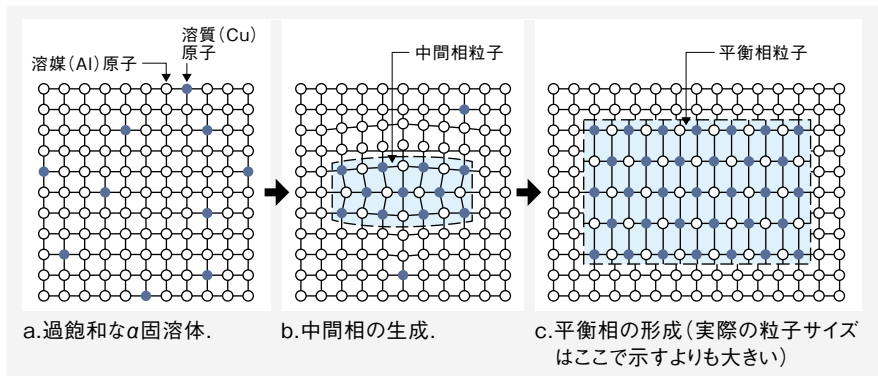


図2: 平衡相の形成までの段階を示す模式図

した元素が元の元素の格子と置換する置換型固溶体、添加元素が元の元素の格子の隙間に配置する侵入型固溶体、そしてこの2つの形態が共存する複合型の固溶体があります(図1)。

一方、もともとの母相に組成・構造の異なる新しい相を生じること、母相と新相の間に歪みを生じ強化する現象を析出強化といいます(図2にアルミ-銅合金の例を示す)。ここで、相とは単独の領域として取り扱うことのできる物質の集合体のことを称します。

アルミの析出強化の仕組み

一般に、アルミの強度を高める場合には、析出強化を用います。といいますのも、アルミはほかの元素を固溶しない傾向があるからです。添加元素をどこまで入れられるかを固溶限といいますが、アルミの場合の合金元素の固溶限はきわめて低いことが知られています。マグネシウムなど固溶限が若干大きい元素は固溶強化が期待できますが、ほとんどの元素は固溶限が小さいために、固溶強化は期待できません。

析出強化の仕組みをアルミと銅の合金を用いて説明しましょう。図3の赤い下向きの矢印の線を見てください。この線は、540°C付近(矢印の開始点)にあつて3%程度(矢印の先端と横軸の交点)の銅が溶けたアルミ-銅合

金の温度を室温に下げることが示されています。赤線と交差する青い曲線は、アルミに固溶する銅の限界量を示しますが、本来、ゆっくりと温度が下がれば、赤線と青線が交差した温度(約480°C)で、固溶できない過剰な銅原子がアルミ中に別の相(異物)として現れます。しかし、急速に冷却すると、そのあまりの速さに銅がアルミから分離する時間がなくなり、出てくるはずの銅原子がアルミの中に閉じ込められ、もともとの固溶できる量以上の物質が溶け込んでしまいます(この状態を過飽和固溶体といいます、図2a)。

時効

過飽和固溶体の状態で、少し温度を上げると時効といいますが、時効を施すとアルミの中に無理矢理固溶していた銅がアルミ-銅析出物として析出します。このとき析出物はアルミの格子と連続性を保とうとして配列しますが、それがアルミ-銅合金の強化につながります(図2b,c)。

図4写真の黒い棒状のものが析出物です。細かいものがたくさんできている状態の時に、もっとも強度が高くなります(写真a)。時効の時間が長くなるとだんだんと粒子のサイズが大きくなり、同時に粒子間隔も広がり、強度は低下します。(この状態は過時効とい

同特殊鋼が川崎重工と共同でバイク用のターボ用タービンインペラを開発し、三菱重工は、自動車のランサーエボリューションVのターボチャージャーに採用しました。

また先日、アルコアがリチウムアルミニドを使ったブレードの開発を進めているという報道もありました(『日経産業新聞』2014年7月17日)。

そのほかにも、コストや資源の面で魅力的な鉄アルミニドは、アメリカでヒートシールド材に用いられています。

金属リサイクルのモデルケースとして

アルミのもう一つの魅力は、リサイクルをできる点だと思えます。炭素などの小さいサイズの元素(不純物)は金属に混入して機械的性質に悪影響を及ぼしますが、鉄の場合はその効果が大きいので注意しなければなりません。しかしアルミはそもそも侵入型の固溶元素による固溶はそれほど多くなく、不純物の問題は深刻ではありません。

電気の缶詰と言われる「アルミ」ですが、その供給を電気代の安い海外にのみ依存する時代は終わり、電気炉を使ったりリサイクル事業が確立しています。これをもっと有効に活用する道があるのではないかと考えています。

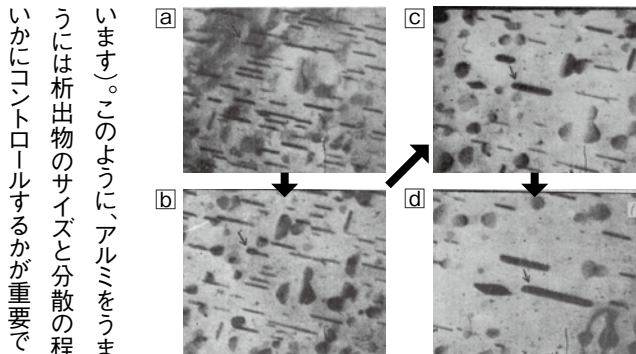


図4: Al-4%Cu合金の350°C過時効における析出粒子の変化
日本金属学会 金属工学シリーズ 『構成金属材料とその熱処理』より

います)。このように、アルミをうまく使うには析出物のサイズと分散の程度をいかにコントロールするかが重要です。

アルミの金属間化合物——アルミニド

アルミは他の元素をあまり固溶しないと記載しましたが、組合せによっては多量の元素と安定な金属間化合物を形成する場合があり、これをアルミニドと称します。私は長らくこのアルミニドの研究に従事し、アルミニドに魅力を感じています。アルミ合金は、FCC構造(面心立方格子構造)のアルミと上記のような析出相の複数の相からなる構造であるのに対して、アルミニドはある特定の決まった原子組成比で構成され、FCCとは異なる結晶構造からなります。加工性

特にアルミは析出物を利用して強化しているため、析出物を完全に分離することができれば、高純度アルミ製造のためのリサイクルに有利に働くと考えます。また、アルミの融点が高いことも分離に有効ですし、アルミの軽量は収集に役立ちます。

都市鉱山という言葉は、資源量が少なく単価の高いレアアースに対して使われますが、資源の有効利用という視点で、汎用金属のリサイクリングを進めていくべきで、アルミはそのモデルケースとならないでしょうか。わが国の技術と知恵を生かし、限りある資源の有効活用を目指したいものです。

正橋直哉 (まさひし・なおや)	
1987年	東北大学大学院工学研究科 博士後期課程終了(工学博士)
1987年	新日本製鐵入社
1993~1995年	英国・ケンブリッジ大学・客員研究員
1995年	新日本製鐵先端科学研究所
1999年	東北大学金属材料研究所・助教授
2006年	同研究所・教授、現在に至る

専門は金属組織学で、要素技術は相平衡や拡散を利用した組織制御・表面改質・接合など。現在は、二酸化チタン光触媒、接合、表面制御などの研究を通して、産学官連携活動に従事している。2011年より附属研究施設関西センター・センター長を兼務

Takao Yakou

八高 隆雄 横浜国立大学名誉教授

連載「明日へのテクノロジー」第5回では、八高隆雄・横浜国立大学名誉教授が取り組んでいる「高温アルミナイズング」を紹介します。八高教授は、人間の嗜好を取り入れた機械を創成するための感性設計工学や、金属の表面改質・形状創成に関する研究に取り組んでいらっしゃいますが、「高温アルミナイズング」は金属の表面改質に属する研究で、防食を目的に母材表面にアルミを被覆する技術です。

他素材と組み合わせることで生きてくる アルミニウムという金属のおもしろさ

金属の表面改質

―アルミナイズングとは、アルミニウム（以下、アルミ）のめっきと考えるとよいですか。

考えて構いません。アルミナイズングは鋼に対する防食処理法の一つであり、溶融亜鉛めっき法と同じように、母材表面にアルミを被覆する方法です。鋼の表面をほかの金属や合金、金属間化合物、セラミックなどで複合化する技術は、従来より数多く提案されてきましたが、その1つです。

―めっきとコーティングとは違うのでしょうか。

単なるコーティングとは異なります。単にアルミで覆うだけではなく、鋼表面の合金元素を拡散し、表面部の組織を変化させ、新しい金属間化合物の層を形成させる手法です。

―鋼とアルミの界面に金属間化合物を生成させるということですが、金属間化合物とは何ですか。

金属間化合物とは2種類以上の金属から構成される一種の化合物です。元の金属とはまったく異なる結晶構造をもち、そのためにもともの金属にはない特異な性質を示すことがあります。アルミ合金は金属間化合物をつくりやすい性質を持っています。例えば、6000番台のアルミ合金にはマグネシウムとケイ素が添加されていますが、この2つの金属元素によってつくられる金属間化合物が純アルミにはない性質、つまりは6000番台固有の特徴を発揮するのです。

―ちなみにアルミ合金に比べて銅合金に高強度の合金が少ないのも、金属間化合物に関係しているのでしょうか。

アルミが細かい小さな金属間化合物

物、またはこれから金属間化合物に成長していく集合体を微細に分散させることができるのに対して、銅はそれができず、そのために特異な性質を発揮しにくいことが銅合金の強度が上らない理由です。

