

建物のライフサイクルコスト

小松幸夫

はじめに

建物の企画から廃棄までを「建物の生涯」とすると、この生涯を通して建物に必要な費用をライフサイクルコスト(LCC)という。狭い意味では、建物の建設費とその後の修繕や改修の費用、および建物の廃棄すなわち解体や処分にかかる費用のみをいうこともあるが、さらにエネルギー費や清掃費、点検保守費など建物運用にかかる費用をすべて加えるのが通常である。建物の生涯は、発注者が規模や用途を含めてどのような建物を作るかを検討する企画に始まり、基本設計・実施設計を経て施工に至る。ここまでが建設過程であり、その後竣功を境として所有者に引き渡され、建物の使用が始まる。所有者は以降建物を維持管理していくことになるが、その間に建物や設備の点検保守、修繕、改修等が行われる。建物の生涯の中ではこの期間がいちばん長く、時には増築などが行われる。所有者によって建物が最終的に使用に耐えないと判断されると、使用は終了し廃棄されて建物の生涯が閉じられることになる。

通常は建物にかかる費用(コスト)として新築費用のみを指すことが多い。すなわち企画、設計、施工に要する費用の合計である。企画から竣工にいたるまでの年数はせいぜい1～2年から長くても数年程度であるのに対し、建物の使用年数は数十年に及ぶ。新築費用を低く抑えたために、かえってあとの使用段階での費用がかさむこともありうるので、建物にかかる費用を新築費用だけではなく、使用段階に要する費用も含めて検討するというのがライフサイクルコスト(LCC)を用いる理由である。LCCを建物の生涯に対応させて概念的に描いたものが図1である。

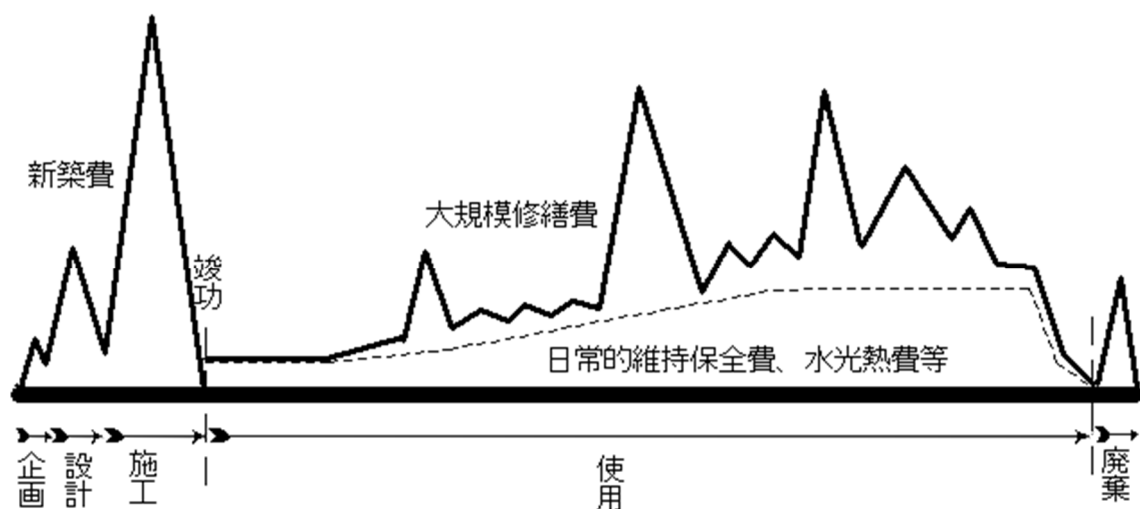


図1 LCCのイメージ

1. LCC とは

1.1 内容

LCC の大きな費用区分としては、新築費用(企画・設計費、新築工事費、不動産取得税や登記費用等)、運用費用、解体・廃棄費用となる。このうち運用費用に含まれるものは概ね次のようなものである。

