木造仮設住宅の再利用特性に関する研究

－東日本大震災後の福島県内の木造仮設住宅を対象とした考察－

A STUDY ON THE REUSE CHARACTERISTIC OF WOODEN TEMPORARY HOUSING

－ A study on wooden temporary housing in fukushima prefecture after the tohoku earthquake －

芳賀沼 整*, 浦部 智義**, 石坂 公一***

Sei HAGANUMA, Tomoyoshi URABE and Koichi ISHISAKA

This article is a study about Wooden Temporary Housing built for the victim who suffered serious damage in Fukushima by Tohoku Earthquake disaster and the later nuclear plant accident. As study content, it is arranged it about for 26-type Wooden Temporary Housing Specifications and Reuse characteristics. At the same time, it is inspected about actual situation from Reuse Model Planning to the present and future versatility and reuse after finished the use as temporary housing and aimed at it becoming an effective document for the future disaster.

Keywords : *Wooden Temporary Housing , Reuse Characteristic , Utilize of Local Resources , The Tohoku Earthquake , Fukushima Prefecture*

木造仮設住宅, 再利用特性, 県産材活用, 東日本大震災, 福島県

1. はじめに

2011年の東日本大震災以降、福島県では16800戸の仮設住宅の供給^{注1)}のうち、27事業者40タイプ6819戸(うち6319戸が木造)を県内事業者へ発注している。この取り組みは1970年以降プレハブ工法の仮設住宅(以下、プレハブ仮設)^{注2)}が主流になって以来、初めて地元事業者による木造仮設住宅の大量供給を行なったものである¹⁾²⁾。一方でリユースのシステムを持つプレハブ仮設と比べて、まだ再利用の体制が整っていない木造仮設住宅は、一定の供与期間を終えた後の、大量の廃棄物や最終処分費用の増大も予想されている。

本研究では東日本大震災以降、福島県で木造の仮設住宅の建設を行った26事業者26タイプを対象に、再利用の観点から、施工業者への質問表・ヒアリング調査を行い、仕様・工法を分析し、木造仮設住宅の再利用に関する要件と木造仮設住宅の再利用の有用性について整理することを目的としている。

本研究に関連した既往論文としては、牧による応急仮設住宅の研究³⁾において、関東大震災以後から阪神大震災までの応急仮設住宅の空間の変遷と整備手法の枠組みについて捉えることができる。また木造仮設住宅に関する研究については、高橋、中村、清水の雲仙普賢岳火山災害の中での調査報告⁴⁾などがある。木造仮設住宅の供給方法や構法、仕様に関する研究として、大田、石井、阪田⁵⁾は、過去の災害における木造仮設建設の事例と、近年の災害時に建設さ

れた木造仮設について、住宅仮設の工期、平面タイプ、建設体制等の側面から木造仮設住宅の供給はプレハブにも劣らず有効であることを報告している。渡邊、角倉、金、藤田⁶⁾は岩手県で実施された公募型仮設の供給概要、供給実態、構法・仕様分析について調査分析を行っている。特に福島県に重心をおいた研究としては、畠、安藤⁷⁾による木材使用量の比較や生産体制について注目した研究がある。その他に木造仮設住宅の温熱環境等の調査についても多く扱われ始めている。応急仮設住宅の再利用に関しては、牧がプレハブ仮設住宅における供給システムについて問題点を言及している。また黒川、小松によるプレハブ仮設住宅の再利用の状況について報告⁸⁾がなされている。一方で、木造仮設住宅の再利用に関する研究は、移設事例が少ないことやプレハブ仮設の様な再利用のシステムとして手法が確立していない等の要因から既往研究⁹⁾¹⁰⁾は殆どみられない。

本研究は、東日本大震災後福島県で建設された木造仮設住宅を再利用の観点から分析するものである。本報では、1次公募(応募要件に再利用条件がないもの)、2次公募(公募要件に再利用の条件が追加されたもの)合わせて約6000戸建設された福島県の木造仮設住宅の再利用に着目している。

木造仮設住宅の再利用特性をみるにあたり、福島県の事例に注目する理由は以下の点である。

① 2次公募時には、木造仮設の解体の容易さや移築の可能性、その

* ㈱はりゅうウッドスタジオ 修士(工学)

** 日本大学工学部建築学科 准教授・博士(工学)

*** 東北大学災害科学国際研究所 教授・博士(工学)

Haryu Wood Studio Co., Ltd., M. Eng.

Prof., Dept. of Architecture, College of Eng., Nihon Univ., Dr. Eng.

Prof. Dept. of Architecture, International Research Institute of Disaster Science of Tohoku Univ., Dr. Eng.

住戸が復興住宅に再利用可能か等が公募の審査基準となっており、各事業者が再利用に取り組む点において先進事例であること。

②木造仮設住宅の再利用の取り組みは、その実態把握と再利用の内容について十分な調査・検証が行われていないこと。

③ 26 事業者 26 タイプ約 6000 戸の木造仮設住宅が建設されたことは、プラン・工法・仕様の選択等でプレハブ仮設には見る事ができない多様性をみることができること。

④今回のような大規模でまとまった木造仮設住宅供給は近年の災害では前例のないものであり、仮設住宅への居住終了後、大量の仮設住宅の撤去・再利用の問題が予想されること。

26 タイプの木造仮設住宅は再利用することを意図した工法として、「丸太組工法」・「木造板倉工法」・「木造パネル化工法」・「木造落とし込み工法」・「木造在来軸組工法」の 5 つのタイプに分類することができる（図 1）。

本報では、福島県内の建設業者の仮設住宅建設時の再利用への意識や一般住宅の取り組み状況、各住戸タイプの仕様特性から再利用に関する考察を行う。

東日本大震災で使用された多くの仮設住宅の今後の動向は社会的にも注目されている。本研究は、日本における災害の対処として使われている災害救助法での仮設住宅の仕様がどうあるべきかを考える上での一助となるものと考ええる。

