

現代日本における商品化住宅の外周壁にみる省力化の試み

Technical Approach for Labor Saving in External Wall of Contemporary Prefabricated Houses in Japan

安田研究室 16M50040 大内 真理奈 (OUCHI, Marina)

1. 序

戦後日本の住宅不足を契機として、これまで住宅産業において工期短縮やコスト削減、高品質な住宅の安定供給等をめざしたプレファブリケーションをはじめとする様々な省力化^{注1)}の取組みが行われてきた。近年は特に技能労働者不足が深刻化しており、工種削減^{注2)}や現場における施工簡略化が一層求められるようになってきている。これに対応して、商品化住宅では外周壁のパネルや接合部材等の構工法的な技術開発が行われている。

そこで、本研究では現代日本における商品化住宅の外周壁を対象として、メーカーの技術カタログおよび公式ウェブサイトをもとに分析を行い、その省力化の試みの実態を明らかにした上で、省力化外周壁の今後の在り方を検討することを目的とする。

2. 外周壁の構工法的特徴

2.1 対象事例の概要 対象外周壁の構工法的特徴の概要を表1に、分析例を図1に示す。分析は、日本の大手住宅メーカー15社^{注3)}の技術カタログに掲載された外周壁23事例の特徴および省力化の試みに関する記述を抽出することにより行う。外周壁の材質は木質系、金属系、セラミックス系の3つに、適用躯体は木造軸組工法、木造枠組壁工法、軽量鉄骨造(以下、木軸造、木枠造、軽鉄造)、RC造の4つに分類し、これら材質と適用躯体の組合せを「構法タイプ」として表す。木質系-木軸造(○)、木質系-木枠造(◎)、木質系-軽鉄造(△)、セラミックス系-軽鉄造(□)の4タイプが抽出された。事例数をみると、外周壁の材質は木質系が(図2)、適用躯体は木枠造が最も多くみられ、セラミックス系材質の

表1 対象外周壁 表注 事例は各商品の開発年の順に並び、記載値は2018年10月現在のカタログに記載されている最新性能のものである。/(*)単独の外周壁名が明記されていないため、住宅の商品名を示す。