日常的維持保全費：主に建物内部の清掃、ちょっとした修理(小修繕)、設備機器の運転・保守費用で、建物の用途によっては警備関連の費用も含まれる。建物をどのような状況で維持していくかにより、㎡当たりの費用が違ってくる。同じ建物でみた場合、物価や建物状況の変化などによる長期的な変動はあるものの、短期的には毎年ほぼ同じような額が必要になる。

エネルギー費：電気、ガス、燃料油などの光熱費、上下水道使用料などである。特に冷暖房あるいは空調に要する費用がこの中で比較的大きな割合を占めるので、省エネルギー対策の有無が大きく影響する。

大規模修繕費用：日常的な維持保全とは別に、数年ないし十数年程度の間隔で設備システムを含めた建物全体に対して大規模な修繕を行うことが多い。この場合は単にいたんだ部分を元に戻す(修繕)だけでなく、時代遅れになった部分を改良する(改修)ことも行われる。工事の実施に際しては一時的にかなりの費用が必要となるので、その予算は日常の維持保全とは別に考えておく必要がある。

増築などの費用：建物の使用中には増築や部分的な改築の必要に迫られることもあるが、計画段階ではこれらの発生を予測することは困難なので、LCC 計算には含めないことが多い。

租税等：通常、土地や建物(家屋)には固定資産税と地域によってはさらに都市計画税が、設備機器には業態や機器の種類により償却資産税が地方税として賦課される。また火災保険等の費用も考慮する必要がある。

なお冒頭にも述べたように、使用段階の費用として修繕や改修のみを算定することも多い。これはエネルギーについては、建物の性能や地域の気象条件データなどからシミュレーションにより必要なエネルギー量を推計できる各種の計算システムがあり、これらによって費用も算定することが多いこと、清掃費や運転・保守費用はこれまでの経験値を適用できることなどの理由による。

1.2 LCC の使われ方

建物の費用というものが問題になるのはまず企画・設計段階である。特にプロジェクトの設計過程では、いくつかの案の中からひとつを選択する作業が絶えず発生する。設計案選択の主な基準を何にするかはプロジェクトにより異なるものの、実務においては費用が常に問題にされることは周知のとおりである。LCC とは、本来は企画・設計段階において設計案の比較検討のために使用するものとして考えられた概念である。建物にかかる費用を LCC として捉えることは考えてみれば当然のことなのであるが、実際には新築費用の多寡のみが問題にされることが多

い。その理由として次のようなことが考えられる。

- 1) 建物の設計が固まらなくても、新築費用は比較的正確に予測できること。設計や新築工事の費用に関しては、多くの事例について体系的に資料が収集・分析されているので、予測が比較的簡単にしかも精度よく行える。しかしながら LCC のうちで運用費用については、資料が乏しく精度の高い予測が容易に行える状況には至っていない。
- 2) 発注者、設計者の LCC に対する関心が低いこと。極端な場合、発注側の担当者によっては「先のことは自分には関係ない」とばかりに、竣工後のことはまったく考えないという例もあるといわれる。新築工事では一時的に膨大な費用が発生するため、関係者はとりあえずそれをいかに減らすかに関心を集中させてしまい、竣工後のことまで考えが及ばないということなのであろう。
- 3) 竣工後に要する費用を低く見る傾向があること。後述するように建物が竣工後に要する費用は、新築費用の何倍にもなるが、年あたりにするとそれほど大きな額にはならないように見える。ただこの方面についても研究や利用可能な資料等が十分とは言えず、説得力のある予測が困難であることも事実である。

企画・設計の段階では将来予測の性格が強く不確定な部分も多いため、一定の条件を仮定した上で LCC の計算を行う。その結果、LCC の低い設計案が有利という判断がなされることになるが、計算条件が適切でないと誤った判断をくだすことになりかねない点に注意が必要となる。

