

資源循環を意図した木造住宅の設計行為に関する研究

Research on design act in timbered house where resources recycling was intended

学籍番号 47-086758

氏名 田中 裕子 (Tanaka ,Hiroko)

指導教員 清家 剛 准教授

1.1 研究の背景・目的

近年、再生可能な材料として木材が注目を集めている。世界の森林資源を見ると、無作為が伐採され、森林破壊がおきている地域もあれば、我が国のように森林資源が放置され、荒廃が進む地域もある。森林資源は、再生可能な範囲で消費されないと循環しない。

我が国では、木材の主要使用用途である木造住宅への国産材利用が、林業や製材業者のような川上側への助成などにより、積極的に行われているが、適切な資源循環を達成するに至っていない。一方、木造住宅に使用する木材を決定し使用方法を決定するのは、設計者や部材調達者である。それ故、品質のよい木材を川上側がそろえても、彼らがその材を選択しなければ使われることはない。

本研究の目的は、木材の資源循環に必要な性能の把握と、その性能を木造住宅設計行為によりどのように実現できるかを明らかにすることである。

1.2 研究の方法・対象

本研究では、木の川上から川下に渡る各主体に聞き取り調査と実地調査を行い、資源循環に必要な性能を把握し、資源循環を意図した木造住宅の設計行為を、どのよう

に実現できるか実事例をもとに分析を行った。

また、本調査で得られたデータをもとにLCAモデルを作成し、設計行為による資源循環への影響を定量的に分析した。

研究の対象は、林業家・森林組合・製材業者、国産材もしくは地域材を使用した木造住宅を生産する住宅メーカー・工務店・設計事務所とした。

1.3 用語の定義

本論文では木材資源循環フローの中で、木材が伐採されてから製材・乾燥・加工（プレカット）されるまでを「川上（担う主体を川上側）」とし、設計者や施工者などを「川下（同川下側）」とする。「資源循環」とは、可能な限り資源を再生可能な状態にする資源の活用法を指す。

2.1 資源循環の性能

本論の資源循環の対象となる木造住宅のライフサイクル「伐採、製材、乾燥、加工、施工、解体」における、木材の適切な資源循環のための必須性能を、川上側の5事例の調査と2事例の既往研究の分析から、**資源有効利用性、長寿命性、安定消費性、汎用循環性、無偏向性、環境負荷低減性、再資源化容易性**の7つの性能を抽出した。その各性能の定義を表2に示す。

表1：対象事例

対象とした業態		主に川上側の対象				主に川下側の対象				
対象とした設計		—				●	●	●	●	●
事例名		事例Y	事例T	事例ME	事例A	事例S	事例SR	事例U	事例MS	事例D
主たる業務	川上	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	川下	□	□	□	□	□	□	□	□	□
	素材生産	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	製材	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	加工	■	■	■	■	■	■	■	■	■
設計	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
施工	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
主な特徴		燃油と木屑による人工乾燥	国産材の大規模集材工場	兵庫県丹波地区の木材流通	燃油による人工乾燥	業がらし乾燥・天然乾燥・工務店	輪組工法ハウスメーカー	業がらし乾燥・天然乾燥パネル工法・設計事務所	天然乾燥材パネル工法	木造SI輪組工法
生産量		4000㎡/年 約30棟分製材/年	約20万㎡/年間	—	約9000㎡/年	製材業務：7000㎡/年 設計業務：約200棟/年	9000棟/年	3~4棟/年	2007までで、300棟 約10~12棟/年	これまで100棟弱
事業エリア		高知県内・関西	九州全域	兵庫県丹波市	秋田県能代市	主に熊本県内、一部福岡	全国	足利市内	全国を対象（関西を中心に）	全国工務店対象

□ 川上 □ 関与している業務
 □ 川下 ■ 自社業務

表 2：資源循環の性能

	定義
資源性有効利用性	本来なら廃材になってしまうものを資源として有効利用することや、ある製品の材料として適応していなかったものを適応可能とするといった、資源の価値を広げること
長寿命性	できるだけ、長く使われること
安定消費性	一定量生産できること、川上側と川下側で効率的な生産
汎用循環性	材の種類・工法・システムに特殊性がないことなど、多くの人が取り組みやすいこと
無偏向性	産地に限定されないこと、材の偏りがないこと(使用されづらい材を出さないこと)をいう
環境負荷低減性	製造時にできるだけ化石燃料を使用しない
再資源化容易性	再資源化の幅があること(解体時に断面欠損が少ない、カスケード利用可能)

