

住宅構造における共生型素材革命としてのスチールハウス —「S-Hybrid 2×4」の標準化とその評価—

Coexistable Steel Framed House as An Innovative Structural Material
— Standardization and Evaluation Methods of “S-Hybrid2×4” —

皆川みと/Mito Minagawa・鋼板事業部 薄板建材部 スチールハウス技術グループ 参事補

木村智彦/Tomohiko Kimura・鋼板事業部 薄板建材部 部長

中山修一/Shuichi Nakayama・鋼板事業部 薄板建材部 スチールハウス技術グループ グループ長

林 隆史/Takafumi Hayashi・鋼板事業部 薄板建材部 スチールハウス業務グループ

要 約

住友金属が提案する「住金ハイブリッドツーバイ(S-Hybrid 2×4)」は、「鉄と木の共生」のコンセプトのもとデビューさせたスチールハウスである。本論文では、「S-Hybrid 2×4」が「住宅構造部分の共生型素材革命」として「様々な素材と共生」し、新たな優れた用途・用法を創出するための評価指標（「住環境のトータル省コスト性能」・「トータルハイブリッド性能」・「S-Hybrid 2×4の普及性能」）を設定した。また、「S-Hybrid 2×4」の普及性能を高めるためには、標準化が重要であり、標準化の基本単位に与えられた柔軟性が普及力を決定づける。「S-Hybrid 2×4」では、独自の「類化組合せ理念」という考え方のもと、標準化の基本単位をシンプルにし、「部材」・「物流」・「接合」・「用途」における柔軟性を「ボーダレス性能」という指標で評価した。これらに基づいて、「S-Hybrid 2×4」の現状開発レベルを報告する。

Synopsis

Sumitomo Metals has produced its own steel framed house, “S-Hybrid2×4” under the concept of the “Coexistence of Steel and Wood”. The three important valuation bases (“Total Cost Saving”, “Hybrid Potentiality”, “High Popularity”) which can present new applications are described in this paper, and these bases are needed to enable the “S-Hybrid2×4” to coexist with various materials as an innovative structural member. The “S-Hybrid2×4”’s popularity is heightened by its standardization, and the basic unit flexibility of the standardization will decide the extent of its popularity. The “S-Hybrid2×4” made the basic unit simple by using a unique idea of “combination”, and the flexibility was estimated by a scale called “borderless” as an index of “materials”, “distribution”, “connection”, and “purposes”. This paper reports the developmental achievement of “S-Hybrid2×4” on the basis of these valuation bases.

1. はじめに

1-1 なぜ今「木と鉄の共生」なのか

日本に2×4工法が導入されて20数年が経ち、当時非常に革新的であったその工法も、今では安定した地位を確立した。2×4工法は、現場施工マンにフレーマーという新職種を発生させ現在に至っている。更に、木造2×4住宅は「高耐震」「高気密」「高断熱」性で、消費者の高い支持を得つつある。

元来、多くの移民と彼らが持ち寄った多種多様な住宅工法が淘汰されてきた北米で、徹底した工法の合理化要求のもと生まれた2×4工法は、入手性と加工性の良い「木」を材料とするのが基本であった(素材立地)。この工法が北

米を起点に世界中へと広まった。その影には物流の発達があり、材料の世界的規模での移動を可能にした。これは、材料である「木」の消費量の爆発的増大と、それに伴う環境の保全問題、および木材価格不安の深刻化を引き起こし、住宅の構造材選定基準が、今や世界中で大きく変わろうとしている。

素材立地に基づいて、「入手し易く」「加工し易く」「経済的」であれば良かった住宅の構造材が、「自然環境も十分に考慮」されていなければ、受け入れられなくなってきている。ここに次なる素材ニーズが生じたのである。「スチール」という素材は今や普及性の高い素材であり、製造技術の発達で諸問題を解決できる素材である。次世代の住宅製造事業をリードする素材とは、このような時代の要請に柔