その違いは析出強化と固溶強化という金属の強化機構の違いにあります。一般に、合金にすると混ぜる金属の原子半径の差によって結晶格子はひずみます。その結果、材料の強度は増します。これが固溶強化で、銅合金ではこの固溶強化が利用されています。

それに対しアルミ合金は金属間化合物ができやすく、析出強化を利用した高強度を得ることができます。この場合、540℃程度の高温に加熱してアルミ合金中の金属間化合物を分解させ、固溶強化の状態にします。次に金属間化合物が現れるよりも速い速度で急冷します（この操作を溶体化処理といいます）。この操作によって過飽和固溶体（もともとの固溶でき

る量以上の物質が溶け込んでしまった状態）を生成させます。その後、合金を120℃から180℃程度に加熱すると、過飽和になっていた原子が集合し、最終的に金属間化合物がた

くさん析出するのです。もとの金属原子の間にたくさんこのこれから金属間化合物に成長していく微細集合体を微細に分散させることで強度が大きく増すのが析出強化の仕組みです。この高強度を得るために120℃から180℃で長い時間加熱処理をすることを時効処理といいます。アルミ合金記号に書かれている

T5やT6といった熱処理による調質も、この時効処理です。

高温アルミナイズング

―溶融アルミめっきと、アルミナイズングは異なるものでしょうか。

溶融アルミめっきも、鋼の表面にアルミを被覆する処理で、鉄とアルミの界面に金属間化合物の層を生成させることで耐食性を高めます。その意味で、溶融アルミめっきとアルミナイズングは同じです。溶融アルミめっきは、

1963年頃から国内で製造、市販されてきました。1970年代より自動車の排気系材料、燃焼機器に使用が広がり、その後は建材としても利用されています。古くから利用されてきたのはつくり方が簡単だからです。溶融したアルミ浴中に鋼を浸し、鋼の表面をめっきするだけです。このときアルミは、純アルミよりもシリコンの入った製造用のアルミが多く使われます。湯流れがよいので、仕上げ面がきれいになるからです。溶融アルミめっきは表面が汚いといわれますが、それはアルミから鋼を引き上げる際に、アルミ浴

―単なるアルミナイズングと高温アルミナイズングとの違いを教えてください。

鉄とアルミの金属間化合物にはFeAl、FeAl₂、Fe₂Al₅、FeAl₃、Fe₃Alなどがありますが、溶融アルミめっきで鋼とアルミの界面に生成



アルミナイズングした鋼の状態を目視する八高教授。

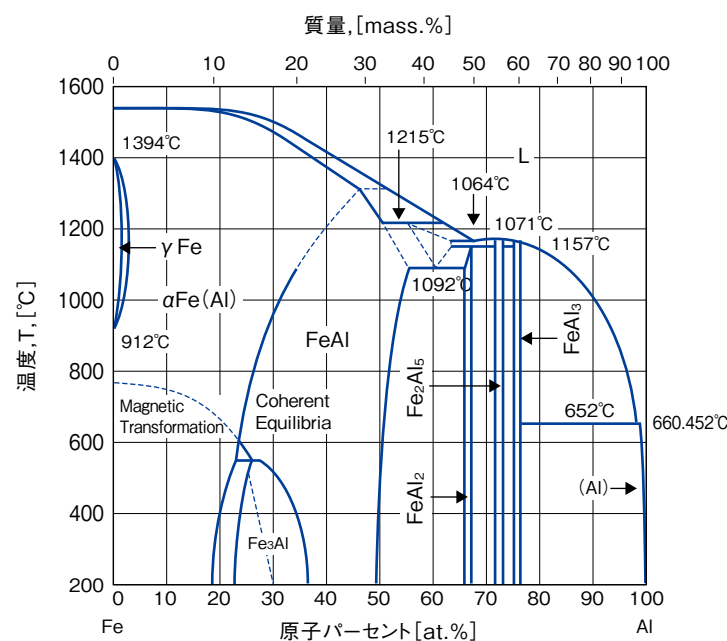


図1:鉄-アルミ 二元素の状態図



アルミナイズングした鋼

—高温アルミナイズングの可能性について、どのようにお考えですか。

今後、大いに普及していくと考えています。単なる高温アルミナイズングではFeAl₃が生成されるだけですが、これにクロムが入るとさらに耐食性や耐摩耗性が向上します。10%未満の添加では返って耐食性は減退するのですが、12%添加すると塩酸に対しても硫酸に対してもステンレスSUS304以上の性能が確保できることが確認されました(図3f)。しかもリサイクルアルミの粉末を用いればよいので、価格的にもステンレスより断然安くなります。耐食性が高いので塗装しなくてもよく、水道管や建築の外装材、海洋建築、地熱発電、温泉水の配管など腐食環境下で使

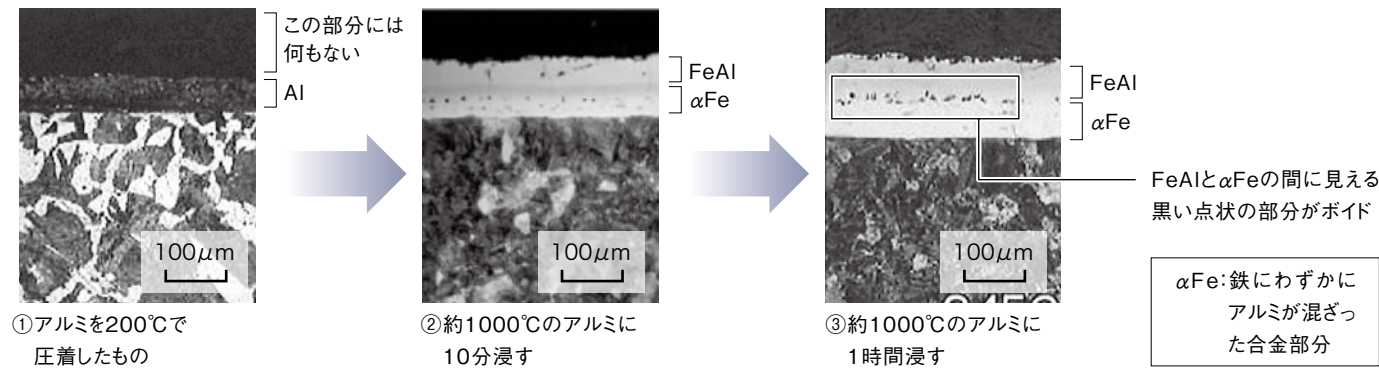


図2: 高温アルミナイズングの時間的变化

されるのは主にFeAl₃です。700から800℃のアルミ浴中に鋼を浸して溶融アルミめつきを製造した後に600℃前後に加熱すれば、鋼の表面にFeAl₃が生成します。この場合に硬くなりますので耐摩耗性は増すのですが、皮膜層の割れや剥離が起こりやすいといった欠点もありました。この溶融アルミめつきをすることも、さらには溶融アルミめつきをした後の加熱処理することも、両者ともアルミナイズングと呼ぶ場合があります、注意が必要です。

それに対して、比強度が強く、耐酸性、耐硫化性も強く、ステンレス鋼に代わる高温構造材料として期待されているのがFeAl₃を生成させる高温アルミナイズングです。FeAl₃を生成させるためには溶融アルミめつき後に900℃から1000℃くらいの高温に加熱することから高温アルミナイズングと呼んでいます。これまで高温にしなかったのは、アルミの融点が660℃であり、それ以上の温度に上げることに意味を見出し得なかったからです。しかしある時、学生が間違って温度を上げてしまい、その際に偶然にもFeAl₃と鋼の間にFeAlが生成されていることが発見されたことで、高温アルミナイズングへの道が開けました。ただし、高温アルミナイズングには1つの欠点があります。あまり長く浸

—アルミのよさと木のよさをともに生かした新材料をつくる方法はありませんか。

メカニカルアイロニングという、2種

用するのがよいと思います。製造方法に関しても、高温のアルミ浴中に浸すのではなく、鉄のフレームやパネルにアルミ箔を圧着させて熱を加えるといった方法、あるいは現在横浜国立大学で特許を出している簡便な方法を用いれば、装置も必要なく安価に製造することができそうです。

—アルミの可能性についてお聞かせください。

アルミは元素周期表上では金属のグループに属してはいますが、私たちが日常的に耳にする鉄、ニッケルおよび銅などの遷移金属とは離れた位置にあり、扱われ方もかなり異なっています。実際に、木材を扱うメーカーはアルミを丸鋸で切って使っています。彼らにとってアルミとは、鉄よりも木に近い材料なのです。それゆえにアルミのよさと木材のよさを生かした新しい材料の可能性もあるのではないかと考えます。