2.2 川上側の環境負荷

乾燥方法の異なる2事例の現地調査を行い、伐採から製材・加工までの建設現場に材が運ばれる前までの環境負荷をCO2排出量により算出した。また、本研究室の過去の調査も含め「燃油による人工乾燥(事例AA)」「燃油と木質バイオマスによる人工乾燥(事例Y)」「木質バイオマスのみの乾燥(事例AN)」「天然乾燥(事例S)」「北欧で乾燥(事例I)」の5タイプの環境負荷の比較を行った。

※燃油とは、重油、軽油、灯油などの化石燃料をいう。

各乾燥方法別の環境負荷の計算結果を図1に示す。(製材・乾燥工程のみ)

事例Yの環境負荷が4事例の中で一番大きい。これは、事例Yが、受注生産がほとんどであることや生産量が少ないことから工場や乾燥機の稼働率が他と比較して悪いことが原因として考えられる。この事例から、一見環境負荷が小さく見えても、乾燥方法だけでは一概に環境に優しいとは言えない場合があることが分かった。

3.1 資源循環を意図した木造住宅の設計行為の分析

この7つ性能をどのように設計行為によって実現していくことができるのかを明らかにするために、事例タイプごとに事例調査を行い、資源循環性の考慮方法を整理し、分析を行った。事例タイプについて表3に示す。

3.2 資源循環性の考慮方法の分析

実事例の設計時の留意点を、本論での資源循環性の観点からとらえ、素材・部材・建築全体・システム段階での留意点とその意図をまとめた。その一部が表4である。以下、表4からの分析を述べる。

① 資源有効利用性については、一般的な木

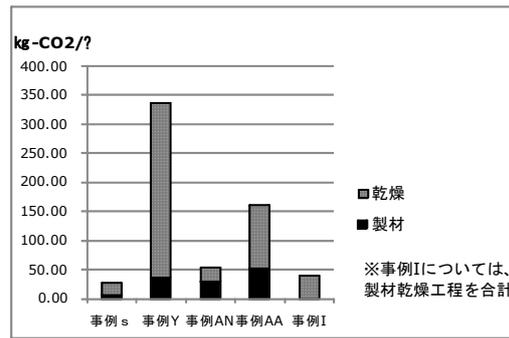


表 3：設計者タイプの分類

造住宅生産者は、材木屋などから材を調達するので、市場寸法から大きめの材を選ぶことになり、施工時に無駄な材が発生しやすい。表4を見ると、事例S・Uは、原木を直接林業関係者から購入しているため、原木伐採時の玉切り尺指定、木取り図指定など、設計に合わせた必要最小限の材の調達が可能で、無駄な材が発生しにくい。また、事例SR・MSでは、山の未利用材である曲がり材などを資材とした部材開発を行い、使用することで山レベルの資源有効利用性を得ている。材レベルの有効利用は設計者が川上側に干渉していくことで容易に行え、さらに無駄が出ないことは設計者側にとっても合理的であるといえる。

未利用材を使用した部材開発は、その製造ラインの確立など小規模な工務店や設計事務所だけでは行いづらく、川上側と川下側の協力や技術者の力が必要である。

② 長寿命性については、構造材の耐久性・建築全体の耐震性と、部位の更新をし易くする可変性を、材の選定や構造計画で考慮することで得られる。

③ 安定消費性については、表4をみると全事例で、川上側の見込み生産への配慮として材の規格化・設計ルールの設定することで得られていた。ここで、注目すべきは、事例Uの材の寸法統一についてで、他の4事例では部材レベル(構造材のみ)で寸法統一しているのに対して、建築全体で寸法統一を行っている。事例Uの設計者は、住

宅全体で材を転用可能にし、在庫が消費され易くすることを意図していた。これは、小規模生産における住宅生産の合理化であるが、消費され易いことは安定消費性の一要素と捉えられる。しかし、川下側で消費され易いだけでは、安定消費性は発揮されず、発注を請け負う川上側の生産規模や体質も重要で、設計者だけの努力では難しい。川上側にも材の品質に対してなど意識を高くもつことや、集成材のように安定供給可能な技術も必要である。