また、利用期間を終えた建物の建築資材の処分方法や再利用方法、使用可能な期間をいかに延長するか等の課題は、仮設住宅だけでなく建築全般が背負っている課題であり、木造仮設住宅を具体的な事例として資材の再利用を考えることは、建築全般における、再利用のシステムを考える上でも大きな意味を持つと考えられる。

2. 木造仮設採用構法の実態調査

2.1 実態調査の概要

本報では、以下の項目により調査を実施した（表 1）。

まず、福島県応急仮設住宅建設事業の採択事業者 1 次、2 次公募合わせて 26 事業者を対象に、木造仮設住宅の再利用に関する提案や意識に関する質問表調査（郵送による）を行なった（有効回答数：21 事業者）。

質問表の送付と合わせて応急仮設住宅に関する建築図面、配置計画、建物概要の資料の提供への協力を求めた（建設関連資料収集数：26 事業者）。

26 事業者のうち 21 事業者については、現地調査を実施し、残りの 5 事業者に対しては現地調査のシートと同様の質問表シートへの記述をお願いし、電話等でのヒアリングを行なった。

尚、アンケート集計を進める中で、解体移築の可能性を前提にしていた事業者と前提としていない事業者で回答内容に差が見られたため、現地調査時に回答項目に対応する箇所の確認作業も行った。

再利用に関する分析は、同一工法によっても部位・部品ごとに仕様に差が見られる為、工法単位でグループ分けを行い、最後にグループ別に比較する方法を行った。

郵送による調査は、部位別で極力単純化した為、工法別の特徴は現れにくいといえる。郵送調査と直接調査（ヒアリング調査や現地調査）の両方の対象となったものと、どちらか片方だけのもの共に総合的に分析する上での判断材料として扱った。

図 1 木造仮設住宅の工法分類

表 1 調査概要

実施期間	平成24年11月～12月下旬
	対象 応急仮設住宅建設事業公募採択事業者(1次、2次)
方法	郵送による
配布数	26団体
有効回答数	23団体(未回答：1、未提出2)
質問表調査	質問項目
	1.基本情報（業者名、会社名、要請市町村） 2.建設された敷地の配置図 3.再利用に関する提案・特徴（再利用についての提案を求めたもの） ①住宅への再利用提案(自由記述) ②住宅以外への再利用提案(自由記述) ③再利用が可能と考えられる部材と再利用の可能性(自由記述) ④再利用移築後の実施工程（一棟当たり） →解体分別/運搬/移築組立の想定日数 4.その他木造仮設住宅の再利用で留意すべき事項 ①再利用にあたっての阻害要因(自由記述) ②再利用率を高める為に必要であると思われること(自由記述) 5.その他木造仮設住宅の再利用で留意すべき事項 ①再利用や移築への取り組み意向(自由記述) ②事業者として自ら再利用に携わる可能性(自由記述) 6.仮設住宅の工法・仕様・概要 工法の分類 平面図、矩計図、立面図、内観外観の写真、仕上表
ヒアリング調査	実施期間
	平成24年11月20日～30日
ヒアリング調査	現地調査実施数
	21団体
ヒアリング調査	調査場所
	各団体の建設した仮設住宅地にて実施 (相馬：4、いわき：3、東北：3、県中：8、県南：1、会津：2)
ヒアリング調査	ヒアリング対象
	各団体の施工担当者 1名～2名
ヒアリング調査	調査員について
	全10人(福島県建築士会に所属する1級または2級建築士) (各団地につき3名程度で現地立ち会い)
ヒアリング調査	調査項目
	下記チェックリストにより、仮設住宅の現場で立ち会いながらヒアリングを行なった。 ■仮設住宅移転時の部位別再利用チェックリスト 構造体/壁/屋根/建具/内装/外装/断熱材/機械設備/電気設備/備品について 細分化した部材ごとに、「再利用できるかどうか」について調査員がヒアリング対象者と協議をし、各部材について再利用できるかどうか判断を行なった。 1.再利用に際しての評価 (A現状の部材状況で再利用可,B補修することで再利用可,Cリサイクル後再利用可、D再利用不可) 2.現況についての解説(自由記述) 3.現況から想定される再利用時の検討事項(自由記述) 4.施工者による計画段階での工夫等再利用できないものの処理方法等(自由記述) ※また1.再利用に際しての評価について、ヒアリング対象者が答えるのが難しい場合が度々あり、施工者側の印象としてどのくらいの割合(%)で再利用が出来るのか答えてもらうようにした。

2.2 部位別構成の種別と特性

質問表調査における回答、現地でのヒアリングから、建物を部位別に①構造体（基礎、土台、床組、軸組）、②床（床下地、断熱材、

図2 部位別における構成部材について

(19/26)。他に、屋根構造として一体的になっているもの(天5)(4/26)やパネル化(天4)は小数(1/26)確認された。パネル化が少ない理由としては、天井仕上材の取り付けが室内側からの作業となり、パネル寸法の制約や上向きの体勢での施工となるためパネル化することでの部材質量の増加などの要因で一般的でなかったと考えられる。

(4)〔屋根〕屋根は、折板(屋1, 屋3)を利用したものが多く(12/26)、部材構成数が少ないことが分かる。特に屋1は構造材の小屋束を設けないことで部材構成数が最も少なくなっている。一方で折板屋根は室内からの気密等の処置が難しく、屋根裏の結露等の問題が発生する事例もみられた。屋6においては、構造材の上に直接パネルを載せ、部材点数の削減を行なっている。屋5においては、垂木の上に断熱パネルを載せる部材構成も見られた。

(5)〔工法別のその他の特徴〕丸太組工法は躯体となるログ材が燃えしろ計算による準耐火仕様のものであり、構造材、外装材、内装材、下地材料、断熱材の5つの種別の材料を兼ねる事で建設の工程としては初期建設、解体、再建築においてログを積む(外す)という単純な同一の作業工程となる為、施工経験の浅い施工者であっても効率的に施工ができる可能性をもつ工法である。木造板倉工法も、壁は2枚の板の組み合わせによって、準耐火の仕様になっている。この工法は木の温もりを直接感じることができる住民の印象は良く、屋根裏空間の広さも人気の要因になっていた。一方で、木造板倉工法のマイナス面は従来のスチール製プレハブ工法仮設住宅よりは高い断熱性能を示すが、他の木造仮設住宅と比較して壁の断熱性能が足りない仕様になっていることが挙げられる。木造パネル化工法はタンバクル仕様のスチール製プレハブ工法と類似したも