竣工後に建物が使用される段階になると、LCC のうちで新築工事費用はすでに確定し、また竣工から時間がたっていれば、運用費用についてのある程度の実績も存在することになる。この時点で LCC を使うとすれば、その目的はその建物の将来の運用方法、すなわちこれからの維持管理、改修、増改築などの方針や時期・内容を定めるためである。ここで注意が必要なのは、この時点での LCC の内容は竣工までの段階で予測された LCC とは別物だということである。竣工の段階までの計算は予測や仮定を多く含むものであったが、実際に建物が竣工したあとでは LCC 計算には現実から得られた結果を反映させておく必要がある。つまり運用段階では、定期的に計算条件を見直しながら将来の LCC を修正することが欠かせない作業となる。また将来予測だけでなく、過去の実績から情報を得ることも重要な作業である。こうした情報は当面の建物運営の基礎となるばかりでなく、新しい建物の設計や施工にフィードバックすることで生かされていくことになる。

2. LCC の計算方法

LCC は建物の生涯にわたる費用を計算するのであるから、その生涯に関係するさまざまな条件を設定しておかなくてはならないが、不確定な部分については割り切りも必要である。

2.1 計算期間

まず LCC を計算する期間、すなわち建物の使用予定期間を設定することが必要になる。この年数の設定の仕方によって計算結果は大きく左右されることになり、企画段階であれば計画案に対する評価の方向が全く異なることになる。建物についての使用予定期間は企画段階で明確

にしておくことが望ましいが、もしそれができない場合には一般的に想定されている耐用年数や平均寿命を前提とすることになる。なお建物の耐用年数や平均寿命については後述する。

2.2 費用構成

運用費用の中で建物の構成内容が大きく影響するのは、エネルギー費用と大規模修繕費用である。エネルギー費用については前述したように必要エネルギー量の推計方法がほぼ確立されているので、あとはそれにエネルギー単価をかけてやればよい。大規模修繕費用に関しては、建物を構成する主要な部材や部品のそれぞれについて、修繕の周期と程度、およびそれに要する費用についての情報が必要になる。修繕の周期と程度は建物の品質、使われ方、周辺環境条件などに大いに影響されるので、敷地状況や建物の用途、維持管理の水準などを考慮して、大規模修繕についての適切なシナリオを設定することが必要となる。初期の企画や設計の段階では、詳細なシナリオの設定ができないので、既往文献の修繕周期や費用についてデータを引用しながら計算を行うことが多い。運用段階では、建物の施工結果(品質)などの実情を評価した上で将来のシナリオを設定することが望ましい。また維持管理の実績を分析することで、周期や費用をより現実的なものに修正していくことが重要である。

2.3 将来価値の扱い

LCC の計算では常に将来の費用を計算することになるので、比較検討や総額計算のためには将来の価値をどう扱うかが問題になる。すなわち金利が0でない限り、同じ金額を現在において支払うのと将来において支払うのでは価値が異なるので、現在または将来のある時点における価値に換算した上で、集計や比較をする必要がある。物価の変動も同様で、もし物価が上昇すれば同じ内容の工事を行うにしても費用が余計にかかることになる。実際の計算では、金利と物価上昇率が同じになる、つまり両者が相殺されるとする方法(資本利子物価変動率バランス法)か、将来の費用を実質金利で割り引いて現時点の価値に直して評価する方法(現在価値法)が用いられることが多い。前者は結果的に金利や物価変動を考慮しなくてよいことになるので、計算が容易であり直感的に理解しやすい。現在価値法ではより厳密な費用比較が可能であるが、将来にわたる金利や物価水準をどう設定するかにより結果が変化する。現在の日本は超低金利といわれる状況であるが、それがいつまで続くのか、またその後はどうなるのかを的確に予測することはほぼ不可能である。実務的には過去の実質金利の推移から将来を予測することになる。

3. 建物の寿命

3.1 耐用年数と寿命

LCC に限らず建物に関して長期的な判断を行う場合はその存続期間を想定する必要がある、耐用年数や平均的な寿命が参考とされることが多い。その耐用年数と寿命という言葉は同義とされることも多いが、ここでは耐用年数とは使用を予定する年数とし、寿命とは実際に存続した年数として区別する。すなわち耐用年数は予め決められた年数であるので同種の建物では同じになるが、寿命は建物が廃棄されて初めて明らかになるので、同種の建物でも個々に異なる年数