No.	名称	開発年	商品名	コンセプト	材料工法		環境				沿革	凡例		
					材質	適用躯体	Q値	U _a 値	C値	Dr値				
1	SM-1	1971	セキスイハイム(*)	ユニットカ/ロー	木系	軽鉄	△	-	0.57	2.0	-40	1947アサヒ総合事業化を目指し積水産業発足	材質 木系: 木質系 金系: 金属系 セ系: セラミックス系 適用躯体 木軸: 木造軸組工法 木枠: 木造枠組壁工法 軽鉄: 軽量鉄骨造 RC: RC造 構法タイプ 材質-適用躯体(件) 木系-木軸: ○ (4) 木系-木枠: ◎ (11) 木系-軽鉄: △ (1) セ系-軽鉄: □ (7) 単位 壁倍率: [-] Q値: [W/m ² K] U _a 値: [W/m ² K] C値: [cm/m] Dr値: [-]	
2	MS-1	1972	PALC外壁	強くてやさしい、多機能素材ニューセラミック外壁	セ系	軽鉄	□	/	-	0.66	-48	1968南極昭和基地居住棟建設		
3	AH	1972	ヘーベル	8つの複合性能	セ系	軽鉄	□	/	-	-	-40	1962独HEBEL社とALC板提携開発		
4	SS-1	1984	ダインウォール	「街の財産」にもなるずっと愛される外壁材	セ系	軽鉄	□	/	-	-	-	1960積水化学工業株式会社からの事業部分社化		
5	SW	1984	木質壁パネルWallBlock	強さが違う両面合板貼り	木系	木枠	◎	3.0	1.36	0.43	0.65	-44		1964石狩港開発事業開始
6	SS-2	1995	ツインSPウォール	鉄骨・木造・2×4の経験を活かし融合	木系	木軸	○	10.0	-	-	-	-25		/
7	TM	1998	耐力面材	日本の伝統的な木の家の進化	木系	木軸	○	-	-	-	-	-		1897筑後にて大工業開始
8	TT-1	1999	ニューセラミックウォール	鉄骨-ユニット構造	セ系	軽鉄	□	/	-	-	-	-35		1950カガレコン(現トヨタ&S建設)設立
9	SR	2002	きづねパネル	強くて軽いため地震に有利	木系	木軸	○	5.0	-	0.43	-	-35		1691住友家の鶴山備林経営開始
10	IJ-1	2002	夢の家 壁パネル	Healthy-Ecology-Aseismatic-Durability	木系	木枠	◎	5.0	0.98	-	0.61	-		1980浜松フレッグ工場完成
11	SF-1	2003頃	SPW(スーパーパワーウォール)	地震に強く、美しい	木系	木枠	◎	4.8	1.48	0.50	-	-		1949財閥解体により住友本社の不動産部門を継承
12	MJ	2004	無印良品の家(*)	永く使える、変えられる、効率的な住居	木系	木軸	○	3.5	-	-	-	-		2000パナソニック株式会社設立
13	IJ-2	2011	内外ダブル断熱壁パネル	業界最高の断熱性	木系	木枠	◎	-	0.51	-	-	-		/
14	DW-1	2013	グランウッド面材耐力壁I	自地のないシームレス外壁	木系	木枠	◎	5.0	-	0.87	-	-35		1955創業商品「ハイハウス」発売
15	DW-2	2013	グランウッド面材耐力壁II	二重防水を施した工法	木系	木枠	◎	5.0	-	0.87	-	-35		/
16	MB	2013	ハイプロテクトウォール	倒れない安心、揺れない安心	木系	木枠	◎	6.0	1.4	0.56	2.0	-		1975三菱地所に住宅事業室を設置
17	DW-3	2014	DXウォール	劣化を最小限に抑える	セ系	軽鉄	□	/	-	-	-	-50		/
18	SF-2	2014頃	高性能パーテイクルボード	地震と火に強い木の家	木系	木枠	◎	4.46	-	0.45	-	-		/
19	MI	2014	BSW(ブロック&シームウォール)	ブロック&シーム	木系	木枠	◎	-	-	0.43	-	-45		1974日本で「フイター」工法がブレイク
20	PN	2015頃	パワテックパネル	繰り返し地震にも倒壊しない建物の開発	セ系	軽鉄	□	/	-	-	-	-40		1963日松下電工住宅事業部母体
21	TT-2	2016	ALC外壁	耐久性に優れた多機能素材	セ系	軽鉄	□	/	-	-	-	-40		/
22	MS-2	2017	木質パネル	木質パネル接着工法による真のモック構造	木系	木枠	◎	5.0	-	0.53	-	-35		/
23	SM-2	2017	高強度壁パネル	2×6ユニット工法	木系	木枠	◎	6.0	1.6	0.46	0.99	-40		/

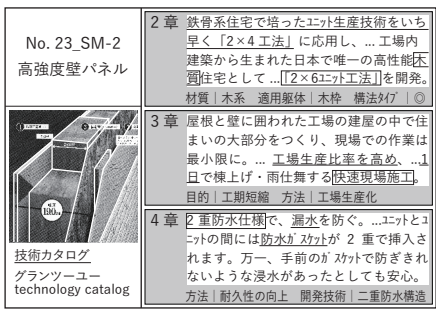


図1 分析例

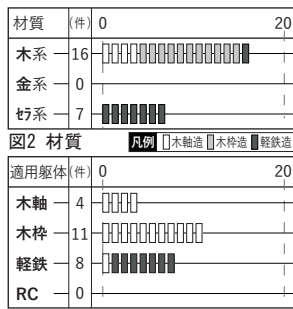


図2 適用躯体

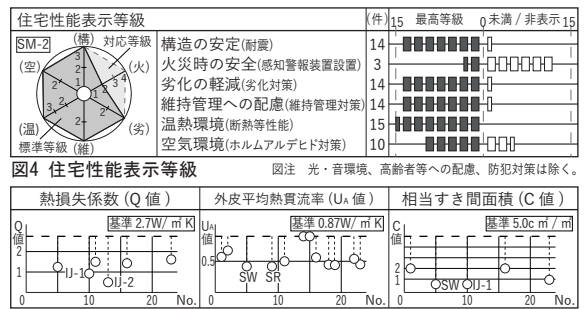


図3 環境性能指標 (5.6地域)