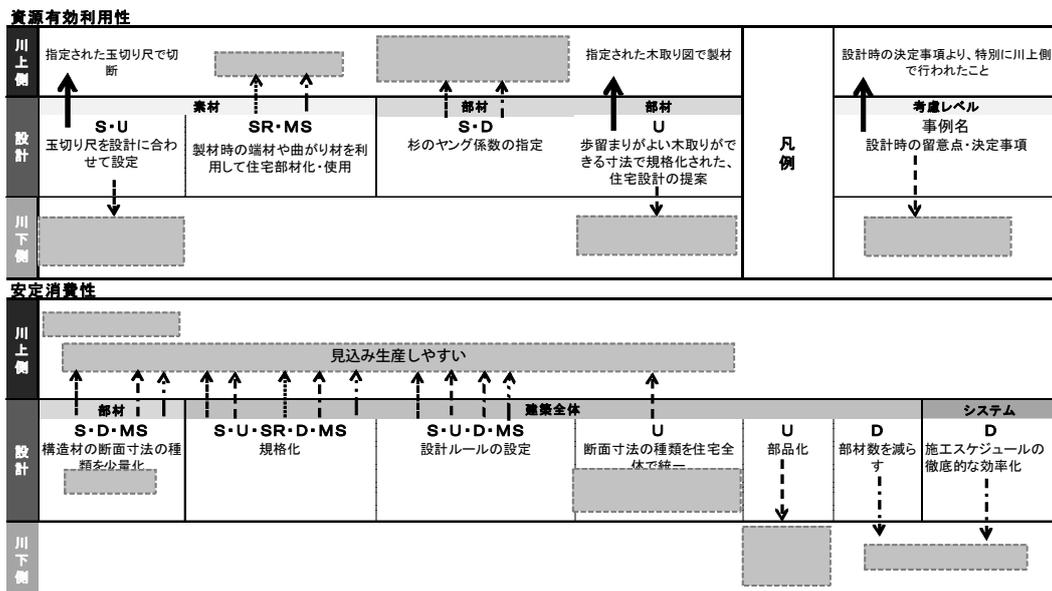
④ 汎用循環性とは、材の種類・工法・システムに特殊性がないこと、つまり多くの人を取り組みやすいことをいう。一般的な工法の住宅生産では問題ないが、住宅の質を向上させていく場合、新しい工法の導入は重要である。新しい工法の導入は、素材や技術レベルでは、汎用循環性は得やすいが、難しい工法を使用しない場合でも、実際に施工する大工にとって、慣れた工法ではないことで抵抗が大きいことや、大規模な住宅供給者にとって、製造工程の変更は大がかりであるため導入しにくいなど、流通面では難しいことがわかった。汎用循環性を得るには設計段階での考慮だけでは難しいと言える。

⑤ 無偏向性は、産地に限定されないこと、材の偏りがなく（使用されづらい材を出さないこと）をいう。全事例において安

定消費性を得るために規格化が行われているので、製材レベルでこの性能を満たすことは難しい。しかし、事例Uのように、歩留まり良く製材可能な寸法で規格化すると、製材時に材の偏りが発生しない。これを、規模を拡大して解釈すると、ある地域単位で、歩留まりの良い木取り寸法から決められた規格で設計を行うことや、逆に規格化せず木造住宅を設計するような設計者は、製材所に余っているような材をうまく使用することで全体的な無偏向性が保たれることが考えられる。

⑥ 環境負荷低減性については、川下側の取り組みも基に、設計者が配慮できる範囲でLCAモデルを作り、環境負荷低減効果を定量的に把握した。図2がその算出結果の一部である。人工乾燥材の事例AAと輸入型の事例Iを比較すると、輸送においては事例AAのほうが優位であるが、乾燥において事例IのCO2排出量が極めて少なく、結果、全体では事例Iのほうが優位となっている。ここから、地域材・国産材だからといって、環境負荷が小さいとは限らない場合があると考えられる。天然乾燥（事例S）で輸送距離が大きいものと木質バイオマスによる乾燥（事例AN）で輸送距離が小さいものを比較すると、さほど変わらない。都心部などで環境に優しいからといって、遠くから天然乾燥材を調達すると、本末転倒にな