メカニカルアイロニング

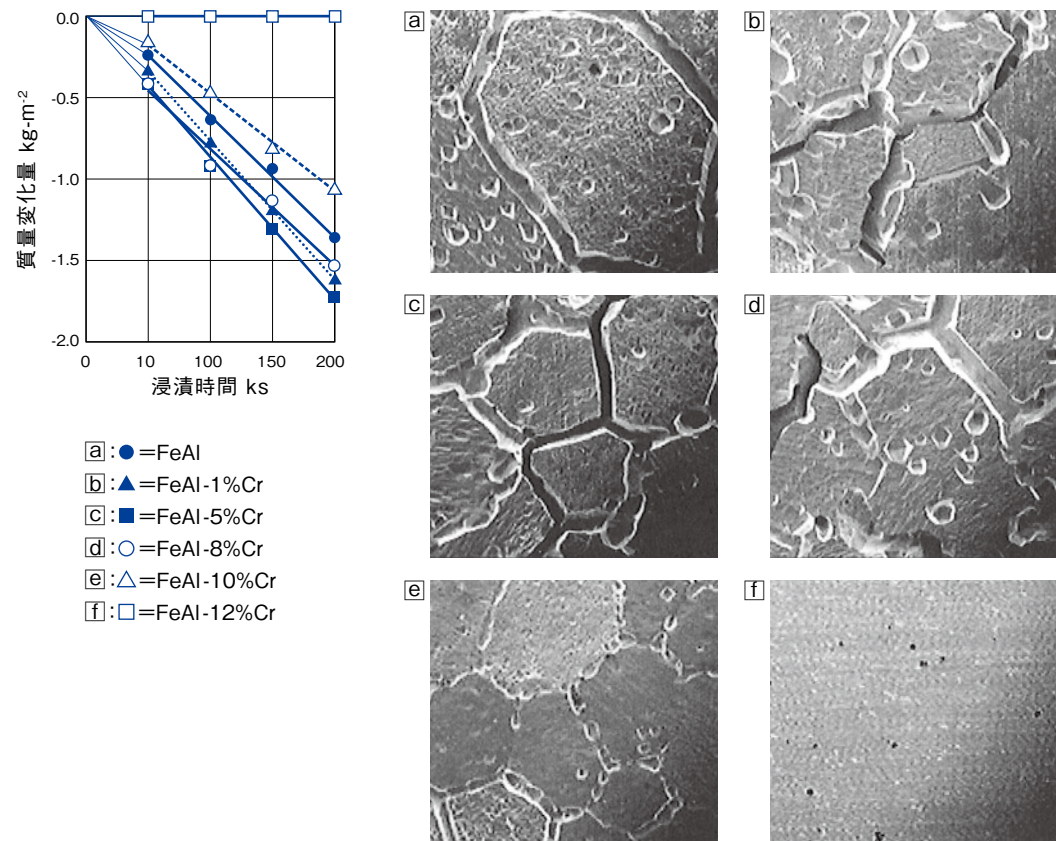


図3: 塩酸溶液中におけるクロムを加えたFeAl合金の表面変化

あるいはそれ以上の異なった物質を粉末にして混合し(溶かさずに粉末にした方が均質に混ざります)、これに何らかのエネルギーをかけて、極限的には原子オーダーまで混合させることで新物質・新材料をつくる方法が使えるのではないかと思います。

アルミを溶かしてその中に木材を含ませたら、木材は炭化するか燃焼するでしょう。すでにアルミの中にプラスチックの微細粒子を分散させた材料は試作しました。アルミ同士が接触した状態で振動などが加わると黒い粉が発生する「フレッチング摩耗」が生じやすいのですが、プラスチック分散アルミではこれが防止できそうです。アルミと木材にもこの方法が適用できると思います。アルミの粉末と木材の粉末と混ぜて高温で押し出すのです。アルミが溶けず、かつ木材が炭化しないような温度下で混合させて圧力をかければ、金属と木材の中間くらいのものができるのではないのでしょうか。金属と木の中間の質感で、木よりも強くアルミよりも軽い新素材ができるのではないかと思います。この場合に木ネジの強度を高めれば、ボルトやナットを使わなくても木ネジによる締結の可能性があります。また、まだイメージの段階ですが、木材は縦方向に利用すると重さの割に座屈し難く、支柱として適しています。

ボイドはできませんが、それをやるにはコストがかかりすぎます。大気中でつくり、ボイドができる前にやめ、表面のFeAl₃はショットブラストで取るのがよいと思います。

—メカニカルアイロニング以外にも、方法はありますか。

内部を木材にして表面をアルミ合金にしたアルミインウッド(AIW)ならば、木材の劣化を促進する水分、紫外線および微生物の侵入を表面のアルミで防ぎ、座屈強度を木材部分に負担させることが可能となるでしょう。さらにウッドインアルミ(WIA)ならば、内部のアルミ部分をパイプ状にして加熱または冷却した空気を流せば、外部の人間が見て、触れる部分は木材特有の温かさを備え、冷房や暖房を間接的に行う建築材料としての可能性もあるでしょう。こういったアルミ建材の研究・開発についても、機会があれば取り組んでみたいと考えています。

八高隆雄(やこうたかお)

1948年 群馬県生まれ
1973年 東京電機大学卒業
1982年 工学博士(東北大学)
1989年 横浜国立大学助教授
1996年 同大学教授
2014年 同大学名誉教授

ecommsのSA、PA

安全、快適なSA、PAをエコムスで実現

日本初の大津サービスエリア(名神高速道路)は、1963年7月16日に、トイレと駐車場のみでオープンしました。2カ月後、給油所、10月1日にレストランを開設します。2008年4月17日に、エコムスのアルミ製・喫煙ブースが養老SAに完成しました。現在、SA、PAは、高速道路利用者の快適性を、地域住民の利便性さえも創造しています。



全国のSA、PAに展開するエコムス



電話ボックスに代わり、アルミ製喫煙ブースを見かけることが増えました。
 現在、エコムスの喫煙ブース207棟が、SA、PAでの分煙を実現しています。
 エコムスは、t²で宿泊・休憩施設を、アルミ製ブースで常設、仮設の店舗や、
 高速バスの停留所を、アルミ架台で太陽光発電パネルの設置を提案します。
 eco(エコ)ムスにて、SA、PAはecology(エコロジー)、economy(エコノミー)に
 変貌します。



サービスエリアを現代の宿場として機能させる

安島 博幸 / 立教大学観光学部教授

エコムスが高速道路のサービスエリアやパーキングエリアに対して何ができるのかを考えるに当たり、事前に知っておくべき事柄が大きく3つあるのではないかと考えています。1つ目はロードサイド・サービスの歴史、2つ目はその海外事情、そして3つ目は日本国内の現状です。私たちはその解を、哲学、歴史学、社会学、記号論などを駆使し、観光地やリゾートの研究を進める立教大学観光学部教授の安島博幸さんから引き出すことにしました。

参勤交代とお伊勢参りが日本の宿駅制度を完成させた

日本の宿駅制度はどのように進化していったのでしょうか。

旅人に対するサービスは、昔からほとんど変わっていないのではないのでしょうか。旅する人に食事と休憩と宿泊を与え、乗り物に対するメンテナンスをする。古くは移動手段である馬に餌をやり、休ませる。現代は自動車にガソリンを補給し、場合によっては修理を行う。何ら変わっていません。日本と西欧といった視点で見ても共通であるように思います。こういった宿駅制度の基本を体系的に整

備したのは秦の始皇帝だといわれています。日本には奈良時代に律令制とともに唐から入ってきて、江戸時代に参勤交代とともに完成しました。また、いわゆるお伊勢参り、つまり伊勢神宮への参拝も、宿駅制度の整備に対し大変寄与したということができます。当時の人口3000万人のうちの年間500万人が参拝したというのですから、ブームといつてよいようなものだったのだと思います。イスラム圏ではメッカへの巡礼がありますし、キリスト教圏ではサンティアゴ・デ・コンポステーラへの巡礼などがあります。宗教的な動機で移動することは、人間にとって本能のようなものなのかもしれません。

馬車を使う伝統が育んだ円滑な自動車社会への移行

発展の経緯からみて、日本と海外の宿駅制度に違いはありませんか。

旅人に対する基本的なサービスは日本と西欧とで違いはありませんが、旅の



[上]小田原厚木道路の平塚サービスエリア。良質な品揃えがリピーターを生む。
[下]千葉県にある道の駅「とみうら枇杷倶楽部」。飲食のほか農村体験にも力を入れている。

影響とは、車社会への移行に対してですが。

はい。欧米では、馬車の歴史があったので、自動車時代になっても道路やサービス施設をそのまま使うことができました。馬車の時代と自動車の時代に連続性があったのです。それに対して日本では、徒歩時代と自動車時代の間に断絶があったので、宿場が廃れてしまいました。むしろ、徒歩時代から鉄道時代へ移行するため、駅前旅館が宿場の代替として発展していったのです。

変わりつつある交通機関の宿泊機能

日本のサービスエリアの宿泊施設について教えてください。

駅前旅館が発展したせいでしょうか、日本のサービスエリアは宿泊機能が弱いのです。東名高速道路・足柄サービスエリアにレストイン足柄という施設があります。2時間単位で休める機能を持った宿泊・休憩施設で、開通と同時1969年にオープンしましたが、普及しているとはいえません。東京の販売店や倉庫に朝一番でモノを納入したいトラックが、夜中に東名高速道路を走り、明け方、時間調整のために休むことを目的としてつくられたのではないかと思います。徒歩の時代の東海道における品川宿と同じような役割を想定したのでしょうか、流行るというレベルには至りませんでした。

海外のサービスエリアに宿泊機能はありますか。

海外のサービスエリアにも宿泊施設はありません。その代わりに欧州では、大都市周辺、例えばパリ近郊のブローニュの森にはオートキャンプ場があり、そこが宿泊施設のような役割を果たしているようです。

一方、アメリカにはモーターがありま



マイアミからキーウエストまでドライブした際に見つけた観光案内所。

す。アメリカの自動車社会が生んだ宿泊施設で、最近では日本でも甲斐真さんという方が、モーターをモデルにした素泊まりのアメリカンスタイルのロードサイドホテルを「旅籠屋」という名称で展開しています。1995年の1号店以来、現在40数店舗を展開、高速道路のサービスエリアにも3店舗ができています。また、高速道路のサービスエリアではありませんが、空港にも宿泊機能が生まれつつあります。先日、中国・上海空港で乗り換えのため3時間ランジットする必要が生じてしまい、仮眠するための施設を使ってみました。日本では最近、羽田空港第一旅客ターミナルビル内に、ファーストキャビンという施設ができました。もともと大都市にコンパクトホテルを展開するチェーン店ですが、羽田は初めての空港進出になります。