図注 □は抽出記述、_は補助記述を指す。図注 Q・U_a値は資料により表記が異なるため両者掲載。

ものは全て軽鉄造に適用されていた(図3)。金属系材質およびRC造の事例はみられなかった。構法タイプをみると、木質系-木枠造(◎)のものが約半数を占め、次いでセラミックス系-軽鉄造(□)のものが多くみられた。木質系-軽鉄造(△)のものは1事例のみ該当し、開発年をみると、最も早期に開発された商品であった。

2.2 住宅性能表示等級と環境性能指標 2000年に施行された品確法^{注4)}に基づく住宅性能表示等級の分布を図4に示す。「温熱環境」に関しては全社が最高等級であった。それに対して、「火災時の安全」に関しては最高等級に満たないもの、又は非表示のものが多くみられた。次に、外皮の断熱・気密性能に関する指標Q値、 U_A 値^{注5)}、C値の分布を図5に示す。地域区分5・6地域^{注6)}において、多くの値が省エネルギー基準値の半分程度であり、C値については基準の1/8程度の値のものがあつた。

2.3 外周壁の構成 外周壁の構成について、適用躯体および断熱方法の種類から整理したものを図6に示す。各外周壁の部材の順や数、厚さを図式化したものである。構法タイプと部材数の関係から、部材構成の特徴を分析した。木質系-木枠造(◎)のものは全事例において部材

数7以上であり、セラミックス系-軽鉄造(□)のものは部材数が多いものも少ないものもみられた。また芯材と断熱部材^{注7)}の寸法関係を分析すると、多くの事例で芯材に対する断熱部材の割合が大きくみられた。次に、断熱方法および接合方法と適用躯体の組合せについて、事例数の関係を図7に示す。断熱方法について、木造では充填断熱が多く用いられるのに対し、軽鉄造では付加断熱と充填断熱が同程度用いられていた。外張り断熱は最も事例が少なく、木軸造および軽鉄造に用いられた事例はみられなかった。接合方法について、木造では不定形シーリング材のみの事例が多くみられたが、軽鉄造では定形シーリング材と併用する事例も同数みられた。

2.4 外周壁の性能 外周壁の各構成部材に期待される性能を分析し、図8に示す。構成部材別にみると、外装材は耐火・耐候・防水性能など複数の性能をもつものが多かった。それに対して性能別にみると、耐火性能および遮音性能は複数の構成部材において検討がなされていることがわかつた。遮音性能については、複数部材の組合せによる複合的な効果が期待されていると明記されているものが多かった。

