

生活のゆとりを生み出す資源循環型住宅

—持続可能な社会に向けた住宅の経済性評価—

○五十嵐健（不動建設）

1. 本研究の目的

今日、先進国で全エネルギーの3分の1が建築に関連して消費されている。特に日本の住宅は平均寿命が30年と短く、資源の大量消費のほかに、建設廃材の大量発生、生涯住宅コストの高さや高齢期を迎えてからの建替えや大規模改修の発生など、多くの問題がある。これらの問題を解決し、ゆとりある生活と持続可能な環境を創造するためには、長寿命でかつ資源の循環利用が可能な「資源循環型住宅」の普及が不可欠である。（図1参照）

本研究は持続可能な社会の実現のために、住み手のライフステージの変化に合わせた住宅の改装・更新のライフサイクルコスト（以下LCCと記す）とエネルギー投入量を計算し、「資源循環型住宅」の優位性を明らかにしたものである。

2. 「資源循環型住宅」のイメージ

古くから集合住宅が定着しているヨーロッパでは、内装や機能の更新によって数百年にわたって使われ続けている例も多い。スケルトンインフィル住宅（以下S I住宅と記す）はそうした西欧の住宅を参考に、集合住宅を高耐久の構造躯体と躯体から分離した居住空間で構成することにより、家族構成の変化に対応した間取りの変更と機器や仕上げの更新を繰り返しながら、長期に使用することを可能にした住宅で、近年日本の集合住宅においても「長寿命型住宅」として次第に定着しつつある。しかし、資源の循環利用の面からは不十分な点も多い。

木で造られている日本の住宅の耐用年数は比較的短い。しかし、伝統的な日本建築は柱や梁などを一本物の木材の組み合わせで構成することによって耐久性を高めるとともに、部材の解体再利用を容易にしている。また、規格寸法の統一と組込み式の床（畳）や壁（ふすまや板戸）、屋根（瓦）などで建物を構成することによって部材の再利用をはかり、狭い国土の中で得られる限られた資源のもとで、高密度の人口が安定的に暮らすことを可能にしてきた。（図2参照）

今後、地球という限定された空間の中

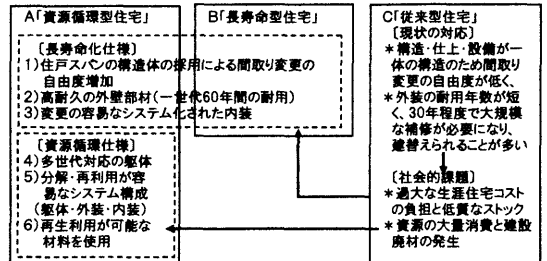


図1 サステナブル社会に向けた住宅

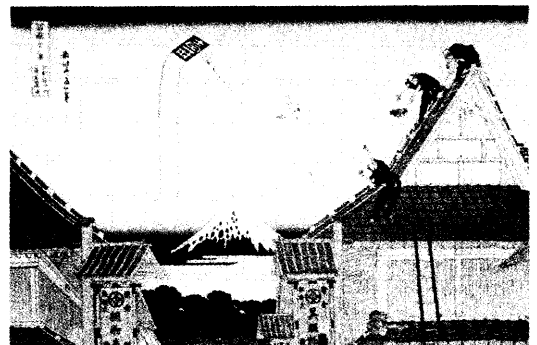


図2 富士36景にみる屋根瓦の補修風景（北斎）

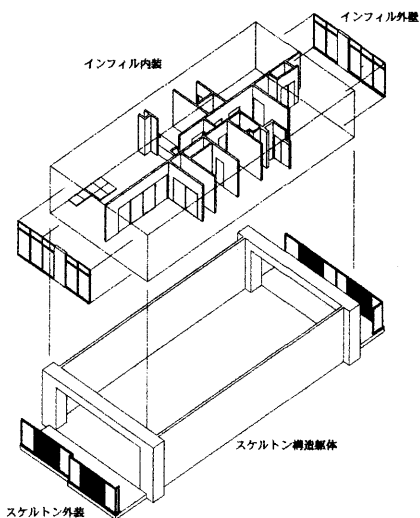


図4 資源循環型集合住宅の構成イメージ

必要要件	要件の充足性能	性能の具現手法
□長寿命化仕様	高耐久化	高耐久建材の使用、部材の高品質化など
	平面可変性	均等長大加工の採用、モジュール化など
	部材再利用性	部材のシステム化、ユニット化
□資源循環仕様	建材再利用性	部品種類数の絞込み、分解性向上の工夫など
	素材再生利用性	再生可能素材の使用、同一素材での構成
	自然還元再生性	自然還元性素材の使用

図3 資源循環型集合住宅の特徴



図5 ライフステージに応じた平面の変更

で、我々の生活を発展的に持続していくことが可能な社会を形成していくためには、伝統的な日本建築にあった資源循環の技術思想を付加し、部材組み換え式のS I住宅を現代の技術を使って実現していくことを目指す必要がある。本研究では、そうした性能要件を持つ住宅を「資源循環型住宅」と呼ぶ。