ので、工場でのパネル化により、ウレタンフォーム泡状断熱材の吹き付け工法を使い、一定の断熱性能と組み立てやすさを両立させ、熟練した職人でなくとも施工に携われる工法と云える。木造落とし込み工法は、木造板倉工法と近い仕様であるが、内壁下地に断熱材を挟み込む事で、内壁の仕様が石膏ボード下地にビニールクロス仕上になるものの、断熱性能は高いといえる。在来軸組工法は様々な仕様が提案されているが、一部屋根のパネル化や、壁の真柱を使用した下地としてのパネルが使われたりしているが、突出した特徴とはなっていなかった。

2.3 まとめ

再利用の観点からみる部位別構成では下記の特徴がみられた。床は根太を無くし大引の上に直接無垢材(又は合板)を張ることで部材数の削減と床面の剛性を確保する方法が多く採用されていた。壁は最も工法的特徴が見られる箇所、丸太組工法の単一多機能部材による壁構成、木造板倉工法・木造パネル化工法、木造落とし込み工法等の柱間に複数部材またはパネル化された単一部材による真壁的な壁構成、柱の外側にパネル化された外壁材の壁構成等でそれぞれの構成に対して多様な部材の組み合わせをみることができた。天井は施工の際の取り付け体勢の制約などから一般的な吊り木下地による天井や横架材に下地を付ける等の構成が多く採用されていた。屋根は折板が多く採用され、単一部材での屋根構成の単純化・緩勾配による小屋組の省略が見られた。部位構成を考える上で各部位の部材数を少なくすることは、施工工程を減らし、現場での施工性の向上・運搬のし易さに影響を与えるといえる。部位毎の構成部材数を減らす方法として、丸太組工法の単一多機能部材による工法や、

木造パネル化工法の断熱材等を一体的に組み合わせたパネル化されて方法を採用することが考えられる。工場での加工・生産比率を高くすることで、現場での施工工程を減らし工期が短縮される傾向がみられる。また、工場で加工された部材は部材の精度が高く、施工性だけでなく、解体も容易に行うことができる。

仕上げに木材を使用することは化粧石膏ボードやクロス等と比較し、傷や汚れを補修し易いといえる。木材の内装仕上げは概ね住民の評判が良く、プレハブ仮設のイメージが強い仮設住宅の印象を向上させる効果もあるといえる。

3. 部位別の再利用に対する施工者の意識

3.1 アンケートからみる再利用の意識と傾向

部位別の再利用に対する施工者の意識は、各施工者へ実施した再利用に関する部材ごとの自己評価（再利用率）の質問表調査の解答と各住戸タイプの仕様の選択状況・施工状況から考察を行った（表2・表3）。質問表未解答のタイプにおいては、現地調査を実施した際に各住戸の仕様書を基に第三者調査として1級建築士が各敷地3名ずつ立ち会いのもとで、住戸各部位・部材の施工状況から推測される部材の再利用率を判定した。

再利用率の判定に関しては、施工状況（ビス／釘／接着剤の利用の有無等）を考慮し、解体時の部材破損の割合（各部位の破損が想定される物理量）を想定した。新築時の部材の状態を100%として、そこから破損・欠損部材の割合を差し引いた数値を再利用率として算定した。下記に各部位ごとの特徴を挙げる。

(1) [構造体] 構造体は、基礎以外の部分で殆どの住戸タイプの構造材が再利用可能である (24/26)。

(2) [床] 近年の木造建築の特徴として木工ボンドとシーリング材を多用する傾向が見られるが、床材でもそれらの接着剤の利用がみられた。同様の部位構成や素材を選択している場合においても、接着材の利用の有無により再利用に対する意識が異なる結果となった。プレハブ工法の場合、タイルカーペットは洗浄して使うことも多いこともあり再利用については検討が必要である。

(3) [外壁] 外壁は、部材構成数が多い壁タイプ（壁4、壁9、壁11）程、再利用不可と評価されることが分かる。木造パネル化工法は工期を短縮できる特徴があるが構成の違い（壁4、壁5、壁6、壁7）によって再利用率については評価にばらつきがみられた。

(4) [内壁] 内壁は、界壁の仕様を含めて、化粧石膏ボードによる仕上げが多くみられた。化粧石膏ボードの多くは、施工時に再利用を意識してビス留めを行っている事例を除き、木工用ボンドやフィニッシュタイプの釘による施工方法が多いため、再利用不可という評価が多くみられた。なお、仮設建設時は、通常ビス留めで部材を固定する際に行うパテ埋めの工程はほとんどみられなかった。また、仕上げに木質系の素材が選択される場合には、再利用不可と判断するケースが少ない。これは、経年変化がそれほど気にならないことや補修が容易であると考えられることにある。

(5) [天井] 天井は、天井仕上げカラー合板、化粧石膏ボードを利用していることが多いが、再利用不可と判断するケースが多くみられた。また、天井仕上げにおいて木板もしくは木質パネルの場合は補修することで再利用可能である。

(6) [屋根] 屋根は、折板については多くの場合再利用可能である

と見るが多かった。一方で移転を実施した工法でも、ボルトからの雨漏れがあったとの意見があり、再利用ではシーリング材の使用が増えてくるとも推測できる。折板屋根の場合部材が少ない利点の一方で、気密性が問題で、室内の暖気が屋根裏に伝わることで発生する冬期の結露を防ぐための工夫が必要となる。