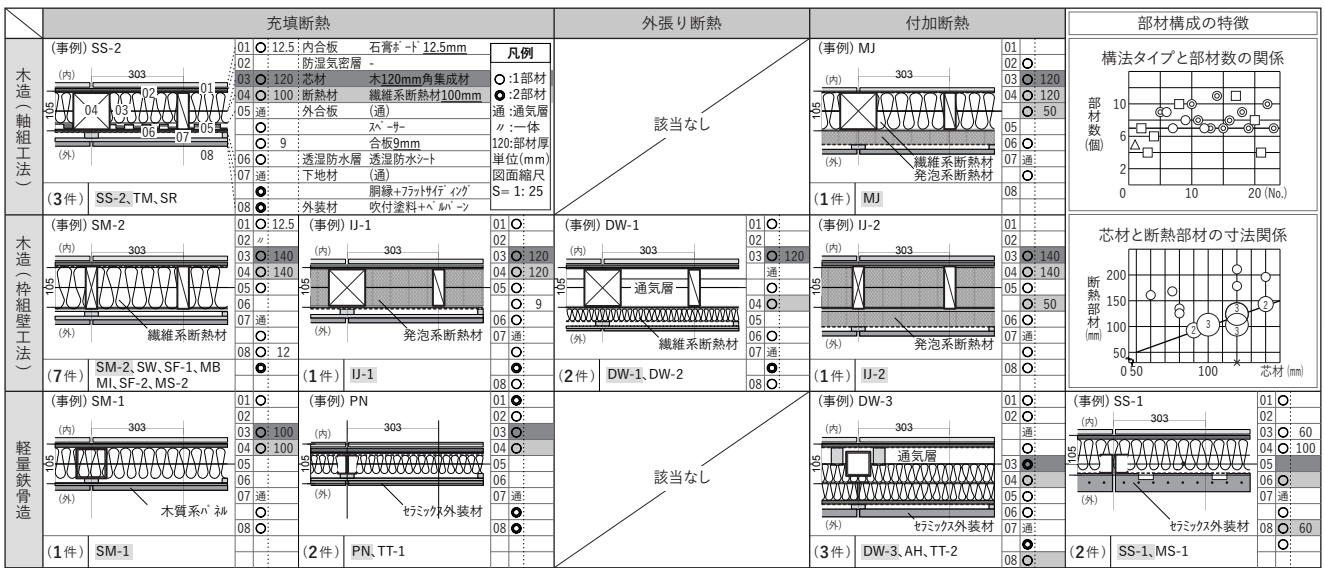


図6 外周壁の部材構成

図注 各項目に該当する外周壁のうち代表的なものを抽出し図に示す。/図中の「断熱部材」は断熱材に加えて断熱機能をもつ部材を総称して呼ぶ。

断熱方法 接合方法 (件)	断熱方法			接合方法		
	充填断熱 (14)	外張り断熱 (2)	付加断熱 (7)	シーリング (不定形シーリング材) (19)	シーリング (+カセット) (3)	カセット (定形シーリング材) (1)
適用躯体(件)						
木造 (軸組工法)	3		1	4		
木造 (枠組壁工法)	8	2	1	10		1
軽量 鉄骨造	3		5	4	4	

図7 外周壁の断熱方法と接合方法

外周壁の性能	※遮音性能は複数部材の組合せによる複合的な効果が期待されている。								
	性能(件)	耐震 (46)	耐火 (38)	耐候 (21)	断熱 (29)	気密 (22)	調湿 (8)	防水 (26)	遮音 (29)
構成部材(件)									
02内合板	(26)	9	10						6
03防湿気密層	(20)					20			
04芯材	(34)	21	5	1			4		3
05断熱材	(43)	1	4		23				15
06外合板	(13)	9	3						1
07透湿防水層	(17)								8
08外装下地材	(8)		4	2		2	1		6
09外装材	(58)	6	12	18	6		2		12

図8 外周壁の性能

図注 資料に明記のあるもののみを抽出する。

3. 省力化の試みの実態

各メーカーの技術カタログに掲載されている省力化の試みについて、「目的」、「方法」、「技術開発」の段階に分け分析を行ったものを表2に示す。

3.1 省力化の目的 省エネルギー化および品質の確保に関する記述が最も多く、次いで工期短縮に関する記述がみられた。工種削減に関するものは最も少なかった。

3.2 省力化の方法 耐久性の追求に関する記述が最も多く、次いで工場生産化に関する記述がみられた。省力化の方法を、設計における工夫と施工における工夫に大別すると、後者が多くみられた。設計における工夫のなかでは耐久性の追求に関する記述が最も多く、施工技術の簡略化に関する記述が最も少なかった。

3.3 省力化の技術開発 全事例において、外周壁および構造体に関する技術開発が行われていた。3割程度の事例において、屋根に関する開発が行われていた。開発部位は合板が最も多く、次いで下地材であった。

4. 外周壁にみる省力化の試みの実態

本章では、2章の外周壁の構工法的特徴と3章の省力化の試みの実態から、外周壁における省力化の試みの実態を分析し図9に示す。

4.1 外周壁にみる省力化の方法 図に示した6つの方法のうち、耐久性の追求に関する記述が最も多く、次いで施工性の追求に関する記述がみられた。資源の再利用に関するものはみられなかった。部品の標準化、多機能の集約、施工技術の簡略化に関するものは同程度みられた。

4.2 外周壁にみる省力化の技術開発 6つの方法に対する具体的な技術開発^{注8)}として、モノコック構造、二重防水構造、密着性、ロッキング工法、シームレス工法、釘打ち精度、一体パネル化、耐力壁、生成法、軽量化、セルフクリーニング効果、追従性に関する12の事例が抽出された。なかでも事例数が最も多かったものは耐力壁であり、次いで生成法、一体パネル化の検討がみられた。各技術開発がなされている部位をみると、例えばモノコック構造は合板および接合部材において行われていた。一体パネル化は壁面全体にわたる検討がなされ、耐力壁は合板または外装材において検討がなされていた。生成法は各部位において個別の技術開発が行われていた。このように、検討内容により対象部位に差がみられた。