となる。

耐用年数はいろいろな目的で決められるが、日本で代表的なものは法定耐用年数といわれる財務省令の別表(表 1)である。これは会計法上の減価償却を行う際の基準となるものであるが、本来の目的を超えて利用される場面も多い。別表の建物についての耐用年数は当初、建物の部分別の想定耐用年数とコスト構成比を勘案して求められたといわれている。この数値の大小は毎年の減価償却額、ひいては企業収益に影響を与えることから、政策手段として適宜改訂が行われている。

表 1 財務省令による主な建物の耐用年数

構造又は用途	細目	1998 年改正	1989 年改正
鉄骨鉄筋コンクリート造又は鉄筋コンクリート造	事務所用等	50 年	65 年
	住宅用等	47 年	60 年
れんが造、石造又はブロック造	事務所用等	41 年	50 年
	店舗用、住宅用等	38 年	45 年
金属造（骨格の肉厚が 4 mm を越えるもの）	事務所用等	38 年	45 年
	店舗用、住宅用等	34 年	40 年
金属造（骨格の肉厚が 3 mm を越え 4 mm 以下のもの）	事務所用等	30 年	34 年
	店舗用、住宅用等	27 年	30 年
金属造（骨格の肉厚が 3 mm 以下のもの）	事務所用等	22 年	24 年
	店舗用、住宅用等	19 年	20 年
木造又は合成樹脂	事務所用等	24 年	26 年
	店舗用、住宅用等	22 年	24 年

寿命は実際に廃棄された建物については比較的容易に知ることができるが、個別の事例をそのまま一般化することはできない。個別性の強い寿命を一般化するためには、統計的な手法により処理することが必要になる。

3.2 寿命の推計

個別の建物について、実際の寿命値を多数収集して平均値を求めるのもひとつの方法であるが、方法が適切でないと結果に偏りを生じることになる。詳細な説明は省くが、結果の偏りを避けるためには調査対象となる建物の新築時点を時間的に十分遡ること、時代による建設量の変動を修正すること等が必要となる。筆者は建物の寿命推計のための調査研究を長年にわたって行ってきたが、その方法を区間残存率推計法と名付けている。区間残存率推計法は、人間の平均余命を求めるのと同様の考え方で建物の寿命を推計する方法で、建物を年齢別に分け、それらが壊される状況から年齢ごとの残存確率を求めて、建物の経年による残存率の推移（残存率曲線）を予測するものである。詳細については文献 5 を参照されたい。いわゆる平均寿命(0 歳の平均

余命)はこの曲線の積分値であるが、筆者の場合、寿命の代表値として残存率が 50%となる時点までの年数を採用している。

また建物のストック総数を年間の新築建物数で割った値をサイクル年数ということがある。現在のペースで新築を続けると、ストックのすべてが入れ替わるのに何年かかるかをもって、建物の平均的な寿命とみなすという考え方である。1990 年代前半における値として日本は 30 年、アメリカ 96 年、イギリス 141 年という値が示されている(文献 4)。

3.3 寿命推計調査

これまでに筆者が行ってきた建物に関する寿命推計調査から、結果を 2 例ほど紹介しておきたい。まず最初は、やや古くなるが 1988 年に全国の主要 48 都市の固定資産台帳を対象とした調査である(文献 6)。対象とした各市町村に、固定資産台帳に記載された各種建物(家屋)の新築年次別残存棟数と年間の除却(廃棄)棟数のデータをアンケートにより回答してもらった結果を、区間残存率推計法によって分析したものである。図 2 には別調査における木造専用住宅の分析結果例を示すが、推計した残存率のプロット(点群)から最終的に残存率曲線を推計する。