3.2 まとめ

構造材に関する再利用の意識は高く、全ての工法において、再利用が可能であると考えていることが分かった。一方で、内装材、外装材については部材選択・素材特性によりその度合いに差がみられた。その理由として、①実際に使用されたり、外部環境によって劣化する部分であることから、再利用を躊躇する点、②部材が細分化され、部材構成数が多くなることからの解体時に破損することが予想されることが、再利用できないとする理由であると考えられた。同一素材を採用している場合においても、施工時における釘・フィニッシャーやボルトの選択、接着剤の利用の有無により意識に差がみられる結果となった。当初より再利用について工法として対処し、部材構成数が少ない丸太組工法、木造板倉工法、木造パネル化工法等はそれぞれの部材について、再利用できるという意識が高い結果となった。再利用への意識については、プランや仕様選択段階で有るが、実際の現場を建設にあたる技術者の再利用へ対する認識不足・想定の違いにより施工段階で解体や移築の際に障害となる要因がおこることも確認できた。

4. 再利用の実態と意識の関係

4.1 再利用点数と再利用の意識

部位構成と再利用の意識関係をみるために、再利用に関する部位別評価を点数化し、再利用意識の可視化を試みた。方法としては、部材別の「再利用に関する自己評価（A～D）」と現地調査時に判断された再利用率を各部材の「再利用率（a）」とした。また、各部位を構成する「部材比率（b）」を定め、100%再利用される場合には各部位の合計点数が1となるよう設定した。「再利用率（a）」×「部材比率（b）」＝「再利用点数（c）」として部位ごとの再利用点数を求めた。図3に工法ごとの各部位（構造体・床・外壁・内壁・天井・屋根）の再利用点数と合計部材構成数それぞれの平均値を示す。工法別再利用点数をみると、全タイプ平均値の合計値では丸太組工法・木造板倉工法がどの部位においても平均値を上回る。

部位別にみると、外壁・内壁・天井の再利用点数が低くなる傾向がみられる。これらの項目は他の項目に比べ、内外装の仕上げの選択と再利用への意識の差がより大きく現れたものといえる。床材については壁・天井仕上げと比較し、概ね高い値を示している。これは床材の木質フローリングや無垢材を採用するタイプが多くみられたため、木造仮設住宅における床面は施工や部材の取り扱いの面から見ても、最も木質感を出し易い部分であるため多くのタイプで採用されたのではないかといえる。なお、在来軸組工法のタイプでは、プレハブ仮設でも標準となっている塩ビシートやタイルカーペットが採用されているケースが多く、それらの施工には接着材が用いられるために、再利用率が低いといえる。木造パネル化工法については天井仕上げを再利用しない前提で仕様の選択を行っているため、再利用点数が低い結果となった。床・内壁・外壁・天井につ