3. 改装・更新のモデルの設定と計算式

「資源循環型住宅」は、図3に示すような特徴を持っており、住み手の家族構成や生活様式の変化に応じて平面を変更しながら、多世代にわたって使用することが出来る住宅であり、その集合住宅タイプの構成イメージを図4に示す。

一般に、住宅の改装や更新は家族の成長や独立に合わせて行われ、その時に古くなった機器や部材の更新も行われることが多い。ここでは20代で住宅を取得し、16年目に子供部屋の確保のための部分改装、31年目に子供の独立にあわせた間取りの変更と機器の取替えのための大規模改装、46年目に高齢化対応のための改装を行い60年間にわたって使用し、次世代に引き継いでいくというモデルを使って、180年間の計算を行う(図5参照)。そのコストは、事例などを参考に表1のように設定する。ただし、「資源循環型住宅」のコストは「従来型住宅」と同等($Tr = 1.0$)の場合と2割高($Tr = 1.2$)の2つのケースで計算する。また、「従来型住宅」は現状の平均寿命である45年で建替える場合と、法定耐用年数である60年で建替える場合の計算を行う。

経済性の検討は、工法選択を行う住宅の新築時のLCC現在価値で行うこととし図6の式1を使って計算し、その年間負担額は式2の年等価額の計算式で求め

部位	各住宅の新築コストを100とした指数					
	スケルトン部分		インフィル部分			
	構造躯体	共用部仕上	住戸外壁	住戸内装		
コスト割合	45	10	10	35		
住宅	資源循環型集合住宅				従来型住宅—60年	従来型住宅—45年
	スケルトン		インフィル			
発生年	躯体構造	共用部仕上	住戸外壁	住戸内装		
1年目	49.5	11.0	11.0	38.5	110.0	110.0
16年目	0.0	0.0	0.0	9.6	30.3	30.3
31年目	0.0	2.8	2.8	19.3	49.5	49.5
46年目	0.0	0.0	0.0	9.6	30.3	110.0
61年目	12.4	5.5	5.5	38.5	110.0	以降16年目からの繰り返し

表1 改装・建替えのコスト構成

る。LCC現在価値とは、将来発生する改装・更新の資金も含めトータルで現在いくら資金が必要かを計算する式で、発生費用の金利や物価上昇を考慮した比較をすることが出来るため、住宅の改装・建て替えのような高額で長期にわたって発生する費用を現実的な価値感覚で評価するのに適している。また、LCCの累計値から建設・改装のエネルギー投入量を求めるための単位あたりの値は、産業連関表から算出した原単位を使用する¹⁾。

4. LCCによる経済優位性の検討

図7は各住宅の180年間のLCC現在価値を、実質利子率を変数として計算しグラフにしたものである。ただし、実質利子率は式3で求められる値で、銀行の貸出金利から物価の上昇分を修正した利子率で、過去の実績から今日のような安定成長期の値はLCC現在価値を実質利子率2%のところで、高度成長期の値は5%のところで比較を行う。この図を見ると、長寿命化と機能更新性に優れた「資源循環型住宅」が「従来型住宅」と新築コストが同一の場合は、全ての実質利子率でLCC現在価値は「従来型住宅」より小さく、180年間の住宅資金を現在準備するとしたら「従来型住宅」より少ない資金でよいことがわかる。ただし、LCC現在価値の数字は「従来型住宅」の新築コストを100としたときの指数であらわしている。

次に、「資源循環型住宅」が2割高の線(Tr=1.2)をみると、実質利子率が5%と6%の間で「従来型住宅-45年更新」と交わり、それ以降は逆転する。これは、実質利子率が5%より低い場合は「資源循環型住宅」の方が有利であるが、それより高くなると「従来型住宅」の方が有利になることを表している。このため安定成長期(実質利子率2%)には「資源循環型住宅」の方が2割以上有利となるが、高度成長期(実質利子率5%)にはどちらが有利ともいえない。また、45年で建替える場合と60年で建替える場合を比較すると、60年で建替える場合のほうが有利であるが、実質利子率が大きくなるにつれ差が少なくなり、5%付近ではその優位性があまり明確で

・LCC現在価値の算定式

$$C_p = \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+i)^{t-1}} - \frac{C_T}{(1+i)^T} \quad (1)$$

・LCC年等価額の算定式

$$C_R = \frac{i^*(1+i^*)^T}{(1+i^*)^T - 1} \cdot \sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+i^*)^t} \quad (2)$$

・実質利子率の算定式

$$i^* = \frac{(1+i_x)}{(1+j)} - 1 \quad (3)$$

ただし、 C_p はLCC現在価値、 C_R は年等価額、 t 後に発生する費用を C_t 、実質利子率を i^* 、検討期間を T 、残存価値を C_T 、物価上昇率を j 、貸出金利を i_x とする。