[上]長野県飯山市にある道の駅「千曲川」。写真は地元の製品コーナーだが、連携しているほかの道の駅の名産品コーナー、周辺市町村の名産品コーナーもある。
[下]この施設を切り盛りするK氏はかつて観光会社で斑尾高原の開発を手掛けた人物。その手腕を市長に見込まれて採用された。



【上】神奈川県大磯町では毎月第3日曜日に大磯港で大磯市を開催している。本格的なカレーなどをテーマに持った出店者を誘致している。
【下】山形県鶴岡市の道の駅「あつみ」の物産館「しゃりん」。建物は船の形を模している。

サービスエリアの経済効果は 大きな駅に匹敵する

日本にモーターのような宿泊施設が発達しなかった理由はなんでしょう

さきほども申し上げました宿場の衰退とともに、アメリカのフリーウェイは無料であることが挙げられると思います。無料であるということは、一度出てもまた入れるということです。あえてサービスエリア内に宿泊施設を設けなくても、一般道路沿いに施設があればそれでよいことを意味します。モーターの看板が並ぶ姿は、ある意味、アメリカを象徴する光景となっています。なお、無料であるのはアメリカに限ったことではありません。ドイツのアウトバーンも基本的には



アウトバーンのサービスエリア

無料です。そのためでしょうか、アウトバーンのサービスエリアには、トイレと給油施設だけといった簡素なものも多いようです。

日本の高速道路も無料にすればよいのでしょうか

海外の高速道路は無料であるので、日本の高速道路も無料にすればよいといっているわけではありません。かといって、このままでよいともいえません。

サービスエリアとよく比較される施設として、JRの駅ナカを挙げることができます。駅ナカはアメリカのハイウェイやドイツのアウトバーンとは異なり、徹底的な囲い込みで売上を伸ばしてきました。戦略として、駅ナカと同じことをサービスエリアがやることも1つの方法であると思います。利用客のもっとも多い東名高速道路・海老名サービスエリアの1日の平均利用者は上下線合わせて6万人。それに対して、駅ナカといわれる施設を設けている品川駅の1日の乗降客数は約33万5千人、大宮駅で約24万5千人です。数の上ではずいぶん違います。駅の乗降客は鉄道を利用する人をすべて数えているのに対して、サービスエリアは、サービスを受けるために利用する人がほとんどなので、実質的な経済効果は、大きな駅に匹敵するのではないかと思います。

地域解放などサービスエリアが 多角的に利用できる仕組みを

高速バスの利用者に関してはどうお考えですか。

都心から関越自動車道を使って新潟に行く高速バスがあります。私は川越に住んでいますので、本来、高速バスを使えば比較的簡単に新潟に行けるような気がしますが、そうはいきません。関越自動車道の川越というバス停はとんでもないところにあり、簡単には行けないのです。たとえ頑張ってバス停まで行ったとしても、バス停はいたって簡易で、場所によっては屋根がなかったりもします。バスを待つこと自体が拒否されているのではないかと勘ぐりたくなるようなバス停です。また、逆に途中で降りると田んぼしかないようなところだったりしますので、送り迎えがなければまったく利用できません。

利用客を増やすにはどういった解決方法がありそうですか。

実際、今の高速道路のサービスエリアは高速道を使わない限り利用できない仕組みになっているわけですから、簡単に利用客を増やすことはできません。増やすためにはサービスエリアを内と外、両方から使えるようにしないといけない



千葉県潮来市の道の駅。こういった施設に大切なのは「活気」。

現代の宿場としての サービスエリアと「旅情」

公共の交通機関を充実させることが必要そうですね。

必ずしも公共の交通機関でなくともよいのです。高速道路と鉄道網を結ぶ交通システムとサービスエリアの運営を一括して業務委託するようない切った施策もおもしろいかもしれません。以前とある観光地の案内所を刷新する計画を進めているときに、観光案内所に来たお客さまの手荷物を、お客さまが観光している間にホテルに届けるシステムがあった

ら喜ばれるのではないかとといった話が挙がり、宅配業者に相談したことがあるのです。すると観光案内所の運営全体をやらせてほしいといった提案を逆にされてしまいました。異業種であっても、その業種なり企業がもっている独自のノウハウが、これまでにないサービスを生み出す可能性があります。その意味でも積極的で革新的な業務委託が必要な時期にきているのかもしれない。

サービスエリアが次の段階へ移行するための鍵は何だとお考えですか。

必要なのは「旅情」だと思っています。パリのリヨン駅には「トラン・ブルー（ブ

日本初の都市間高速道路として、1963年の名神高速道路（1965年に全線完成）が、1968年に東名高速道路（1969年に全線完成）が開通します。この2つの高速道路のサービスエリア建設に、当時の日本を代表する建築家が関わっていたことを皆さんご存じでしょうか。

名神高速道路	吹田サービスエリア	浦辺鎮太郎
	大津サービスエリア	村野藤吾
	多賀サービスエリア	丹下健三
	養老サービスエリア	坂倉準三
東名高速道路	上郷サービスエリア	柳英男
	浜名湖サービスエリア	芦原義信
	牧ノ原サービスエリア	大高正人
	富士川サービスエリア	清家清
	足柄サービスエリア	黒川紀章
	海老名サービスエリア	菊竹清訓

なお、名神高速道路のトールゲート（料金所）は坂倉建築研究所に一任されました。

これだけの著名建築家を登用した事実からしても、高速道路の建設は国を挙げての事業であったと感じずにはいられません。また、建築家が自動車そして高速道路という近代を代表する産物をどのように見ていたのかを感じ取ることができるという意味でも、興味深い作品であると思います。

安島博幸(やすじま・ひろゆき)

1973年 東京工業大学社会工学科卒、株式会社ラック計画研究所入社
1982年 東京工業大学社会工学科助手
1984年 工学博士(東京工業大学)
1987年 金沢工業大学建築学科助教授
1995年 立教大学社会学部観光学科教授
1998年 立教大学観光学部観光学科教授
2007年 財団法人日本地域開発センター・地域づくりアドバイザー
2008年 日本観光研究学会会長(～2010)
2009年 UR都市機構・都市再生アドバイザー
2010年 日本観光研究学会評議員

スモークハット

正面全面に開口を設け、喫煙者の利便性と分煙を両立します。



日本平PA



平塚PA

スモークスタンド

対面を開口とし、喫煙スペースのゾーニングを明解にします。



玖珠SA



刈谷PA



駒ヶ岳SA

スモークキューブ

海老名SA

比較的閉鎖的な仕様。
より有効な分煙を実現します。

公共空間での分煙化は社会のニーズです。

エコムスは、2008年より高速道路のSAやPA、大学、市庁舎などへ200棟を超える喫煙ブースを納入しました。この実績を通して得たノウハウで、短工期でメンテナンスフリー、建築基準法に準拠した安心設計が特徴のアルミ製喫煙ブースを開発しました。閉鎖型から開放型までの4タイプが、皆さまの疑問にお応えします。



石川PA

喫煙パーテーション

確認申請が不要。パーテーションの自由な組み合わせが可能です。

分煙化をサポートする4タイプのアルミ製喫煙ブース

多彩な店舗展開を可能にするアルミとガラスのボックス



高速道路のSAやPAは、もはや単なる休憩施設ではなく、物販の拠点として飛躍する無限の可能性を持っています。

エコムのallen(2,200mm×5,500mm×2,450mmを基本としたユニット)やtsubomi(1,200mm、1,000mm、800mmモジュールのパネルを用いたシステム)といったシステム構法を用いれば、アルミとガラスのボックスを短期間で組み立てることができ、それらはさまざまな店舗の形を創出します。耐食性に優れたアルミは清掃も容易。商品の魅力を十二分に引き出します。



質の高い宿泊・休憩を提供するアルミ製居住ユニット^{t2}



工場内組立



トラック積み込み

高速道路だからこそ求められる安全。それを実現するための宿泊・休憩施設をエコムスはアルミ製居住ユニット^{t2}で実現したいと思います。ユニットは工場生産であるため短工期が可能。しかも4トントラックに積載して運ぶことができますので、季節による利用者の変動に応じた移設も容易です。高速道路における宿泊施設のあり方を、この^{t2}を用いて模索してみませんか。



EV給電施設



料金所地下通路屋根



防音・防風・防雪壁：ルーバー

太陽光パネル架台



バス停



SA、PAには、さまざまな施設や構築物が必要です。今後はホスピタリティ向上を目的に、また自動車の技術革新などに応じて、その種類もますます増えていくことでしょう。エコムスは、メンテナンスフリーのアルミを用いて、SA、PAのニーズに対応します。

メンテナンスフリーが望まれるSA、PAの設備

バス停・EV給電施設・料金所地下通路屋根・太陽光パネル架台ほか

これからのSA、PAとアルミ



サービスエリアの施設を整備するという立場から、エコムスが提供してきたアルミ製喫煙ブースがどのように受け止められているのか、アルミが今後、どのようなかたちでお客様さま満足度を引き上げることができるのかを西日本高速道路株式会社（NEXCO西日本）技術本部施設部施設エリア課課長の黒木悦郎氏にお伺いしました。