表3 再利用に関する部材別評価

	工法分類	丸太組		倉木造 工法	ネ ル 木 造 工 法	み と 木 造 工 法						組 在 工 法 軸																														
		住戸タイプ名		A	B	C	C	D	D	D	D	D	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E															
		1次公募		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○														
		2次公募		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○														
部位	項目	部材比率(b)	再利用に関する自己評価(A・B・C・D)																								再利用率(a)															
構造体	基礎	0.10	0.4	0	0	0	(0%)	0	0.4	0	(0%)	0	0.4	0	0	(0%)	0	0.4	0	0	0.4	0	(0%)	(0%)	(0%)	0	0	(0%)														
	土台	0.25	1	1	1	1	(100)	1	1	1	(100)	1	1	1	1	(100)	1	1	1	1	1	1	(100)	(100)	(100)	1	1	(100)														
	床組	0.15	1	1	1	1	(100)	0	1	1	(100)	1	1	0	1	(100)	1	1	1	1	1	1	(100)	(100)	(100)	1	1	(100)														
	軸組	0.45	1	1	1	1	(100)	1	1	1	(100)	1	1	1	1	(100)	1	1	1	1	1	1	(100)	(100)	(100)	1	1	(100)														
	仕口・継手	0.05	1	1	1	—	—	—	1	1	—	1	1	—	1	(100)	1	1	—	1	1	1	(100)	(100)	(100)	1	1	(100)														
	再利用点数(c)=a×b		1.00	0.94	0.9	0.9	0.85	0.85	0.7	0.94	0.9	0.85	0.9	0.94	0.7	0.9	0.9	0.9	0.94	0.85	0.9	0.94	0.9	0.94	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9													
	床・構成タイプ		床4	床7	床6	床1	床5	床4	床3	床3	床4	床3	床4	床2	床4	床4	床4	床4	床4	床1	床4	床2	床2	床2	床1	床1	床4	床4														
床	構成部材数		4	2	4	3	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4														
	床下地	0.30 ※1	1	—	1	1	(100)	1	—	—	(60%)	—	0.5	0.5	0.8	(0%)	1	0.8	1	0	0	0.8	(100)	(80%)	(50%)	0.5	1	(100)														
	断熱材	0.20	1	1	1	1	(100)	0	1	0.7	(80%)	0.8	1	1	1	(0%)	1	1	1	0.9	0	0.7	(100)	(100)	(100)	0.5	1	(100)														
	床仕上げ	0.5(複数時0.3 (複数時0.20))	0.89	1	0.6	0.6	(100)	0	1	1	(100)	1	1	0	0.9	(100)	0.9	0.5	0.9	0	0	0.5	(80%)	(100)	(80%)	0.8	0	(0%)														
	再利用点数(c)=a×b		1.00	0.95	1.00	0.88	0.88	1.00	0.30	1.00	0.94	0.84	0.96	0.85	0.55	0.91	0.80	0.77	0.71	0.97	0.38	0	0.63	0.74	0.97	0.59	0.65	0.70	0.50													
	壁・構成タイプ		壁1	壁2	壁3	壁3	壁5	壁4	壁4	壁7	壁6	壁6	壁9	壁9	壁9	壁9	壁8	壁10	壁11	壁9	壁9	壁8	壁9	壁9	壁9	壁9	壁8	壁9														
	外壁	構成部材数		1	5	3	3	3	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5													
外壁下地		0.25 ※2	1	0.9	1	1	—	0	0.8	1	(80%)	—	0	1	—	(80%)	1	0.8	0.6	1	0	0.8	(80%)	(100)	(100)	0.8	1	(100)														
外壁		0.50 ※3	平均	平均	0.9	0.9	(100)	1	平均	平均	(100)	0.8	0	0	平均	(100)	1	0	0.7	0.9	0	0.5	(100)	(80%)	(0%)	0.5	0.7	(50%)														
防水テープ		0.05	0	—	—	—	—	0	0.65	0.75	(80%)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—														
水切り		0.05	1	—	—	—	(100)	—	0.5	0	—	0.8	0	—	—	(100)	1	0	—	0.5	—	—	—	—	—	—	—	(100)														
断熱材		0.15 ※4	1	1	1	1	(100)	0	1	0.7	(100)	0.8	0	0	1	(100)	1	1	1	0.9	0	0.7	(100)	(100)	(100)	0.5	1	(100)														
再利用点数(c)=a×b		1.00	0.95	0.88	0.85	0.85	0.65	0.50	0.70	0.73	0.85	0.56	0	0.25	0.55	0.90	0.95	0.35	0.65	0.86	0	0.56	0.85	0.80	0.40	0.53	0.75	0.70														
内壁	内壁(間仕切壁)下地	0.15	0.9	0.9	1	1	(100)	—	—	—	(50%)	0	0	—	0.7	(50%)	0.8	0.5	1	0.9	0	1	(100)	(100)	(80%)	0.8	1	(0%)														
	内壁(間仕切壁)仕上げ	0.30	0.7	1	0.6	0.6	—	1	0.6	1	(50%)	0	0	0	0.6	(50%)	0.9	0.9	0.6	0	0	0.6	(80%)	(50%)	(0%)	0.5	0.4	(0%)														
	界壁下地	0.15	0.9	0.9	0.9	0.9	—	1	—	0.6	—	—	0	0	0.7	—	1	0.5	0.6	0.9	0	0.8	(0%)	—	(0%)	0.8	0	(100)														
	界壁仕上げ	0.30	0.7	1	0.6	0.6	—	0	0.7	0.6	—	0	0	0.88	0.6	—	0.8	0	0.6	0	0	0.5	(50%)	(100)	(0%)	0	0.4	(0%)														
	防音・遮音材	0.10	1	—	1	1	(100)	—	—	0.9	—	0.45	0	1	—	1	1	1	0.7	0.9	0	0.8	(100)	(0%)	(100)	0.6	1	(0%)														
	再利用点数(c)=a×b		1.00	0.79	0.87	0.63	0.61	1	0.70	0.40	0.75	0.30	0.21	0	0.21	0.64	0.30	0.88	0.52	0.67	0.36	0	0.68	0.71	0.65	0.42	0.45	0.49	0.15													
	天井	天井・構成タイプ		天1	天5	天4	天2	天2	天5	天1	天5	天3	天3	天2	天2	天5	天1	天2	天2	天1	天2	天2	天2	天2	天2	天1	天2	天2	天2													
構成部材数		4	2	2	3	3	2	4	2	4	4	3	3	2	4	3	3	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3															
天井下地		下地有0.35	0.9	—	0.9	0.9	(100)	—	0	—	(100)	0.9	0.5	0	0.9	(0%)	0.9	0.5	0	0.9	0.5	0.9	(100)	(100)	(80%)	0.8	0.9	(0%)														
天井仕上げ		0.65(下地無1)	0.8	0.9	0	0	(100)	0.9	0	0	(50%)	0	0	0	0	(50%)	0.9	0.8	0	0	0	0.8	(80%)	(50%)	(0%)	0	0.8	(0%)														
再利用点数(c)=a×b		1.00	0.84	0.90	0.32	0.32	1.00	0.90	0	0	0.68	0.32	0.18	0.00	0.32	0.33	0.90	0.70	0	0.32	0.18	0.84	0.87	0.68	0.28	0.30	0.84	0.00														
屋根・構成タイプ		屋1	屋4	屋6	屋6	屋1	屋1	屋7	屋1	屋1	屋1	屋1	屋3	屋2	屋5	屋2	屋3	屋2	屋2	屋1	屋3	屋3	屋3	屋3	屋2	屋2	屋1															
屋根		構成部材数		2	8	3	3	2	4	2	4	2	2	3	6	8	6	3	6	6	2	3	3	3	3	6	6	6	6	2												
	屋根下地	(下地有0.30)	—	1	1	1	—	1	—	—	(100)	—	—	—	1	(100)	—	0.8	—	—	—	—	—	(0%)	(100)	0.6	1	(0%)														
	天井裏断熱材	0.30	1	1	1	1	(100)	0	0.6	0.7	(100)	0.8	0	0	1	(100)	1	1	1	1	0	0	(100)	(100)	(100)	1	1	(100)														
	屋根仕上	0.7(下地有0.4)	1	0.9	0.6	0.6	(100)	0	1	0.6	(100)	1	1	0	1	(100)	1	0.9	1	1	1	0.7	(100)	(80%)	(100)	0.8	0.2	(100)														
	点数合計		1.00	1.00	0.96	0.84	0.84	0.70	0.30	0.88	0.63	1.00	0.94	0.70	0	1.00	1.00	1.00	0.90	1.00	1.00	0.70	0.49	1.00	0.86	1.00	0.80	0.68	0.70													
	建具	外部建具	—	1	1	1	1	(100)	1	1	1	(100)	1	1	1	1	(100)	1	0.9	1	1	1	1	(100)	(100)	(100)	1	1	(100)													
		内部建具	—	1	1	1	1	(100)	1	1	1	(100)	1	1	1	1	(100)	1	0.9	1	1	1	0.7	(100)	(100)	(100)	1	1	(100)													
間仕切り		—	—	1	0	0	(100)	1	0.8	0.8	(0%)	0.8	0	0	1	(0%)	0.9	0.9	0.5	0	0	0.6	(100)	(0%)	(100)	0.5	0	(0%)														
外装	断熱材	—	—	—	1	1	(100)	—	0	1	—	0.4	0	—	1	—	1	1	0.5	0.9	0	0.7	(100)	(100)	(100)	0.5	1	(0%)														
	破風・板金	—	1	—	—	—	(100)	—	0.8	0	—	1	0	—	—	(100)	1	0	—	0.8	—	—	—	—	—	—	—	(100)														
	設備配管	—	0.1	0	1	1	(0%)	1	0	0	(0%)	0	0	1	0	(0%)	0	0	0	0	0	0	(0%)	(0%)	(0%)	1	0	(0%)														
機械設備	設備機器	—	1	1	0	0	(100)	1	1	1	(100)	1	1	1	1	(100)	1	1	1	1	1	1	(100)	(100)	(100)	1	1	(100)														
	照明等	—	1	1	1	1	(100)	1	1	1	(100)	1	1	1	1	(100)	1	1	1	1	1	1	(100)	(100)	(100)	1	1	(100)														
	電気配線	—	0	0	0	0	(0%)	0	0	0	(0%)	0	0	0	0	(0%)	0	0	0	0	0	0	(0%)	(0%)	(0%)	0	0	(0%)														
備品	カーテンレール	—	1	1	1	1	(100)	1	1	1	(100)	1	1	1	1	(100)	1	1	1	1	1	1	(100)	(100)	(100)	1	1	(100)														
	カーテン	—	1	1	1	1	(100)	1	1	1	(100)	1	1	1	1	(100)	1	1	1	1	1	1	(100)	(100)	(100)	1	1	(100)														
	解体・移築工程 (1戸当たりの工程)	分別工程	15	3	3	5	14	—	15	7	21	20	7	14	10	15	15	15	20	12	—	15	—	—	15	10	15	5														
運搬	1	2	1	1	1	—	1	1	1	2	2	1	4	2	3	2	1	1	1	—	2	—	—	1	3	1	4															
移築・組立て	19	15	14	14	50	—	40	30	60	45	45	50	20	45	35	45	45	60	—	35	—	—	40	47	46	35																
合計日数	35	20	18	20	65	—	56	38	83	67	53	68	32	63	52	61	66	73	—	52	—	—	56	60	62	44																