図6 現在価値と年等価額の計算式

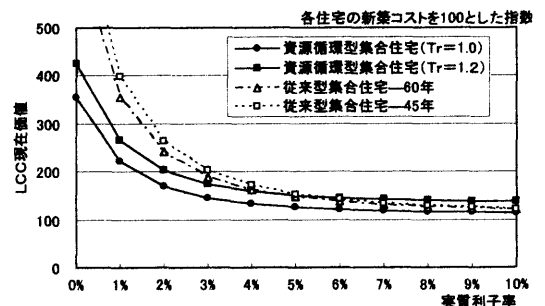


図7 各住宅のLCC現在価値の比較

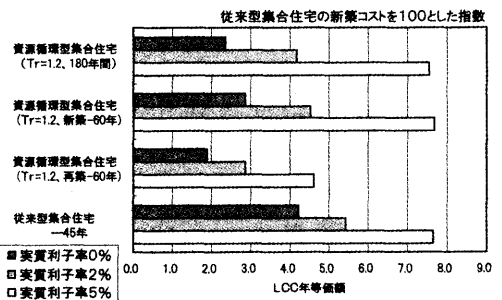


図8 実質利子率の違いによるLCC年等価額の比較

ない。このため、高度成長期には技術の進歩と将来の収入の増加の見込みを考え、フロー指向の選択になるが、現在のような安定成長期には、LCC現在価値での優位性が増すため、将来の改装・建替えの費用の少ないストック型の住宅に関心が集まるようになると思われる。

さらに積極的に「資源循環型住宅」のメリットを考えるために、生涯住宅コストの比較を行う。図8のグラフは「資源循環型住宅」のLCCを180年間均等に負担する場合と、新築世代とその継承世代が60年間ずつ分けて負担する場合を比較したものである。この図をわかりやすく見るために、今「従来型住宅」の新築コストを20万円/㎡（土地代は含まず）として80㎡の住宅を取得したとすると、そのコストは1600万円、2割高の「資源

循環型住宅」では1920万円になるが、将来の改装・建替えも含めた年間負担額は安定成長期（実質利子率2%）では「従来型住宅」が年間86万円であるのに対し、「資源循環型住宅」は67万円で済むことになる。また、「資源循環型住宅」の新築世代と継承世代がそれぞれの60年間を分けて負担する場合は、新築世代が72万円、継承世代が46万円で済み、継承世代の経済優位性はさらに大きくなる。

図9で各住宅の建設・改装の180年間の投入エネルギー量を比較すると「資源循環型住宅（ $Tr=1.2$ ）」は「従来型住宅」の58%と半分近くで済み、ここでは述べていない資材の循環使用による廃棄物量の削減なども考えると、「資源循環型住宅」は環境負荷の低減の面でも効果が大きいといえる。

ここでは集合住宅を例に述べたが、戸建住宅の場合も傾向は同様である。

5. 結論

以上の検討の結果、1)「資源循環型住宅」は安定成長型の経済環境のもとではLCC現在価値で経済優位性があること、2)その継承世代の生涯住宅コストは新築世代の6割前後に軽減されること、3)環境負荷の低減の面での効果も大きいことがわかる。その結果4)図10に示すように、ストック型の住宅の普及によって生涯住宅コストの軽減が図られ、生活のゆとりも生まれてくる。

我々はこれまで科学技術を活用し現時点の快適性や効率性を追求してきたが、その発展は有限の地球の中で限界に達しつつある。持続型社会形成のためには、技術成果を活用する際に時間軸を考えに入れた検討を行う必要があり、それにより新たな展開も可能になると考え、住宅を例に取り上げ具体的な検討を行った。

参考文献：岡建雄ほか，産業連関表による建築物の評価（その8），日本建築学会計画系論文集，2000年5月

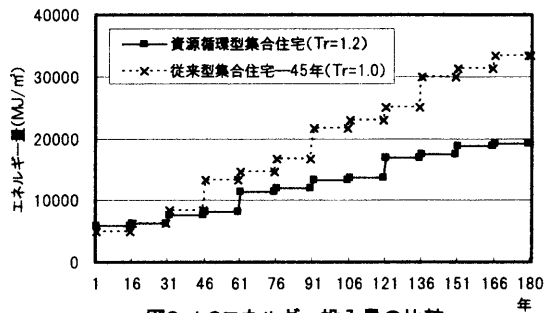


図9 LCエネルギー投入量の比較

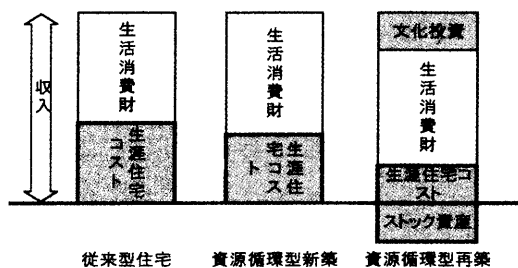


図10 スtock型社会に向けたゆとりの形成