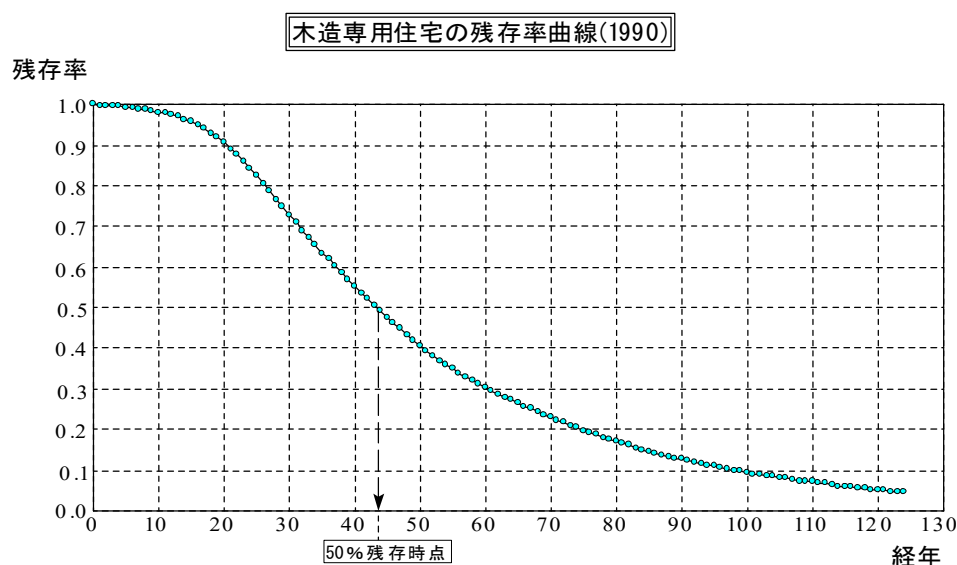


図2 残存率曲線の例(木造専用住宅)

平均寿命として残存率 50%までの年数をとると、1987 年時点における推計結果として、木造戸建住宅 38.2 年、木造共同住宅 32.1 年、RC(鉄筋コンクリート)造共同住宅 38.9 年、RC 造事務所 34.8 年、鉄骨造事務所 29.1 年という値を得ている。この結果をみて、表 1 に示した法定耐用年数との違いを意外に思われるかもしれないが、筆者としては、建物の寿命は木造や RC 造といった構造材料の種類にはあまり影響されないと考えている。耐用年数は構造材料の劣化で決まるというのはひとつの見識であるが、構造材料の劣化はそう簡単に進行するものではない。現状

は建物のもつ機能の限界や敷地条件の変化などが建物の寿命に大きく影響していると考えられる。もうひとつの調査は、東京都内の 4 つの区に建設された事務所ビルを対象としたものである(文献 9)。資料については各建設会社のご協力を得たもので、データの内容が異なるため分析の方法は先の例とは若干異なっている。図 3 は建物の延床面積別に残存率の変化の違いを見たものである。明らかに面積の大きいものが長い寿命値を示している。構造別にみると(図 4)鉄骨造の寿命が短い、これは鉄骨造に延床面積の小さなものが多いためと考えている。ここでは紹介しないが、住宅についても延床面積が大きいほど寿命が長くなる傾向があるという調査結果もある。