エコムスを知ったきっかけを教えてください。

エコムスとは、喫煙ブースをサービスエリア（以下、SA）に納めていただいたご縁です。以前から、アルミ製ブレース構造の建物を紹介していただいております。

弊社では、このアルミ製ブレース構造の建物で、

●店舗外観意匠的に相応しいガラス張り、さらに清潔感のある開放的な内部空間を演出できる。

●アルミの素地をそのまま仕上げとして、いるため余計な内外装工事が不要

●バリアフリー対応として施工が可能である。

という点に着目していました。

弊社はこれまで高速道路のSA・パーキングエリア（以下PA）に、閉鎖型から開

結果、採用には至りませんでした。問題は何かですか。

それまではどのようなもので仮設店舗をつくっていたのですか。

現在もそうですが、仮設店舗は、組立ハウス（プレハブ）やユニットハウスをリースして、そこに什器や備品を置いて店舗としています。プレハブ造やユニットハウスでは、内外部の仕上げに手を入れたり、製品のな特徴として床レベルが高いため、入口に階段やスロープの設置を行ったりする工事が発生していました。これらの問題を少しでも軽減するために、より店舗らしく見える製品はないものかと探していたのです。

コストの問題を解決するための方策として、どんなことが考えられますか。

今回は建設コストの面で採用を断念しましたが、アルミならではの軽量な構造と施工性のよさは魅力的です。店舗に特化したモジュール化や、比較的大きな屋根を一体化して施工するといった構造設計による低コストを期待しています。

今後は仮設ではなくて常設の店舗として、アルミ建築を使っていたら、思っているのですが、どういった点がその鍵になってきますか。

放型まで、さまざまなタイプの喫煙ブースを納めさせていただきました。今後の喫煙ブースはどういったものになっていくと思われませんか。

NEXCO西日本の喫煙所は、屋外タイプで3方向囲いとなっています。お客様からは、たばこの煙が漂ってくる、臭いがあるといった受動喫煙に関するご意見を多く頂戴しています。今後は、密閉型にして、規模も大型化するなどして、利用されるお客様の利便性を向上させつつ、広告塔として活用するなどの営業的な付加価値を付けることを考えています。

2011年、仮設店舗に関して提案してほしいといったお話をいただきました。どのような仮設店舗だったのでしょうか。

NEXCO西日本では、SA、PAの

計画当初から仮設店舗だけでなく、小規模店舗への展開の構想がありました。アルミ建築のメリットは、ユニット化による短期間の施工、構造躯体をそのまま仕上げとする意匠性、およびメンテナンスフリーにあります。これを生かすためには、他構造との建設コスト比較を行い、価格メリットを明確にすることが鍵になります。また、経年による機能や性能の劣化に伴う機能回復や向上のための維持管理コスト比較も同様です。

そのほか一般的にSA・PAの店舗設計のポイントなどあれば教えてください。

店舗設計に限らず建物は人が入る器ですから、まずは安全安心です。最近の話題としては、地震時による人命保護の観点から、非構造部材の落下対策に取り組んでいます。店舗設計では、お客様に喜んでいただくための空間デザインが重要です。限られた空間のなかで、お客様の「ウオント」にいかに対応できるか、ハード面ではある程度柔軟に店舗内のレイアウトが変更できるような店舗が求められています。



今後、SAに関して、アルミを使ってやってみようなどあります。

アルミの軽くて強いという特徴を生かして、SA・PAのトイレや店舗部分に大屋根を架けて、全天候型のエリアにする。その中にユニット化した店舗を点状させてモールでつなぐなどはいかがでしょうか。

最後に、NEXCO西日本さまが取り組まれていることなど教えてください。

NEXCO西日本では、SA・PA全体を「くつろぎ、楽しみにぎわい」を実感していただける「お客様満足施設」への変革に取り組んでいます。地域の特色を生かし、個性的で魅力ある店舗づくりを目指すとともに、トイレや駐車場・園地も含め一体感のある改良を進めています。



仮設店舗のイメージ。



1,000件以上の国際特許を持つブルム社の動くための技術

これまでの10回にわたる連載では、タイトルにあるとおりすべて「建築」を取り上げてきました。しかし、11回目となる今回は、オーストリアのブルム社が開発・製造した家具用フィッティングシステムを取り上げます。同社は1952年、蹄鉄・車輪工であったユリウス・ブルムにより設立されました。独自の滑り止めを施した蹄鉄を開発することで売上を伸ばし、1958年からは家具用金具の生産を開始。現在は、主にキッチンで使うハイエンド家具のためのフィッティングシステムの国際

的なメーカーへと進化しています。今では世界標準となっているクリップヒンジ（ワンタッチヒンジ）を開発したのも同社です。社内には40年以上の歴史を誇る職業訓練学校が設けられており、技術者の育成に務めています。2年に1度行われる技能五輪国際大会のオーストリア代表の常連でもある彼らが、ブルム社の技術を支えています。製造拠点は、オーストリア、アメリカ、ブラジル、ポーランドの4カ所。グループ全体の従業員数は6100人を誇ります。

パーフェクト・モーション

ブルム社の家具用フィッティングシステムとは、キャビネットの一般的な扉のヒンジシステム、跳ね上げ式の扉のリフトシステム、そして引き出しのためのレールシステムです。これらの開閉をいかに「パーフェクト・モーション（完璧な動き）」とするかをモットーに、研究・開発を進めています。あらゆる居住空間、特にキッチンでの動きの快適さを向上させることで、単なる家具の開閉という動作を、楽しみ、の域にまで高めることを目指しています。現在の代表ゲハルト・ブルム氏は「エンジニアとしてオーストリアという背景は重要ではない。われわれは市場が求める製品をつくるだけであ

る」と語っていますが、「MOTIONをEMOTIONに変える」という思想は、数々の芸術家を生んだオーストリアならではのものといえます。

パーフェクト・モーションを追求するために

ブルム社の製品の考え抜かれた機能性と洗練されたデザイン、および耐用年数の長さといった高い品質は、世界中のキッチンモニターするところから始まります。ブラクティカルテストという20年以上続けられている試みもその一つです。いくつかの家庭にモニターになってもらい、実際のキッチンの使用状況を調査しそのデータを検証します。モニタリングの対象は、エンドユーザーだけではなく、キッチンメーカーや家具職人、販売店との定期的な意見交換も行い、そこから得られた知見も重要な情報として製品開発につながっています。「完璧な動き」への要求も、そういったモニタリングから生まれました。例えば手の汚れ。料理をしていれば必ず手は汚れます。しかし、そのような状態で引き出しからモノを取らなければいけない状況は多々あります。そういった状況に対応できる引き出しの開閉とは何かといったことを追求していけば、おのずと「完璧な動き」を求めざるを得ないのです。

ヒンジシステム

ヒンジには、クリップ機能を備えたクリップ・トップ（CLIP top）、ブルモーション（BLUMOTION）を内蔵したクリップ・トップ・ブルモーション（CLIP top BLUMOTION）、もっともベーシックでクラシックなデザインの経済的なヒンジ、モジュール（MODUL）があります。特筆すべきはクリップ・トップ・ブルモーション。オンオフの切り替えもできるブルモーションと組み合わせることで、柔らかな静かな開閉が可能になりました。なお、ブルモーションはカップに内蔵されており、すっきりとしたデザインを実現しています。





レール内部のシンクロ化によってスムーズな走行が実現

リフトシステム

リフトシステム（アベントス／AVENTOS）には4種類があります。折戸システムのHF、アップ&オーバーのHS、垂直リフトアップのHL、ステイリフトのHK。サーボドライブと組み合わせることによって前扉を軽くタッチするだけで簡単に開けることができ、リフトメカの最適な調整から扉は好きな角度で止めることができます。扉を閉める際にブルモーションを用いることで、より静かに閉まります。



アベントスHF



アベントスHS



アベントスHL



アベントスHK

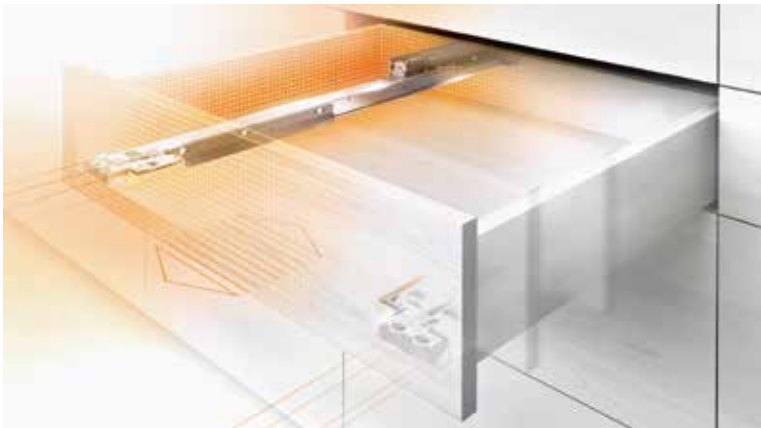
パーフェクト・モーションを実現するために

この「完璧な動き」を実現するために生まれた技術が、ブルモーションであり、チップオンであり、サーボドライブです。ブルモーションは、柔らかに静かな動きに貢献するダンパー機能です。チップオンは、一般に言うブッシュアップの機能で、取っ手レス（取っ手が無い扉・引き出し）に対応しています。サーボドライブもその応用で、電気信号でレバーが作動し、引き出しが前に押し出される仕組みです。閉まるときはレールに組み込んだブルモーションが機能し、出てくるときはサーボドライブが作動します。これにより取っ手レスの重い引き出しも、ちよつとした力をかけるだけで開閉が可能になりました。

グローバル・カスタマー・ベネフィット

今回の連載では、ブルモーション、チップオン、サーボドライブといった技術を駆使したヒンジシステム、リフトシステム、レールシステムの3つを紹介します。ヒンジシステムについては改めて説明する必要ありませんが、ブルモーションを組み込むことで、柔らかな動きと静粛性を実現します。

リフトシステムとは、跳ね上げ式の



ブルモーション付モベント



レールは引き出しの底部に設置されているため、引き出しの側面のデザインが自由になる。日本におけるブルム社製品の販売は、40年以上にわたりデニカ株式会社（<http://www.denica.co.jp/>）が総代理店として活動を展開しています。