利用点数が高く、部材構成数が少ないため、施工面とのバランスの取れた工法と言える。木造板倉工法は丸太組よりも高い点数を示すが、部材構成数は平均値よりも多く、施工面で手間が掛かる仕様といえる。木造パネル化工法は再利用点数においても平均値より高いが、C1・C2 で比較すると床・天井の仕様が大きく異なるため、部材構成数で差がみられた。木造落とし込み工法は工法的に部材構成数が概ね平均値を下回っているが、再利用点数においては各タイプで差が見られた。在来軸組工法は、同一工法でありながら、各タイプの仕様選択と施工面で多様な仕様であったため、再利用点数・部材構成数ともに差がみられた。

4.3 施工者回答における再利用に関する阻害要因と今後の課題

質問表調査における項目の中で、各事業者に対し再利用に関する阻害要因について質問を行なった。その際得られた回答について、①解体による劣化、②経年変化・使用劣化による品質変化、③手間の増大などからコスト増加に繋がる点、④再利用不可能な箇所がある⑤再入居後のクレーム等のリスク ⑥再利用時の瑕疵となるリスク⑦その他に分類をおこなった（表6）。

①は主に解体作業時に破損するリスク等が不安点であり、ボンドを使う等施工時に解体をしにくい施工を行っていることに起因する。例えば床材では、特にフローリング等床板に木工ボンド等の接着剤を利用している場合には、解体時の破損が多いため再利用不可となる事例がみられた（6/26）。こうした不安は、パネル化工法等解体・転用を視野に入れた仕様を採用した事業者、石膏ボード等を不使用の事業者からは出てこなかった意見である。また、金属系の横葺き屋根についても、再利用不可と判断するケースがあった。解体時の破損が原因であると考えられる。（住戸タイプ名C1,C2,D2,D4）。②は住戸自体の仕様よりも解体後の材料の保管方法等について不安点としてあげられている。再利用資材の保管・流通についても今後の課題となると考えられる。③・④は建設時の仕様の選択や施工状況により個別に起こる要因である。構造体の基礎では、最も多く選択されている木杭において（24/26）、防腐剤の有無等の理由から、リサイクル後再利用も（5/26）と少数に留まっている。これは廃材として処分する際にチップ状に砕き易くする必要があること等の要因が推測される。また、特に施工の精度に関わるものは、入居後の雨漏れなど生活に支障がでることもあり、再利用時にコスト等と比較し対応すべき箇所といえる。⑤・⑥は再利用時の住宅の所有形態にも関わるが、設備器具や瑕疵担保について今後起こりうる条件やリスク等整理する必要がある。また、在来軸組工法の壁では、製品の外壁材を貼るような形であるために、再利用時に2011年の仮設住宅建設時のビス穴、設備系の穴等が雨漏れの原因となると判断していることが大きい。木造落とし込み工法についても、外壁に製品を貼る場合は同様の特徴がみられた。

再利用を前提とした住戸の解体方法については、技術の要する部分もあり、その方法についても、各社独自に行なうのではなく業者間で共有しておく必要がある。手間の掛け方等についても、技術の共有により削減できる部分が多いと考えられる。

4.4 まとめ

再利用に関する部材別評価を点数化とすることで各部位の再利用

図3 工法別再利用点数について

図4 再利用点数と構成部材数について

特性を確認することができた。特に、再利用を効率的に行う上で部材のパネル化は重要な要素となるが、パネル化する部位や材料の選択によっては効率的にならないものもあることが確認された。

材料を再利用する意識と、作業しやすい部材の選定を意識したと考えられる「丸太組工法」「木造パネル化工法」「木造落とし込み工法」は概ね人工が少なく、解体移築時において工期が安定してくる