軟に対応できる素材であり、「独占」ではなく「共生」という理念にほかならない。

1-2 スチールハウスと「S-Hybrid 2×4」

木造 2×4 の構造材であるランバー材を「スチール」に置き換えた住宅が、「スチールハウス」の概様である。米国では、一時期の木材供給の切迫をきっかけに、木材消費を主とする地域のビルダーが各種「スチールハウス」の着工件数を伸ばし、「スチールハウス先進国」となるに至っている。

日本では、鋼材倶楽部スチールハウス委員会において鉄鋼メーカー 6 社が共同で、また各社それぞれが個別認定建設実験を通し研究開発を重ねてきた。1997年 9 月の大臣

認定取得による KC 型のオープン化で、今まさに、「スチールハウス」が本格的普及への道を歩み始めた。

住友金属においては、5 件の個別認定物件での建設実験ととそれに続くシステム認定での建設実験から「スチールハウス」の知見を蓄積してきた(写真 1)。そして、この「スチールハウス」の導入は、20数年前に 2×4 工法が日本に導入されたときと同様、非常に革新的な技術として注目されている。住友金属が提案する「スチールハウス」は、「住宅構造部分の共生型素材革命」との方向づけと、先に述べた「鉄と木の共生」のコンセプトのもと、「住金ハイブリッドツーバイ (S-Hybrid 2×4)」としてデビューさせた(写真 2)。



A 物件(長野県長野市/Nagano)



B 物件(岐阜県恵那郡/Gifu)



C 物件(北海道上川郡/Hokkaido)



D 物件(茨城県鹿嶋市/Ibaraki)



E 物件(神奈川県伊勢原市/Kanagawa)

写真 1 個別認定物件の実績

Photo 1 Construction results

技術報文



写真2 S-Hybrid 2×4 建設例(鹿島混和風実験棟)

Photo 2 S-Hybrid2X4 (Modern Japanese style experimental house)

2. 「S-Hybrid 2×4」の評価対象

2-1 共生型素材革命のために

住友金属の「S-Hybrid 2×4」は、「住宅構造部分の共生型素材革命」とであると言える。住友金属の「スチール」が「様々な素材と共生」し、新たな優れた用途・用法を創出していくためには、「S-Hybrid 2×4」が下記の指標を評価していかなければならない。

- ① 住環境のトータル省コスト性能
- ② トータルハイブリッド性能
- ③ S-Hybrid 2×4 の普及性能

2-2 トータル省コスト性能という考え方

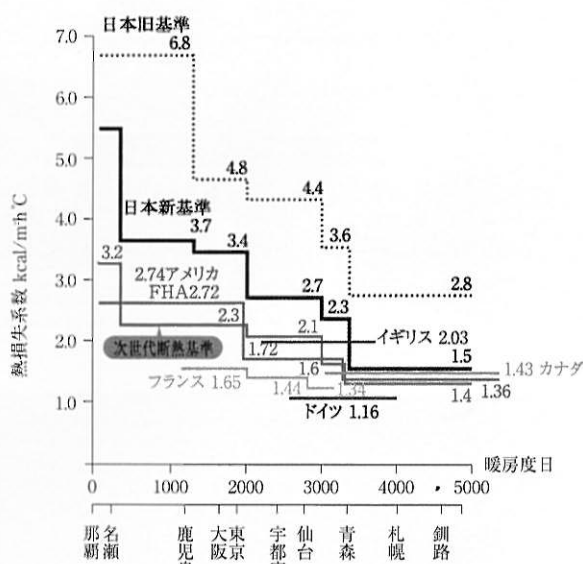
「快適性」は居住者が住宅に求める重要な住み心地である。この「快適性」に対して素材ができること、工法ができることをバランスよく整理して、テーマに沿って材料や工法を選択し住宅を建設する。入居後も様々な設備でそれを持続させようとする。時間経過とともに不具合が生じれば、改築やメンテナンスをもって快適性を確保する。建設コストを投入(初期投資)した後も、設備ランニングコスト(維持エネルギー消費)、メンテナンス労力を伴う。つまり居住後の時間経過にも膨大なコスト投入(エネルギー消費)を余儀なくされるということである。