レールシステム

レールシステムであるモベント（MOVENTO）やタンデム（TANDEM）は、取っ手レスに対応しています。取っ手レスであるため、電動のサーボドライブを用いて引き出しを開け、ブルモーションで静かに閉じるシステムと、チップオンを用いて引き出しを開けるシステムがあります。この2つはともに全開型引き出しで、モベントは40kgおよび60kg、タンデムは30kgおよび50kgの荷重に耐えられるよう設計されています。レールはともに引き出しの底部に設置されているため、引き出しの側面を自由にデザインすることができます。ブルム社のタンデムボックスという引き出しのシステムには、素材やデザインの異なる3種類の側面が用意されています。なお、タンデムにはタンデムローラーと呼ばれる磨耗の少ないプラスチックローラーキャリアが入っており、これががたつきを押さえて音を静かにしてくれます。



ショールーム。全世界、どここの国のショールームもまったく同じ展示内容になっており、誰もがその高い品質を享受できる。

扉のシステムで、4種類の上がり方が選択できます。

レールシステムとは、引き出しの開閉のシステムです。全開式の引き出し、優れた耐久性、静粛性、スムーズな走行性を、タンデムローラーを用いたレールとブルモーションの組み合わせで

可能にしています。なお、これらの製品は、特殊な工具を使わなくとも、あるいは工具自体を使わなくとも組み立てることができるといった共通の特徴があります。ユーザーのみならず施工者に対してもメリットを提供しようというのが、ブルム社の理念なのです。

偉大なパーツ屋 オーストリアのもう一つの



1973年のオイルショックで、約半数の社員を解雇するところまで追いつめられていた76年、1人の技術士が、在庫のカット・クリスタルを組み合わせで動物をつくるアイデアを思いつき、アニマル・シリーズ「マウス」を販売すると売れに売れ、あっという間に世界中に広まりました。販売計画なしのため、土産物屋の店頭にまで並ぶ有様。そして、社名を勝手につけた商品まで出回ることになったのです。

この逸話は、76年まで80年間、消費者に直接、社名を出すことがなかった1895年創業の「スワロフスキー」。オーストリアのクリスタル・メーカーです。1862年に北ボヘミアのガラス職人の息子として生まれたダニエル・スワロフスキーは、83年のウィーンで開催された「第1回電気展覧会」に触発され、80年代後半に、世界初の電気モーターを用いたガラスをカットする機械を開発しました。その独自に開発した技術の秘密を守るために、95年に、一家をあげて、チロル地方ワテンズに移り、新しい工場を設立しました。チロルの職人と水力発電をもとに、ボヘミア地方から原料を仕入れカット

だけでしたが、20世紀になり、クリスタルガラスを自社生産し始めます。その後、第一次世界大戦中は、工場の設備を徹発されないように軍需用品をつくり、また、研磨機をチロリットのブランドで売り出しました。戦後、「ローリング・トゥエンティーズ」の20年代はクリスタル・カット・ストーンが飛ぶように売れましたが、29年の「大恐慌」で需要も縮小し、それに対して、望遠鏡のレンズの生産等の多角経営に踏み切りました。光学機器の生産は、現在、「HABICHT（ハビヒト）」というブランドで展開されています。さらに、39年から第二次世界大戦が始まると、ナチスの命令でカット・ストーンの生産は打ち切られ、戦時用の双眼鏡やライフル・レンズの製作を命じられ、戦後はアメリカ軍の大佐の理解で、工場の破壊を免れ、生産を再開しました。50年代の好景気になり、ジュエリー・ストーンとシャンデリア・パーツのオーストリアを代表する輸出企業に成長します。そして、文頭です。現在、製品をつくる本部はいまワテンズにあり、世界各地の工場で生産し、数十の販売会社が全製品を独占的にコントロールしています。スワロフスキーは創設者の思想と理想を貫くファミリー企業です。

アルミ構造設計入門

by 飯嶋俊比古

Vol.35

アルミ建築構造の普及・発展を願って―最終回―

1.はじめに

今回は、複雑な形状の嵌め合い接合でも、有限要素法（FEM）で解析すれば耐力を推定できることを説明しました。しかし、接合部の剛性は、接合部のガタツキなども影響します。解析ではそのあたりのモデル化、評価が難しく、実験と解析では結果に乖離があることも説明しました。前回の例は、接合部は1種類だけでしたので、解析で形状を決め、実験で耐力と剛性を決めるという手順で、幸いにも順調に開発を進めることができました。

ある領域で開発を進める場合は、今回のようにはいきません。実験を大量に行うことができればいいのですが、通常は費用と時間の観点から無理です。従って、なるべく実験は少なくし、解析を中心に開発を進めるにはどうしたらよいかテーマとなります。

解析のテーマによりますが、実験結果がすでにあるのであれば、それに

一致するようにパラメータを調整し、実験結果と解析結果を合わせることは可能です。しかし、技術評価などで解析だけを行い、その結果が正しいと主張し、いわゆる学識経験者に認めてもらうのは難しい。理由は解析結果が正しいことを直接的に証明できていないからです。実験結果があれば、それは事実です。ですから、解析結果と実験結果がよく一致していることを示し、この近傍であれば同じ手法による解析結果も正しい、あるいは、ここからそこまでの範囲では正しいとの主張は認めていただけることになります。

以上のような事情で、何かをある領域で開発をする場合は、領域の両端を実験で確認し、できれば中央あたりも実験し、この実験結果と解析結果がよく一致することを示し、残りの領域を解析で明らかにする、という手法を取るのが一般的です。

開発する領域の外周を実験で押さえる、内側を解析で推定するやり方

は内挿の手法で、実験の外側を解析で推定するのは外挿の手法です。内挿的に行えば了解が得やすく、外挿的に行うと「外側なのにそんなことがいえるのか？」となり、了解を得るのは困難です。実験は費用と時間がかかりますから、できればやらない、やる場合でも少なくしたいというのが実情だと思えます。しかし、解析が正しいことを証明するには実験が必要です。従って、論理を実証するための実験を必要最小限にするためには、その趣旨をよく考え、実験計画を合理的に立案することが大事になります。

実験は事実と既述しましたが、そうならない場合もあります。実験すれば設計荷重をクリアすることはわかりましたが、構造計算でも成立していますか、と質問されます。質問の主旨は、実験に使った材料の耐力は規格値の下限值よりも大きいですね。材料の耐力が規格値の下限值でも設計荷重をクリアできますか、という意味で

す。この場合は、実験結果を規格値の下限值に換算し、その結果と設計荷重を比較し、設計荷重を満足していることを示さなければなりません。

実大実験により設計荷重をクリアしていることを証明しても「これではダメ」といわれる別のケースもあります。たとえば、この板厚は公称値です。ね。板厚管理規格の下限值でも許容応力度以下になりますかといったさらに細かい質問です。ですから、われわれ設計者は実験結果、計算結果に浮かれ油断しないで、予期せぬ質問、驚きの質問など、あらゆる質問に答えられるように冷静に準備をしておくことが必要です。有り体に言えば、審査する側とされる側では立場が大きく異なりますので、構造評価をいただくのは難しい、ということです。

何か新しいことをしようと思えば、わからないことばかりです。何かを開発しようと思えば、断面に余裕があることはありません。商品の売れる価格

から決まる使用していいアルミの量は、

通常の構造計算で求めた断面の半分ぐらい、というのが開発を手伝って得られた私の相場観です。断面を半分にするためには、普通の設計では実現できませんので、通常ではないメカニズム、キワキワの設計、思い切った大胆な設計を行わなければいけません。となれば、どうしても実験を行って性状を明らかにすることが必要になります。

開発には、構造を少なくするアイデアが必要、それが正しいことを証明する解析も必要、解析が正しいことを証明する実験も必要となります。

構造設計は、設計規準が整備されていますから何でもわかっているように思えますが、ちよつと変わったことをしようとすればわからないことばかりです。逆にいえば、わからないことだらけ、やられていないことだらけですから、そうであるならば、開発の余地は無限にあると考えることもできます。

2.アルミ建築の普及とは

―現状の認識―

旧建設省建築研究所の「新素材総プロ（以下、総プロ）」という名称のプロジェクトがありました。当時、建築基準法で指定建築材料として認められていなかったアルミニウム合金を合法

化しようというプロジェクトです。具体的には、アルミ建築であればどんな

小さな建築でも旧38条の大臣認定を取得しなければ建築が許されなかったものを、鉄骨造などと同様に、確認申請で建築可能になるようにしよう、というもので、この悲願は2002（平成14）年のアルミ告示410号で達成されます。

合法化の後には普及と考えるのが自然な流れです。そこでアルミ建築構造（推進）協議会はアルミ建築の普及を目指し活動を開始します。以下に、業界から見た「アルミ建築の普及」と建築家から見た「アルミ建築の普及」について私の意見を述べます。

〈業界からの「アルミ建築の普及」〉
アルミ告示410号によりアルミ建築を確認申請で建築可能になり、第1号としてSUSのエコムスホールが誕生しました。ですから、各メーカーもやろうと思えば商品としてのアルミ建築を開発・販売することは可能な状況となっているのです。見た目にははかばかしくメーカーによるアルミ建築が普及しているとはいえない状況ですが、実際に今の段階でやるかやらないかはニーズ、景況感、企業戦略であり、現状はその結果です。ということで、業界から見れば、「アルミ建築の普及」はす