表4：各事例の資源循環性の考慮のまとめ



る場合があると言える。

環境負荷低減性を得るには、製造時に環境負荷が小さい材の選択（天然乾燥材が効果大）や製造エネルギーの大きさを輸送距離を制限するなどの考慮が必要である。

しかし、このようなことへの配慮は、設計者だけの努力では難しいといえる。

3.3 設計者タイプ別資源循環性の分析

ここでは、設計者タイプごとに資源循環性の実現可能性の分析を行った。

3.3.1 川上干渉型の分析

川上干渉型の事例S・事例Uの取り組みから見てとれるように、川上へ干渉することで無駄なく材を調達していた。バラつきが多い国産材の場合、設計者が川上側に積極的に干渉し、川上側を配慮した寸法決定していくことで、資源有効利用性と安定消費性が高まると考えられる。

3.3.2 川上マネジメント型の分析

川上マネジメント型の事例SRは、バラつきが多い国産材を、その部材調達力と技術力で集成材にし、安定供給を可能にしていた。集成材の資材である曲がり材の価格が上がるなど、川上側への貢献も高いことが分かった。このような主体の設計変更による資源循環への影響は大きいといえる。

3.3.4 少量型の分析

小規模に住宅生産を行う業態は、変化に柔軟な対応をしやすことが分かった。小規模住宅生産者は、製材所に余りがちな材をうまく使用してことで資源循環性を高められるのではないかと考えられる。

3.4.5 川上受入選択型の分析

川上受入選択型の事例D・MSは、設計者が市場にある材を調達するタイプで、汎用循環性の高いと言えるが、市場品の中から大きめの材を選択するので、資源有効利用性は発揮しにくい。

3.4 資源循環の意図した木造住宅の設計行為のまとめ

本論では、資源循環に必要な性能を把握した。また、その性能をどのように設計行為によって実現できるかを明らかにした。資源循環を意図した木造住宅の設計行為を行う際の一般的な留意点を図3にまとめた。

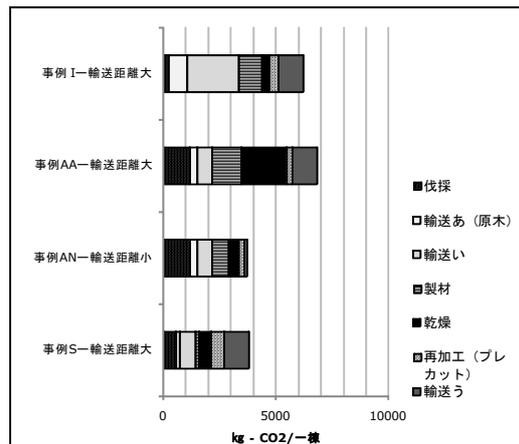


図2: LCAモデル別の1棟当たりの環境負荷

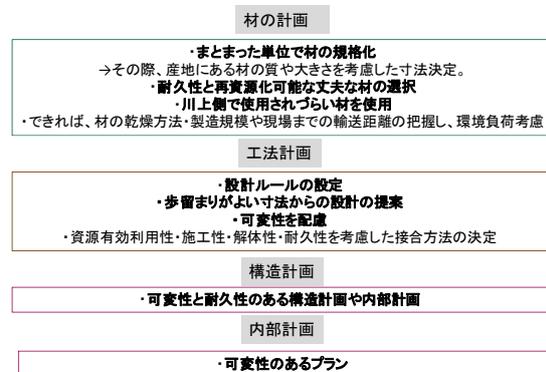


図3: 資源循環を意図した設計のまとめ

設計者は、積極的に山へ介入していくべきである。設計時には材の規格化が重要であるが、寸法決定の際、あるまとまった単位で、山の木の質や大きさを考慮した歩留まりを上げる寸法決定を行うとよい。天然乾燥材を使用する場合、見込み生産できることが重要で、住宅生産を合理化がしていくことで大切である。

4. 資源循環を意図した設計行為の展望

本調査から、大規模な生産者や小規模な生産者がまとまって一定量の見込み生産を可能にすることで、環境負荷低減性の大きい天然乾燥材を選択することは難しくないと考えられる。このように天然乾燥材を使用していくと、全国の林産地に天然乾燥材の流通が生まれ、その流通を利用して、他の木造住宅生産者らも、天然乾燥材の選択が行い易くなると考えられる。

このように、資源循環を意図した設計行為は、今後、環境へ寄与する可能性があるだろう。