これがこれまでの日本の住宅が抱える潜在的な問題でもあり、これら住宅における様々なコスト発生をトータルで低減することが、省エネルギーが叫ばれる今日での重要な視点である。たとえ建設時のコスト投入が小さくとも、経年でのコスト消費量が嵩み、メンテナンス頻度が高ければ、「トータル省コスト性能」は悪いのである。

居住者の快適性確保の一例として、「断熱化住宅」の概念整理が必要である。居住省コスト性能(維持省エネルギー等)を左右する熱損失係数は平成4年に非常にシビアな方向に改正(新省エネ基準)され、更に次世代省エネ基準でレ

ベルアップされる予定であり、「高気密・高断熱住宅」が合言葉となるのである(第1図)。スチールハウスにはパネル工法必須の断熱気密施工性の良さがある。しかし、更に高い断熱性能確保を、「トータル省コスト性能」を悪化させずに達成するために、実物件(モニターハウス)での知見蓄積を行ってきた。(参照論文:外貼り断熱によるスチールハウスの快適居住環境の確保)。

「トータル省コスト性能」向上のために、住宅に外張り断熱システムを採用することは、人に優しい(快適性付与)のみならず、構造躯体を外界から守ることで強度性能を維持しメンテナンスコストの低減をターゲットとする考え方が含まれている。「S-Hybrid 2×4」は、住宅のトータル省コスト性能を提案していく次世代住宅システムの基盤にならなければならない。



第1図 熱損失係数で比較した各国の省エネルギー基準
Fig.1 Energy code

2-3 トータルハイブリッド性能とは

日本の木造住宅において「100年住宅」等の企画を重要視する潮流がはじめている。その際、永く安心して居住するためには、住宅の使用年限の評価技術が大変重要になってくる。木造住宅では壁内の「木」の腐りによる構造強度の劣化について、阪神淡路大震災でもクローズアップされた。その点で、住宅の使用年限を左右する構造耐久性能を、永く維持できる素材開発は非常に重要である。

米国や豪州におけるスチールハウスの建設実績は、ある程度スチールハウスに対する安心感を勝ちとることに寄与しており、素材としての表面処理軽量形鋼の耐久性能は認知されつつある。しかし、日本の風土では「S-Hybrid 2×4」は、新たな「木と鉄の共生型素材革命」の潮流であるため、形鋼がハイブリッド化された状況での実態評価(診断)

がなされなければならない。住宅をハイブリッド化の際は、ブレンドされる素材と工法により、欠点を補い合い、長所を高め合うことが前提となり、構造躯体としての強靱性を永く保つという基本性能を向上させることが主題となる。

「木」の代役を「スチール」が果たせるものかを、「木」に腐りが生じるのと同様な環境においても検証することが必要であり、またその検証評価技術も必要である。「S-Hybrid 2×4」では、実物件(モニターハウス)による耐久性の検証を行い、それらを今もモニタリングしている。(参照論文:スチールハウス用表面処理鋼材の寿命評価)。つまり、家の寿命は素材の寿命とイコールではなく、住宅の全体系と居住者のライフスタイルから決定される複合性能であることがわかる。

2-4 「S-Hybrid 2×4」標準化での普及性能とは

「S-Hybrid 2×4」は「住宅構造部分の共生型素材革命」とであると前述した。ここでは、もう一つの共生相手である建設業界に対する因子を整理したい。結論から言うと、建設業界と共生し易いシステムこそが、普及性能が高いとい