でに実現された状況になっています。

〈建築家から見た「アルミ建築の普及」〉
建築家がアルミ建築に挑戦しようとするのが困難が待ち受けています。鉄骨造を設計するのであれば、形鋼リストがあり、鋼材を市場から入手可能であり、各種鋼構造の設計規準が準備され、接合部も標準化されている。その上で自動構造計算のソフトも準備されています。床に使用するデッキ材、既製品の柱脚などはメーカーから標準図まで提供されています。また、鉄骨加工業者も能力によりランク付けされ、溶接などの製品検査規準も準備され、第三者による検査も整備されています。従って、あらゆるものが準備され、余程変わったことをしなければ、鉄骨造の設計図書作成することでゼネコンが建物を完成してくれれます。言うなれば、鉄骨造は、形鋼から竣工まで一貫システムとして完成されています。

一方、アルミ建築の場合は大変です。標準的なものは何もありません。まず使つてよいアルミ材、標準的な材がどんな形状なのか、どこで入手可能なのかどこで加工してくれるのか、コストはどうなっているのか、納期はどれくらいか、などなど、アルミ建築の素人にはわからないことだらけです。誰に相談したらいいのかもわかりません。多分、アルミ建築構造協議会に相談すればよいのだと思いますが……。もちろん、SUSに相談する方法もあるでしょう。

アルミ告示とアルミニウム建築構造設計規準（そのほかにも規準は存在しますが）が存在しますので、アルミ建築の構造設計をしようと思えばできます。確認申請図書も作成でき確認も下ろすことができます。しかし、ここからが問題です。アルミはどのような形状でも押出可能という言葉を書き込みし、自由に設計を行うと、そのアルミ材はどこが供給してくれるのか、という問題にあたります。型材のアルミの量が多ければ、受注生産品として、どこでも喜んで押出してくれるでしょう。しかし、型材の種類が多く、かつ、少量であればどこも敬遠します。この状況は建築家にとって致命的に悲惨な状況です。設計はできたが肝心のアルミ材がない、建設を始められない、という状況です。さらにいえば、設計図書は完成しましたが肝心のアルミ材が入手できないので、工事ができません、ということなのです。

こうならないためには、構想段階でアルミ材を供給してくれる業者を確保しなければなりません。確保できれば、アルミ建築が現実化されます。

PRESENT応募&資料請求アンケート

- Q3. 購入予定のあるアルミ建築システム・家具など
ありましたらご記入ください（記号でお選びください）。
- A. tsubomi(ツボミ)
B. t²(ティーツー)
C. ルーバーほか建築部材
D. グリッドシェルフ
E. 家具(グリッドシェルフを除く)
F. その他()

- Q4. エコムスの製品を使ってみるとしたら、
どのような使い方をお考えですか。
- A. 住宅・店舗ほか一般建築
B. 待合室・喫煙ブース
C. イベント・ディスプレイ
D. 外装材・エクステリア
E. 家具・インテリア
F. その他()

資料ご請求（ハガキに○印をお付けください）

- A. t²資料 J. ecoms No.30
B. Louver カタログ K. ecoms No.31
C. Furniture カタログ L. ecoms No.32
D. ecoms No.24 M. ecoms No.33
E. ecoms No.25 N. ecoms No.34
F. ecoms No.26 O. ecoms No.35
G. ecoms No.27 P. ecoms No.36
H. ecoms No.28 Q. ecoms No.37
I. ecoms No.29 R. ecoms No.38

PRESENT応募&資料請求アンケートハガキ

Q1. 本誌をどのように入手しましたか？（ひとつお選びください）
A. 送られてくる B. イベント会場 C. 知人より D. その他()

Q2. 本誌をご覧になったのは？
A. はじめて B. 2 回目 C. 3 回目以上 D. すべて見ている

Q3. 購入予定のあるアルミ建築システム・家具などは？
A B C D E F ()

Q4. どのような使い方をお考えですか？
A B C D E F ()

Q5. ご意見・ご要望

資料ご請求 A B C D E F G H I J K L M N O P Q R

★必要事項をご記入ください

ふりがな		年齢	ご職業	
お名前		A. 建築業 B. 設計事務所 C. 家具・インテリア D. 製造業 E. 広告・マスコミ F. その他の会社 G. 公務員 H. 主婦 I. 学生 J. その他		
会社名	部署			
ご住所 (会社・自宅) 〒 -				
TEL () -		FAX () -		
E-mail :				

ecoms39号 ご協力ありがとうございます
プレゼント応募に限り 2014年10月22日 締め切り

ecoms 39

PRESENT応募&資料請求アンケートハガキ

ecoms 39号をご覧いただき、
ありがとうございました。

いつも本誌をご覧いただき、ありがとうございます。
左記アンケートにお答えいただいた方の中から抽選で10
名さまに、弊社のアルミシステム収納家具グリッドシェルフ
(開口部外寸185mm×185mm、奥行き150mm)をお送
りします。文庫本やCDの収納はもちろんのこと、オフィスで、
ご家庭で、思いのままにご利用いただければ幸いです。
皆さま、奮ってご応募ください。当選者の発表は、商品の発
送をもって代えさせていただきます。

現在、『ecoms』21号以前の冊子は在庫がございません。
WEBよりバックナンバーをダウンロードいただけますので、
こちらをご利用ください。

WEB ecomsサイト
<http://ecoms.sus.co.jp>

アンケートプレゼント



アルミシステム収納家具グリッドシェルフ

アルミ構造設計入門

3. 設計環境および
供給体制の整備

建築家にアルミ建築が普及するた
めには、アルミ建築の設計環境が、鉄
骨造並みの設計環境とはいわないま
でも、あるレベルまでは整備されてい
ることが望めます。構造設計の観点か
らは、以下の3つです。

- ①標準形材の整備
②接合部の性能
③面材の整備

〈標準形材の整備〉

H形、角形鋼管、アングル、チャンネ
ル、フラットバー、などの鋼材における
基本形状に相当するアルミ形材（標
準形材）の供給が確実に行われること
です。アルミ標準形材は、鋼材と同じ
断面形状である必要はなく、押出が
できるというアルミの特性を生かした
断面形状であることが望まれること
はいうまでもありません。しかし、鉄骨
造で培われた接合のやり方がありま
すので、それらを踏襲できる断面形
状であることも必要です。これらを勘
案すれば、あるモジュールに従って断面
の形状各部寸法が決められ、接合金
物に使用する形材もそのモジュールに
従っていることが望めます。これら

の部材の材質、重量、断面性能、幅厚
比ランク、許容応力度、などなどの構
造設計に関わる情報が整理された状
態で提供されることが望めます。

〈接合部の性能〉

部材があるだけでは構造設計はでき
ません。接合部の耐力および剛性が必
要です。特に知りたいのは、ラーメン構造
の場合の接合部曲げ剛性です。これが
ないとラーメン構造の応力と変形を正
しく求めることができません。接合部の
曲げ剛性は解析で求めることができま
せんので、実験が必要になります。接合
部の曲げ剛性を求めようとすれば、以
下の作業が必要です。形材を設計し、
設計した形材を押出してもらい、試験
計画を作成し、試験体を作成し、実験
をしていただき、その結果を整理して曲
げ剛性が求まります。この一連の作業は
設計というよりも開発であり、設計の度
にこの作業を行うことは構造設計者に
とっては負担が大きすぎて無理です。
この状況を避けるためには、まず標
準形材が必要です。標準形材があれ
ば、それらを接合する標準的な詳細
もあり、実験結果から得られたオーソ
ライズされた曲げ剛性もある、という
状況が実現されます。こうであるても、
鉄骨造の構造設計に比べ負担は大き
いのですが、形材の設計から始めるよ

りははるかに負担は軽減されます。

〈面材の整備〉

形材があればフレームを構成できま
す。フレームに屋根や壁を取り付けれ
ば、建築になります。2階建てであれ
ば床材も必要です。ということ、アル
ミ建築を実現するためには面材が
必要です。面材は実用的には構造用
合板でもいいのですが、アルミの面材
も用意されているほうが好ましいこと
はいうまでもありません。

鋼材の場合は、形鋼の形状はJIS
で決まっており、それ以外の形状も各
メーカーの製品として供給されていま
す。しかし、アルミの会社は、自社の標
準形材として市場に提供していません。
まずは形材がある状態、マニアルなど
が整備され使える状態、このような環
境にならないものかと考える次第です。