4.3 省力化外周壁設計の現状と展望 12の技術開発を「開発パターン」として大別すると、躯体、接合部、部材、材料に関するものの4つに分けられた。これらのうち、接

合部に関するものが最も多くみられ、次いで部材に関するものがみられた。次に、12の技術開発のうち事例数が多いもののなかから、特徴的なものとして、モノコック構造、二重防水構造、一体パネル化、耐力壁、生成法、軽量化に関する6つの事例を抽出し、図9に示した。各事例における開発経緯および開発技術を具体的に図示している。開発経緯は表1に記した各メーカーの沿革に基づくものであり、例えば車の窓まわりに用いてきた防水技術を住宅にも採用したものの、北欧の豊かな住文化を日本の気候風土で高性能に実現したものなど、省力化外周壁設計における技術への展開経緯を例示するものとなっている。また開発技術をみると、例えば車の窓まわりと同材質の耐候性の高い2段構造の定型シールを採用し、二重防水構造に応用したものの、スウェーデンの現地工場でクローズドパネル化し、高品質な木質壁パネルとして日本に輸入しているものなど、外周壁における技術を例示するものとなっている。開発部位をみると、例えば内合板から外合板まで全体にわたるものや、外装材のみのものなど検討範囲は様々であった。以上図9から、外周壁における技術開発の現状が明らかとなり、同時に展望として開発の余地を明らかにするものとなった。

5. 結

本研究では、住宅の外周壁における省力化の試みの実態を把握するため、商品化住宅の技術カタログおよび公式ウェブサイト調査対象として、パネルや接合部材等の構工法的特徴に関する考察を行った。これらを省力化の目的、方法および技術開発の段階に分け分析した。更に省力化の方法のうち、設計における工夫6つを抽出し、その技術的検討内容について具体的に分析した。その結果、12の技術開発と4つの開発パターンが得られ、省力化外周壁設計の在り方を検討することを通して、現代日本における商品化住宅の外周壁にみる省力化の試みの一端を明らかにした。

注1) 省力化は、「機械の導入や作業の合理化などで、手間や労働力を省くようにすること」と定義する。(大辞林参照)
注2) 工種削減は、「施工に関わる職種を減らすこと」であり、資料対象の技術カタログに明記されたものではなく、筆者の表現である。
注3) 大手住宅メーカー15社は、2018年10月現在で売上上位企業のうち、資料が十分に得られたものを対象とした。
注4) 品質法は、2000年に国土交通省により施行された「住宅の品質確保の促進等に関する法律」の通称である。住宅性能表示制度はこれに基づくものである。
注5) 環境性能指標Q値、UA値は資料対象の技術カタログにより表記が異なるため、両者掲載し、それぞれグラフ化して示した。
注6) 地域区分5・6地域は、平成28年度改正省エネ法における地域区分のうち、東京都の多くが該当する地域のことである。尚、改正前の平成11年度における基準で記載されているものに関しては地域区分IV地域がそれに該当する。
注7) 断熱部材とは、ここでは断熱材に加えて断熱機能が期待される外装材等を総合して呼ぶ。
注8) 技術開発の内容は、資料対象の技術カタログから抽出した。

参考文献

- 1) 松村秀一，権藤智之，江口亨 他：プレハブ住宅メーカーの住宅事業開始初期の技術開発に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第78巻，pp.2307-2313, 2013
- 2) 正木哲，富田昌平，竹下輝和：低炭素社会型木造住宅の開発研究—近年の木造住宅における開発動向と柱材システムパネル工法の検証—，日本建築学会研究報告：九州支部，3，計画系 第48号，pp.69-72, 2009.3
- 3) 渡邊祐介，加藤寛佳，真鍋恒博：仕上層の接合部における要求とその制御手法の体系的整理，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1 2009号，pp.1095-1096, 2009.7