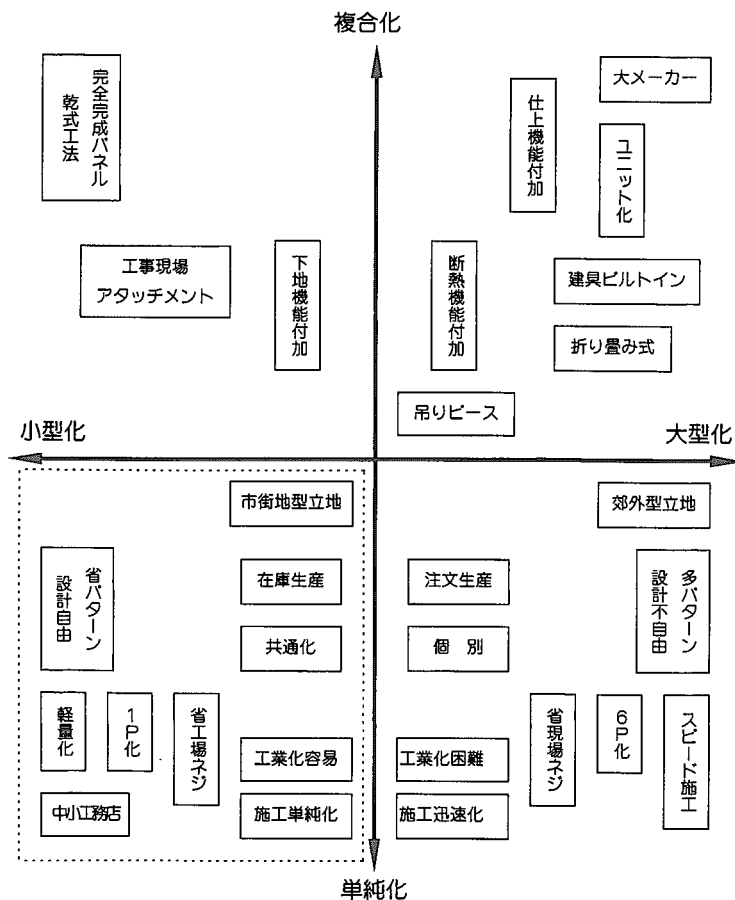
うことである。

住金の提案する次世代住宅「S-Hybrid 2×4」の標準化の方向づけを、標準化座標軸(第2図)で確認できる。

大型パネル化はスピード施工を可能にする反面、パネルの種類が膨大となり必要となり設計の不自由さや、物件ごとの製作での個性が強まることになる。またパネルに様々な機能を付加する複合化は、将来的には不可欠な要素であるが、普及期においてはシンプルかつ容易性を重視することが必要である。

一方パネルを単純化し小型化することは、パネルの省パターン化や軽量化に繋がる。これは設計およびパネル製作時において必要入出力情報もシンプルにでき、付帯作業に取り組み易くなる。

「S-Hybrid 2×4」では、構造躯体を因数分解し、標準単位を小型化することにより、設計・積算・製作・施工面までの取り組みをシンプルにしつつ、そこから派生する大型化や複合化も、すべてこの標準単位を「類化組合せする」ことで表現する容易性を併せ持たせた。これが「S-Hybrid 2×4」の普及性能を高める「類化組合せ理論」の概要である(第3図)。



第2図 標準化座標軸

Fig.2 Standardization map

3. 「S-Hybrid 2×4」の現状開発レベル

3-1 「S-Hybrid 2×4」における普及性評価

「S-Hybrid 2×4」における標準化理念は、「類化組合せ理論」であった。製造フローでの単純化・コンパクト化では「スタンバイ＝準備の整った状態(部材としての付加価値が向上した状態)の部材」を設定し、形鋼の付加価値加工の系統化を図った。