4. 結び

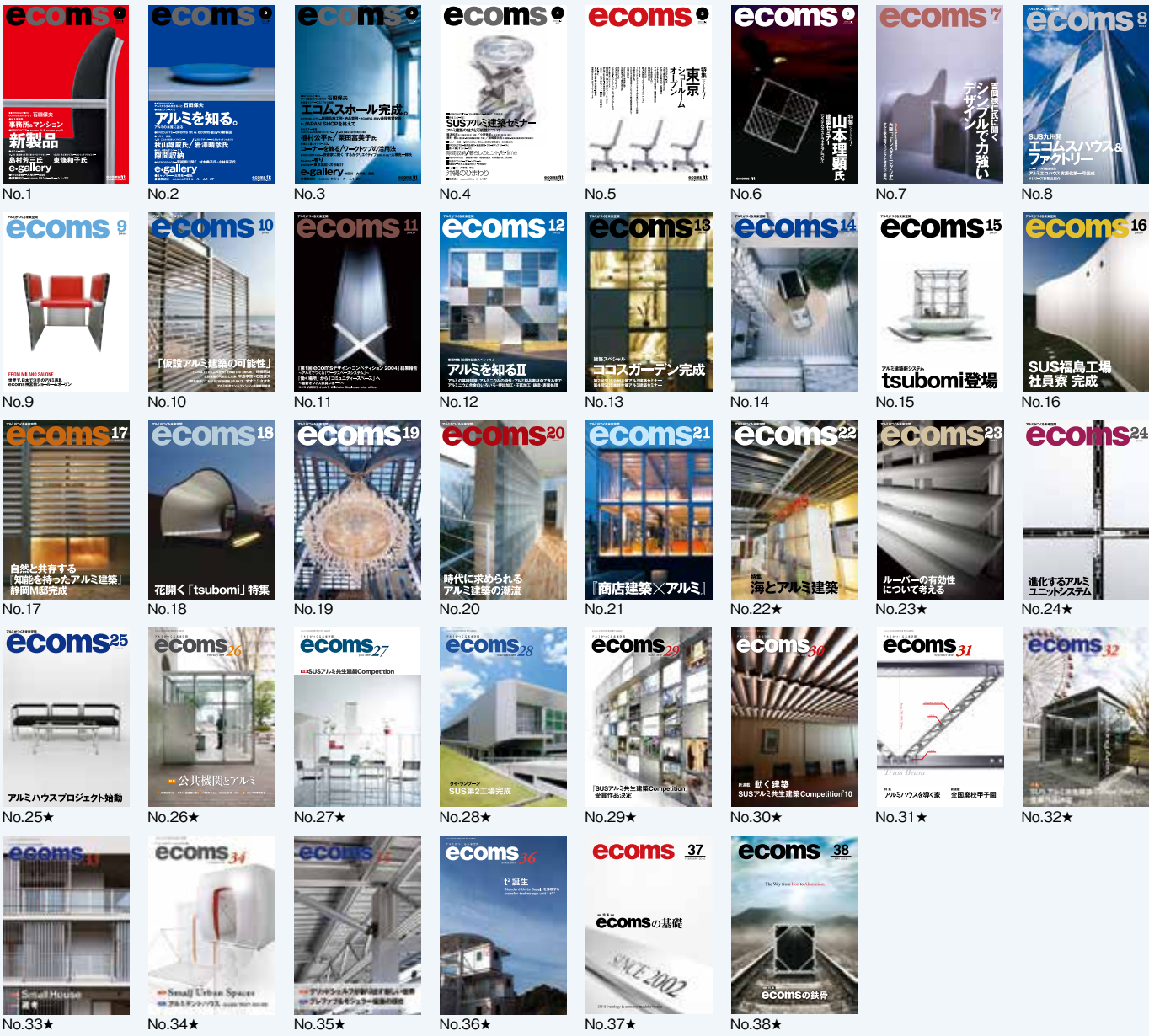
この連載のタイトルは「アルミ構造
設計入門」です。第1回目のSTE
の説明から始まり、有限要素法による
嵌め合い接合の解析まで説明をし、実
験との関連も説明しました。最初は
簡単だったのですが、だんだん難しく
なり、最終的にはずいぶん難しいとこ

ろまでできてしまい、読むのが苦痛に
なってしまったかもしれません。こま
で来ると「入門」から外れますので、
「アルミ構造設計入門」は今回で最終
回とすることにいたします。

「構造」と聞いただけでアレルギー反
応を示す方が多くいらつしやいます。
この方々のアレルギー反応を少しでも
軽減し、構造も結構面白いものだな
と感じていただくのがこの連載の趣旨
でありました。そのため、正確さ、厳密
さを欠くことを許容し、構造を直感的
に理解できるようにと考え説明を
書いたつもりです。

最近、私は「構造」と「構造力学」は
異なるといっています。みなさんがアレ
ルギー反応を示すのは「構造力学」で
あって、「構造」ではない、という意味
です。「構造」とは仕組みや関連のこ
とで、「構造力学」がわからなくても
物事の仕組みや関連を示すこと、理
解すること、考えることは可能です。
仕組みができれば、後は「構造力学」
を用いて断面を決めるだけです。から、
できたのも同然です。この意味からも
構造を敬遠することなく、これを機
に親しんでいただければ幸いです。
文末になります、アルミ建築が普
及することを願い、連載の機会を与え
てくださったSUS石田社長に感謝
いたします。

SUS発行 情報誌シリーズ



★印はバックナンバーがご覧いただけます。

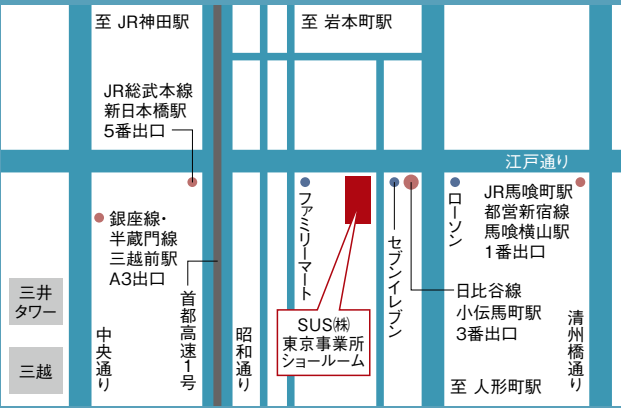
WEB ecomサイト <http://ecom.sus.co.jp>

エコムス・ショールームのご案内

「百聞は一見に如かず」。アルミの有効な活用術を発見するには、実際に「モノ」を見て、触れて、動かして、ご自身で確かめていただくのがもっとも早く確実な方法です。そのため、SUS東京事業所にはエコムス・ショールームを併設し、アルミ構造物シリーズ、建築システム、建築部材、家具といった「モノ」をリアルに体感いただける場をご用意いたしました。ご希望の方は、下記までご連絡(電話・メールとも可)いただき、ご相談の内容、ご都合の日時をお伝えください。ショールームご見学は予約制です。

SUS株式会社 東京事業所 ショールーム

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町1-7 スクエア日本橋3F
電話番号：03-5652-2393 メールアドレス：ecom@sus.co.jp
営業時間：月～金(9:00-17:00)
担当:エコムマーケティングチーム



NEXT ISSUE

次号予告

2014年12月発行予定

ecom 40

特集

短工期なecom

次号40号では「短工期」をテーマに特集を組む予定です。工期の短縮は、これまでも建設現場における重要なテーマでしたが、職人不足や労務費の高騰が問題となっている今日、まさに時代の要請だといえます。特にアルミ建築においては、木や鉄に比べ材料費が高い分、工期を短縮することでコストを削減しなくてはなりません。エコムスでは、これまでもアルミの軽さや工場生産の比率を増やすなどして工期短縮を図ってきましたが、今後もさまざまな方策を講じて工期短縮に挑んでいきます。次号では、さまざまな視点からecomならではの短工期のあり方を探りたいと思います。



ecom 39
PRESENT応募&
資料請求アンケートハガキ

ecom39号をご覧ください、
ありがとうございました。
プレゼント応募に関する詳細は、
P58をご覧ください。

■個人情報の取り扱いについて
ご記入いただく情報は、「製品およびサービス並びにそれに関する情報の提供およびご提案」「統計資料の作成」「製品・サービスおよび利用に関する調査、アンケートのお願いおよびその後のご連絡」に使用させていただく場合がございます。

PRESENT応募

アンケートに答えて
「アルミシステム収納家具
グリッドシェルフ」
をもらおう!





ecomms 出展

ジャパンホーム& ビルディングショー 2014

11/12_[水] ▶ 14_[金] 10:00 ~ 17:00



Mobile Habitat 増やせる。減らせる。動かせる。

ライフ・プロダクト

t2 / allen / 電動スライドベッド / アルミ階段 等

プロダクト・メンバー

システムウォール / ルーバー / ウッドシェルフ
グリッドシェルフ / Yテーブル 等

会場近傍の方には招待券を同封させていただきました。
弊社からお送りすることも可能ですので、ご希望の方は担当者までご連絡ください。

東京ビッグサイト 東2ホール

ビッグサイトアクセス

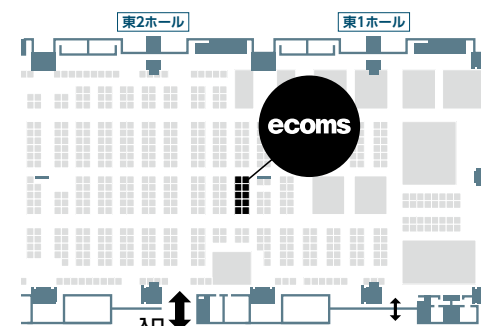
電車 りんかい線 ▶ 「国際展示場」駅下車 (新木場駅から5分、大崎駅から13分) / 徒歩約7分
ゆりかもめ ▶ 「国際展示場正門」駅下車 (新橋駅から22分、豊洲駅から8分) / 徒歩約3分

都営バス 都05系統 ▶ 東京駅丸の内南口発 (勝どき駅前経由) 東京ビッグサイト下車 (所要時間約40分)
東16系統 ▶ 東京駅八重洲口発 (豊洲駅前経由) 東京ビッグサイト下車 (所要時間約40分 ※ 豊洲駅からは約15分)
門19系統 ▶ 門前仲町駅発 (豊洲駅前経由) 東京ビッグサイト下車 (所要時間約30分 ※ 豊洲駅からは約15分)

その他バス

kmフラワーバス ▶ 浜松町駅発、東京ビッグサイト下車 (所要時間約40分)
京急バス ▶ 横浜駅発、東京ビッグサイト下車 (所要時間約50分)
リムジンバス ▶ 成田空港発、東京ベイ有明ワシントンホテル下車徒歩5分 (ホテルまでの所要時間60分)
リムジンバス・京急バス ▶ 羽田空港発、東京ビッグサイト下車 (所要時間30分)

東2ホール入口から見上げれば、柱の手前に **ecomms** のサイン



SUS株式会社
エコムマーケティングチーム

〒103-0001 東京都中央区日本橋小伝馬町1-7
スクエア日本橋3F

tel.03-5652-2393 fax.03-5652-2394
担当 / 藤原亮