表6 再利用に関する阻害要因

分類	工法分類	丸太組工法	板倉工法	木パネル工法	落とし込み工法	在来軸組工法																回答数										
						A	B	C1	C2	D1	D2	D3	D4	D5	D6	E1	E2	E3	E4	E5	E6		E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
						1-2	1	1	2	1	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	2		2	1	1	1	1	1-2	1-2	2	2	2
再利用に関する阻害要因	解体による劣化	・石膏ボードを留める際の接着材(釘/タッカー/フィニッシャー)の利用による解体時の破損																												9		
		・施工時の部材の接合方法に個人差がみられること(ビス・釘・接着材の利用)																													10	
		・構造材の取締・歪みによる組み立て微調整																													4	
		・釘を利用した部材についてはパール等で丁寧に解体する必要がある。																													1	
	経年変化・使用劣化	・解体後の運搬・保管方法による傷や劣化の恐れ																													12	
		・天候による部材の劣化の恐れがある																													8	
		・使用劣化、経年劣化への補修や手直しの必要有り。また再利用できない部材も出てくる																													7	
	コスト増加につながる	・連棟型の場合、戸数が増える程上下での狂いが生じ、壁仕上げPBの現場加工の手間等が増える																													1	
		・手間と部材調達コストを考えると再利用しない方が良い部材もある																													6	
	再利用不可能な箇所がある	・断熱材の選択で吹き付けウレタンフォームの利用箇所は解体・破棄するため、再利用が不可能な部分がある																													3	
		・風除室の引違い戸の下枠が土間コンクリートに埋まっているため、下レールがうまく外れない場合がある																													2	
		・追加工事等で、再利用できなくなる部材がある(仕様変更による弊害)																													2	
	再入居後のクレーム等のリスク	・再利用の事実を入居者に事前に説明する必要がある																													1	
		・再利用部材の瑕疵担保責任範囲を明確にする必要がある																													1	
		・設備機器等は移設することでメーカー保証が受けられなくなる																													2	
	再利用の瑕疵リスク	・パッキン材、ビス、石膏ボード、耐力壁等は移転先での事故防止のため再利用は控えるべき																													1	
・屋根・外壁はボルト・ビス留めとなっており再利用時に雨漏れの恐れがある																														1		
その他	・自社物件は内容がわかるが、他社住戸タイプの再利用は時間が掛かる																													2		
	・作業員への解体撤去方法の周知と徹底のための教育時間が掛かる																													1		
	・外部へ面していた部材について除染が必要になる可能性が考えられる																													1		

ー凡例ー 住戸タイプ名 : 解体・移築を実施した住戸タイプ(試作での実施も含む)

との判断が出来る。「木造板倉工法」では再利用点数も部材評価も高い値を示したが、部材構成数が多い事が解体・移築日数に影響が出ることが推測された。

実際の再利用時においては、業者間の技術の共有により、廃棄部材を削減できる部分が多いと考えられる。

5. まとめ

以上より下記項目を明らかにすることができた。

- ①仮設住宅の公募段階において再利用を条件とする項目が追加され、他県では見られない独自に再利用を考慮した「丸太組工法」・「木造板倉工法」・「木造パネル化工法」・「木造落とし込み工法」・「木造在来軸組工法」等の工法や(下地材なしの大引への直接仕上げやパネル化による部材数を減らす取り組みや接着材を極力使用せずにビス留めする等)仕様がみられた。
- ②再利用を前提とする場合、各部位の部材構成数を少なくすることは、再利用時の解体・移築の施工工程を減らし、現場での施工性の向上・運搬のし易さに影響を与える。
- ③部位ごとの部材構成数を減らす方法として、丸太組工法は、ログシェルに内装材、外装材、断熱材の機能を持たせたり、木造パネル化工法等では、断熱材などを一体的に組み合わせパネル化した方法を採用している。またこれにより工場での加工・生産比率を高め、現場での施工工程を減らし工期が短縮される傾向がみられる。
- ④部位別の再利用意識において構造材については、ほとんどの工法でも再利用できると考えている割合が高かった。
- ⑤部位別の再利用意識をみると、外壁・内壁・天井の再利用点数が低くなる傾向がみられる。これらは、外部、内部からの劣化が要因であると考えられる。

⑥それぞれの工法において再利用点数と部材構成数を比べることで、各部材の種類による再利用のしやすさが異なることと、部品数が少ない程組み立てやすく解体もしやすいため、これが再利用のしやすさにもつながっていることが確認できた。

⑦再利用時の部材の判別(再利用か廃棄か等の判断)は各工法の設計者や工務店の判断で左右される。事業者がもつ再利用の意識の差により、再利用する割合が異なることも考えられ、再利用の事業実施の際には、再利用に関するより詳細なガイドラインが求められる。

⑧木造の応急仮設住宅の再利用については、各部材別に検討する事で、将来の解体撤去時の対応も予測することができる。また各部材の多くの部分で再利用が可能であると考えていることが分かった。

⑨再利用を前提とする場合、接着剤の利用をなるべく避けるとともに、乾式工法による施工が求められる。一方でパネル化、接着剤を用いない工法を採用した住宅の中には、施工後に隙間が多く出来てしまい断熱性能が確保できないものも見受けられた。今後は乾式工法のパネル化と、接着剤、シーリングに頼らない(部材をズラして重ねることや接合部にパッキンや干涉材を入れ込む等の)隙間処置が再利用化の鍵となることが考えられる。

⑩これまでの分析より今後の災害時等に対して、再利用の観点から考える仮設住宅の在り方について整理する。

- ・工法については、丸太組工法等の単一多機能部材による工法や複数の部材を組み合わせたパネル化された工法等が建物全体の部材構成数を少なくし、より解体・移築が容易になると考えられる。

- ・部位別にみると、床は、根太を無くし、床の下地材として合板や無垢の床板で大引と床組を固めることで、杭基礎のような不安定な基礎に対しても、安定した床組をつくる工夫である。

・壁は、単一多機能部材または、断熱材を含むパネル化が有効である。特にパネル化においては、建て方時に同時に壁材を入れ込む方式のものが最も効率的と云える。

・天井は、下地の簡略化または化粧野地板等下地無しの直接仕上げとすることが重要となる。特に、仕上げ材を室内側から貼る場合は上向きの体勢となるため、パネル化する際はパネル1組の大きさや重量に配慮する必要がある。

・屋根は、折板屋根の再利用は可能であるが、解体の際の板金の折れや曲がり等とボルト部分の気密確保の面で注意が必要となる、その他の屋根材においても再利用時の気密性の確保等今後検討の余地があると云える。