表2 省力化の試みの実態

目的	方法	技術開発
<p>工期短縮 14</p> <p>工種削減(※) 2</p> <p>生産コスト削減 4</p> <p>低価格販売 3</p> <p>生産性の向上 7</p> <p>品質の確保 21</p> <p>安全性の確保 11</p> <p>省エネルギー化 22</p> <p>技能者不足への対応 10</p>	<p>設計における工夫</p> <p>施工における工夫</p> <p>部品の標準化 10</p> <p>多機能の集約 9</p> <p>資源の再利用 8</p> <p>耐久性の追求 23</p> <p>施工性の追求 16</p> <p>施工技術の簡略化 4</p> <p>独自流通システム構築 12</p> <p>伝統的慣習の廃止 1</p> <p>工場生産化 20</p> <p>生産ラインの機械化 14</p> <p>コンピュータ一括管理 17</p> <p>設計施工一体化 12</p> <p>運搬方法の効率化 4</p> <p>技能者の育成 10</p>	<p>技術開発</p> <p>外周壁に関するもの (23/23件)</p> <p>壁面</p> <p>合板 15</p> <p>断熱材 6</p> <p>下地材 13</p> <p>外装材 9</p> <p>塗装材 9</p> <p>接合部</p> <p>接合部材 9</p> <p>目地材 6</p> <p>構造体に関するもの (23/23件)</p> <p>集成材工法 - 開発済 A (SS-2)</p> <p>大規模な公共建築等に使用され始めた集成材工法。法改正の後押しも得て合理的で安全な材の加工法を開発。</p> <p>屋根に関するもの (8/23件)</p> <p>屋根のユニット化 - 開発済 A・B (SM-2)</p> <p>住宅メーカーで唯一、屋根のユニット化を実施。独自設計の金物で強く一体化し、暴風にも飛ばされにくい屋根の開発。</p>
<p>事例</p> <p>工期短縮 (SM)</p> <p>工場で作り上げた各ユニットは現場へ輸送され、約1日で組立と屋根工事が完了。現場作業日数は在来工法の約半分。</p> <p>生産コスト削減 (IJ)</p> <p>一般的なガラス窓に比べ単価5倍の断熱材を、資材調達や生産体制の合理化によりコストがほぼ標準仕様にて採用。</p>	<p>多機能の集約 (AH)</p> <p>創業以来一貫して採用し続けている軽量気泡コンクリートは軽量性・高強度・耐火性・耐久性・断熱性等8つの複合性能を単体で併せ持つ。</p> <p>資源の再利用 (SM)</p> <p>「再築の家」という考えのもと鉄骨構造体、外壁などの部材を再利用。環境負荷を最小限に抑え、住民への愛着にも応えている。</p> <p>独自流通システム構築 (SW)</p> <p>スウェーデンの地方にある現地工場で断熱材を充填し加工した断熱材を製品化したものを日本に運び、高品質安定供給を保っている。</p> <p>工場生産化 (SM)</p> <p>多くの住宅メーカーが取り始めた工場生産。その強みが住まいの「部品」をつくるのに対し、ガラス窓では住まいの大半を工場内で建築。</p> <p>技能者の育成 (TT)</p> <p>工場内に設置されている「専門技能道場」を活用して、個々の技術レベル向上に努めている。</p>	

(※) 各項目は、資料対象の技術が加から抽出したものであるが、「工種削減」は筆者によるものであり、「施工に関わる職種を減らすこと」を指す。

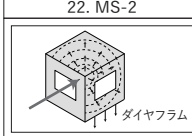
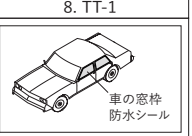
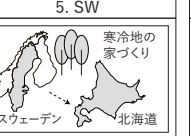
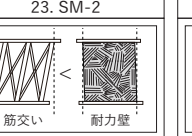