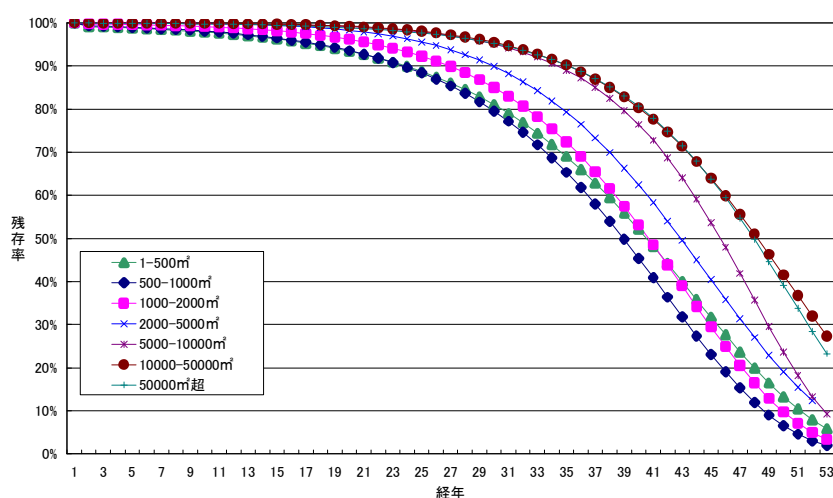


図 3 延床面積別の事務所ビル

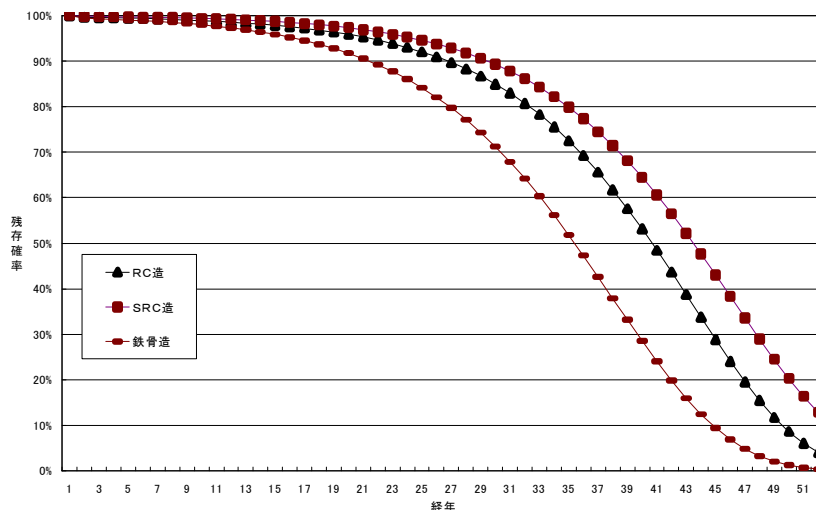


図 4 構造種類別の事務所ビル

4. LCC の課題

4.1 LCC の算定例

ひとつは 99.8 m²、平屋の木造戸建て住宅をモデルにして、部材や部品の修理(補修・交換)のみを想定して 60 年使用の場合の LCC を計算した例である(文献 8)。部品や部材の交換周期をアンケートによる実態調査に基づいて推計し、わかりにくいといわれている補修工事(リフォーム)費用を、実例に基づいて推計したものである。この場合、LCC は新築工事費の約 3.3 倍になっている。実際の場面では単純な修理だけでなく、性能向上を含めた改修工事や改装も行われるので、LCC はここに示された結果よりさらに大きな額になると思われる。もう一例は文献に掲載されている延床面積 6,494 m²、RC 造 5 階建の事務所ビルについての 60 年間の計算事例を引用したものである(文献 1)。この場合、LCC は新築工事費の約 6.1 倍になっている。

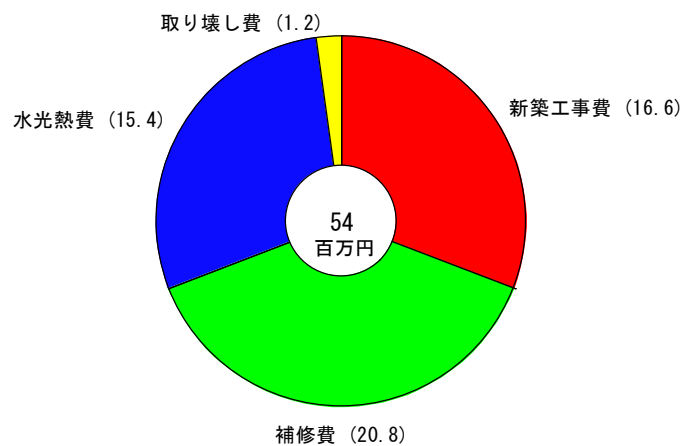


図 5 木造住宅 LCC 算定例 (60 年間)