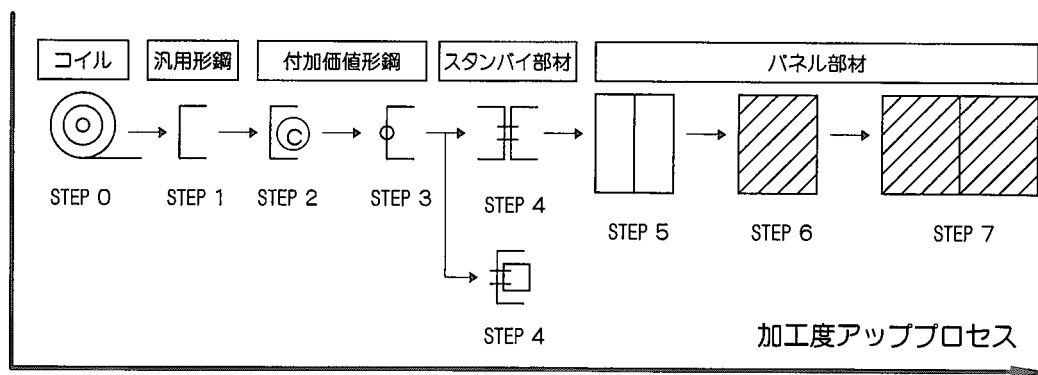
この「スタンバイ部材」で、下記のボーダレス性を実現し、普及力の高い部材基盤を築くのが狙いである。

- ① 部材ボーダレス性能
- ② 物流ボーダレス性能
- ③ 接合ボーダレス性能
- ④ 用途ボーダレス性能

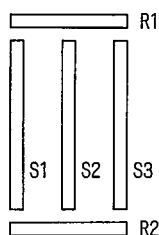
3-2 部材ボーダレス性能を実現する「スタンバイ部材」

スチールハウス用「規格形鋼」は鋼材倶楽部で規格化された汎用製品であり、これは部材ボーダレス性を高める要因の一つである。「汎用形鋼」→「付加価値形鋼」→「スタンバイ部材」と加工度を上げるプロセスでは、汎用性を十分に配慮しながら標準化した。

これら「スタンバイ部材」は、木造でのいわゆるプレカット・プレ加工部材にあたり、概念上は素材を「木」から「スチール」への置き換えになり、既存の木造在来業界のとってきた手法に共生しやすいと言える。この容易性、すなわちボーダレス性の高さは、現場施工時およびパネライザーに対してはセットアップされたキット部材として、大きなメリットを生み出す。顕著な例としては、パネライザーにおいての寸法切断を全く不要とした「スタンバイ部材」を使



スタンバイ部材 から パネル への 類化組合せ (足し算)



設計・製作情報はすべて下記のような記号の足し算で表現できる

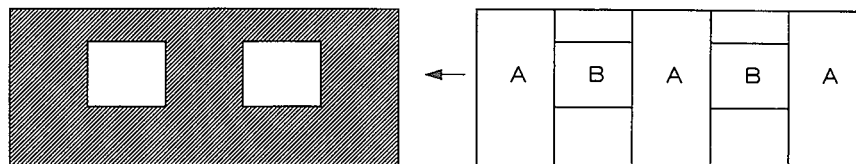
Ex. 小型パネル (1P) = S1 + S2 + S3 + R1 + R2

スタッド → S1, S2, ……Sn

ランナー → R1, R2, ……Rn

スタッド種類 × ランナー種類の パネルバリエーション

小型パネル から 大型 への 類化組合せ (足し算)



設計・製作・施工情報はすべて下記のような記号の足し算で表現できる

Ex. 大型パネル (5P) = 小型パネル (1P) 足し合わせ

= A + B + A + B + A

パネルA → 3枚 パネルB → 2枚 の情報で管理

第3図 類化組合せ理論

Fig.3 The combination theory

用した場合、パネライズ(アッセンブリ)に専念でき、生産性を向上させ、コストダウン、工期短縮に寄与できる。これが上流(素材メーカー)から働きかけた低コスト化と業界誘導の絆となるのである。