今後は再利用に特化した各住宅タイプについて部材毎の詳細な分析（数量調査等）、仮設敷地の土地所有形態、移築先の所有形態と状況、利用主体となる住人又は企業や団体と移築可能な仮設住宅の把握と建設による経済効果等の予測を行い、将来起こりうる災害における仮設住宅建設に関わる基礎的資料の作成を予定する。

なお、本研究における再利用の調査等については、筆者らが独自に作成を行っていた再利用に関する調査表を基に、（社）福島県建築士事務所協会が実施した平成25年度木造仮設住宅再利用促進事業において、調査表を調整したものを使用し、調査を実施している（筆者らもヒアリング調査（現地調査）・再利用プラン作成等に参加している）。分析等については、その一連の調査データ（データ使用に関しては許可を得て）を基に独自に行なったものであることをここに記す。

参考文献

- 1) 野内忠宏：福島県はどのように応急仮設住宅対策を進めてきたか 福島と建築学 建築雑誌 日本建築学会発行 2013.1
- 2) 佐々木孝男，浦部智義，小泉秀樹，定行まり子，芳賀沼整：長期避難期からの計画論 福島と建築学 建築雑誌 日本建築学会発行 2013.1
- 3) 牧紀男：京都大学博士論文 自然災害後の「応急仮設空間」の変遷とその整備手法に関する研究 京都大学発行，1997
- 4) 高橋和雄，中村百合，清水幸徳：雲仙普賢岳の火山災害における応急仮設住宅の建設の経過と住環境管理 土木学会論文集 No. 604，pp85-98，1998.10
- 5) 太田理樹，石井敦士，阪田弘一：災害時における木造仮設住宅の供給実態と課題－東日本大震災における岩手県での公募供給事業の実態をもとに－その1、2 日本建築学会近畿支部研究発表会，pp405-406，2012
- 6) 渡邊史郎，角倉英明，金容善，藤田香織：地域建設事業者による応急仮設住宅の実態－東日本大震災における岩手県内の公募型応急住宅を事例として－ 日本建築学会関東支部研究報告集 82(II)，pp465-468，2012
- 7) 畠和宏（指導：安藤邦廣）木造仮設住宅の構法と生産性及び維持管理に関する研究 平成23年度博士前期課程修士論文 筑波大学大学院人間総合科学研究科発行 2012.3
- 8) 黒川めぐみ，小松幸夫：応急仮設住宅の供給システムに関する考察 日本建築学会学術講演梗概集 F-1 pp1361-1362，2009.7
- 9) 芳賀沼整，早川真介，石坂公一，浦部智義：木造仮設住宅の計画特性に関する研究－東日本大震災後の福島県内の仮設住宅を対象とした考察－ 日本建築学会技術報告集，第19巻，第43号，pp1043-1048，2013.10
- 10) 芳賀沼整，石坂公一，浦部智義：ログハウス型仮設住宅の特性と可能性に関する研究－東日本大震災後の福島県内の木造仮設住宅を対とした考察 日本建築学会計画系論文集，第79巻，第696号，pp355-364，2014.02

注

注1) 平成26年6月5日現在。福島県建築住宅課資料より出典。

注2) 本研究では、プレハブ建築協会の規格部会が供給する組立てハウス型、ユニットハウス型の仮設住宅をプレハブ仮設と称する。

A STUDY ON THE REUSE CHARACTERISTIC OF WOODEN TEMPORARY HOUSING

– A study on wooden temporary housing in fukushima prefecture after the tohoku earthquake –

Sei HAGANUMA *, *Tomoyoshi URABE* ** and *Koichi ISHISAKA* ***

* Haryu Wood Studio Co., Ltd., M. Eng.

** Prof., Dept. of Architecture, College of Eng., Nihon Univ., Dr. Eng.

*** Prof. Dept. of Architecture, International Research Institute of Disaster Science of Tohoku Univ., Dr. Eng.

In the wake of the 2011 East Japan earthquake, approximately 16800 emergency temporary housing units were constructed in Fukushima Prefecture. Approximately 6000 of these units were contracted to local construction firms, and many of these were constructed with wood.

In comparison with prefabricated construction, which has systems for reuse, these wooden temporary housing units, which lack such reuse systems, are expected to result in large amounts of waste and high final disposal costs once their period of provision has ended. For this reason, future trends regarding the reuse of wooden temporary housing are a focus of attention for society.

In this study, we conducted surveys and interviews with contractors regarding the reuse of 26 types of wooden emergency temporary housing units built by 26 firms in Fukushima Prefecture. We then analyzed the specifications of components and features of construction methods used in the wooden temporary housing units. The objective of this study is to outline the requirements and possibilities for the reuse of wooden temporary housing.

We confirmed the specifications of each component of each type of housing. Next, we analyzed the composition of each component with a focus on differences in member composition and number of members. By quantifying these categories, as well as the results of our surveys into the awareness of the reuse of each component, we attempted to visualize member composition and awareness of reuse.

The relationships between the number of members and awareness of reuse for each type of construction method were as follows. In the “log construction method”, the number of constituent members is small and this method employs a mechanism to utilize single wooden members in a variety of functions. This mechanism is directly connected to lower construction times, which is the main purpose of temporary housing, and well-balanced units were achieved. In the “wooden Itakura-type construction method”, awareness of reuse was highest, but the high number of constituent members tended to lead to difficulties. In the “wooden panel construction method”, differences in the numbers of constituent parts occurred depending on which parts were panelized. In the “wooden drop-down insertion construction method”, differences in awareness of reuse were seen based on differences in how planar boards, a feature of this construction method, were handled. In the “conventional post and beam construction method”, there was a wide variety in applications of the same construction method, and large differences were seen in methods and awareness of reuse.

We also analyzed cases of dismantling and reconstruction of units that occurred in Fukushima Prefecture. We found that modifications to give single members multiple functions, lower the number of constituent members and reduce the amount of on-site labor through panelization allows a reduction in the time required for dismantling and reconstructing units.

In order to make modifications to allow the reuse of these units, we must investigate methods for the reuse of individual components. In particular, points for future reusability include using the least amount of adhesives possible, and handling the gaps that can occur as a result of panelization in dry construction methods.

(2014年6月10日原稿受理, 2015年1月9日採用決定)