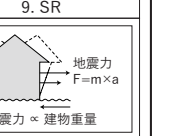
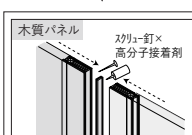
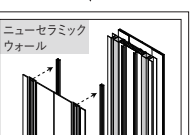
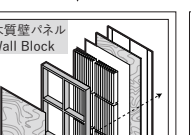
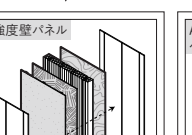
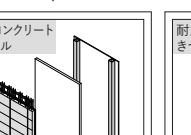
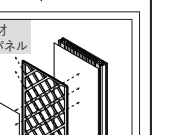
3章 省力化の試みの実態															
方法	部品の標準化		多機能の集約		資源の再利用		耐久性の追求		施工性の追求		施工技術の簡略化				
技術開発	モノコック構造	二重防水構造	密着性	ロッキング工法	シームレス工法	釘打ち精度	一体パネル化	耐力壁	生成法	軽量化	セルフクリーニング効果	追随性			
(件/23件中)	(9)	(7)	(5)	(3)	(3)	(1)	(15)	(21)	(19)	(5)	(11)	(3)			
2章 外周壁の構工法的特徴	壁面	合板													
		断熱材		SW, DW-3				MS-1 IJ-2, AH DW-1, SS-1 SF-2, SW MI, SS-2 PN, SR MS-2, IJ-1, SM-2, SF-1	SM-1 DW-1, SW DW-2, SS-2 MB, TM SF-2, SR MI, IJ-1, MS-2, SF-1, SM-2, IJ-2	PN①, SR					
		下地材	SW MI, IJ-1, PN, SF-1, MS-2, IJ-2, SM-2	DW-2, MB, MS-2		DW-1, MI									
		外装材													
		塗装材													
	接合部	接合部材		SS-2, MI, MS-2	MS-1, SS-1		SM-1		MS-1, DW-3, AH, PN, SS-1, TT-2	MS-1, AH, SS-2, DW-3, TT-2, SS-1, TT-2					
目地材		TT-1, DW-3, TT-2, SM-2		AH	SS-2					SS-1, DW-3, SS-2, PN, TM, TT-2, TT-1, MS-2, IJ-2, SM-2, DW-2	AH, SS-2				
開発ボタン	A. 躯体に関するもの					B. 接合部に関するもの					C. 部材に関するもの			D. 材料に関するもの	
事例	モノコック構造	二重防水構造	一体パネル化	耐力壁	生成法	軽量化									
開発経緯	22. MS-2	8. TT-1	5. SW	23. SM-2	3. AH	9. SR									
	 <p>ダイヤフラム</p> <p>1968年南極昭和基地居住棟建設以来強固なバネ工法の追求。</p>	 <p>車の窓枠防水シール</p> <p>これまで車の窓まわりに用いていた防水技術を住宅にも採用。</p>	 <p>スウェーデン 寒冷地の家づくり</p> <p>北欧の豊かな住文化を日本の気候風土で高性能に実現させる。</p>	 <p>筋交い 耐力壁</p> <p>力が一箇所に集中しやすい軸組工法の筋交い耐力壁を改善。</p>	 <p>ALC板 技術提携</p> <p>ドイツ</p> <p>ドイツ企業との技術提携により設立から50年来のALC板の開発。</p>	 <p>地震力 $F = m \times a$</p> <p>地震力 \propto 建物重量</p> <p>地震力は建物重量に比例する為、強く軽い材料は地震に有利。</p>									
開発技術	木質パネル	ニューセラミックウォール	木質壁パネル Wall Block	高強度壁パネル	ALCコンクリートヘーベル	耐力面材 きづれパネル									
	 <p>外合板 接合部材</p> <p>独自開発の接合釘と高分子接着剤の併用による木質バネ接着工法で、真のモノコック構造の実現。</p>	 <p>下地材 目地材</p> <p>車の窓まわりと同材質の耐候性の高い2段構造の定型シールを採用。止水シートと併用し二重に防水。</p>	 <p>外合板 芯材 断熱材 内合板</p> <p>スウェーデンの現地工場で作った、断熱材等が充填された断熱材を製品として日本に輸入。</p>	 <p>内合板 外合板 下地材</p> <p>内・外合板、下地材による3重の面材で包み込み強靱な壁構造で業界最高レベルの強度を実現。</p>	 <p>外装材</p> <p>オートクレーン養生等多くの製造工程を経ることで、複数の素材特性による複合性能を生み出す。</p>	 <p>外合板</p> <p>木が持つ様々な能力を活かし地震に有利な家を実現する為、斜材による強く軽いバネの開発。</p>									

図9 外周壁にみる省力化の試みの実態