3-3 「類化組合せ理論」がもたらす物流ボーダレス性

「S-Hybrid 2×4」の標準化理念は、標準単位のコネクタ化であり、設計から製造までを「類化組合せ」表現とし、人間系の理解を容易化することであると前述した。思考の起点を「スタンバイ部材」とすれば、すべてのアセンブリ度をコントロールすることができ、それらを大型化する「類化組合せ」の場を選ばないという性能の住宅エレメントとなり、物流形態を柔軟に設定できるというボーダレス性能が実現する。

具体的には、

- ① 「スタンバイ部材」のパネル化を、「建設現場」から「パネライザー」の間でどの程度分担するか。
- ② それらのパネルをどこまで大型化するかを、物流効率や作業場・敷地の大きさにより柔軟に設定できる。

大型パネル供給を遠距離パネライザーから行うことしか、その選択肢が無いのであれば、物流効率は最悪で、物流ボーダレス性能が非常に悪いと言わざるをえない。

「スタンバイ部材」はパネライザーの能力を限定しない。したがって、パネライザーの配置が比較的容易に行えるため、パネル供給時の選択肢を広げている。物流が繋ぐ拠点配置についてもボーダレス性能は高いと言える。これは「パネライザーネットワーク化」の将来の武器とするために役立つ性能である。「鉄鋼業としての形鋼製造による、住宅製造産業への支援」を行うカギとなる。

3-4 接合ボーダレス性能を支える技術

スチールハウスはその構造において、締結力の信頼性から現状、ドリルねじ主体の締結法をとっている。したがって、ドリルねじの施工性向上が工法優位性確立の焦点となっている。「S-Hybrid 2×4」では、ドリルねじ使用に関しては、工場施工の多用を第一に、下向き姿勢優先を課題として取り組んでいる。更に、鋼材倶楽部においても、打ち込み性の良いねじの改良、新締結方式の開発、部材接合方式の改善開発に、今まさに取り組んでいる。

また、かしめ、溶接等、締結方法の多様化と、新締結方式の追加は、スチールの素材の魅力を活かすものであり、「スタンバイ部材」とあいまって、「S-Hybrid 2×4」の接合ボーダレス性能を高める。

3-5 用途ボーダレス性能のもつ可能性

木造住宅のコンポーネントは、その特性から、床、壁、小屋組に大別され、コンポーネント産業においては各コンポーネントごとのシステムの差別化が本格化しており、專業化による事業展開がはじまっている。

スチールハウスを利用した住宅における躯体の鉄化は、現在下記に挙げる2つが大きな潮流である。

- ① 鋼材倶楽部でのKC型システム認定による「構造躯体全体を対象とした鉄化」
- ② 住宅のコンポーネント単位での「部分的鉄化」

これらからも、既存の住宅システムに共生するコンポーネントの投入展開は今後、活発化するものと考ええる。

「S-Hybrid 2×4」におけるコンポーネント産業への展開は、「スタンバイ形鋼」の部分利用であり、これは、「スタンバイ形鋼」の用途ボーダレス性能が高いということにほかならない。

4. 結 言

住金の「S-Hybrid 2×4」のベクトルは、住み手要求の住環境性能と建て手要求の住宅建設性能を共生させる方向にある。起点が「表面処理軽量形鋼」であり、住宅構造の重要部分を「共生・融合」という形で支援することが終点になる。

「住宅構造部分の共生型素材革命」に欠くことのできない「類化組合せ理念」は住み手と建て手と作り手の利害の共生を可能にするものである。

住環境性能、住宅建設性能と「スチール素材」の支援・補間できるボーダレス性能という評価指標は、その開発経緯においては中心的インターフェース理念の具体化であり、すなわち住友金属の素材産業としての住み手への提案である。穿った言い方をすれば、素材産業の提案が黒子だった時代への惜別であり、共生・循環型指向への提案と言える。



皆川みと / Mito Minagawa

鋼板事業部 薄板建材部
スチールハウス技術グループ
参事補

(問合せ先: 03(3282)6453)