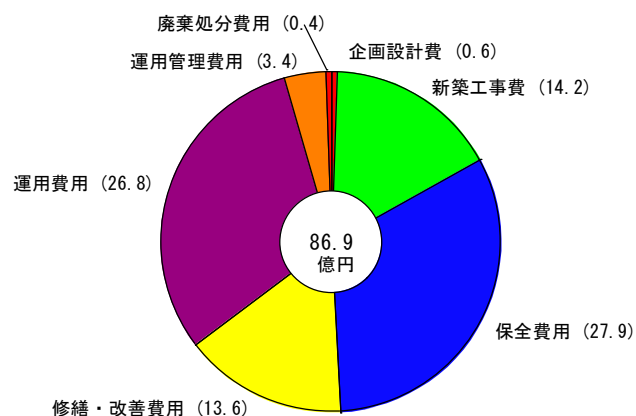


図 6 RC 造事務所ビル LCC 算定例 (60 年間)

4.2 今後の課題

LCC の計算はあくまでも将来予測である。予測である以上不確定要素が入るのはやむを得な

いが、不確定さの範囲をどの程度まで狭めていけるかが課題の一つである。設備を含めた建物の各部分についての修繕周期は、15 年とか 20 年といった 5 年の倍数で記されていることが多い。この数値が間違っているという訳ではないが、実際にその通りかといわれると答えに窮する部分がある。修繕周期が個別の建物で異なっていることは当然であり、厳密には使用している材料や機器の仕様の違いにも影響を受けるはずである。したがって一般的な修繕周期にはばらつきが内包されるものであり、本来は確率分布として示されるべきものであらうと考える。それができないのは分析に耐えるだけのデータがないことに起因している。

修繕に要する費用の算定にも課題がある。新築工事に関しては資料が充実していることは前述のとおりであるが、修繕や改修工事については残念ながらまだまだである。竣工後に行われる工事は、新築工事に比べると小規模な場合が多いこと、施工の環境や条件が厳しいことなどの理由で費用が割高になることが知られており、経験値としては新築の 2~3 割増しといわれる。しかしながら、建物の条件や工事の内容を明確にした上で積算を行うことは資料が充実すれば可能なはずであり、こうした技術の確立が急がれる。また LCC ではかなり将来のことも予測に含める必要があるが、将来の技術革新をどう予測するかということも今後は必要になるかもしれない。建築ストックを建て替えていくのではなく、リフォームやコンバージョン(用途変更)といった手法を駆使して長く使っていこうという意識が高まっているが、リフォームやコンバージョンの需要が増えると、それに対応した技術開発が進むことが当然予想される。そうなれば現在の工事費用がそのまま将来の費用であるとは考えにくく、技術革新による費用の低減を LCC の計算にどう反映させるかという課題を生じることになる。

また費用と絡むことであるが、修繕をいつ行うべきかについて予防保全と事後保全の考え方があることはすでにご承知であろう。いずれの方法が良いかは、保全に要する費用ともし故障が発生した場合の予想損失(リスク) のバランスで決定すべきだとする考え方がある。一般に予防保全の場合は、対象のチェックをきめ細かく行うことが必要で、そのための費用が大きくなる可能性があるが、故障によるリスクはほとんどなくなる。事後保全の場合は逆に調査費用等は不要となるが、故障が突然発生することによるリスクは高くなると予想される。ここで問題はリスクの評価方法であり、今のところ、この点についての研究はほとんど進んでいない状況にある。もしリスクの定量化ができなくなると、議論はこれ以上進まないことになってしまう。

清掃費など日常的維持保全費についても、その建物の管理水準を考慮したきめの細かいデータが必要となるであろう。実際に高級ブティックや高級百貨店のような建物の場合と、大学の講義室のような建物では、維持管理にかけている費用に大きな差がありそんなことは誰にでも推測できるが、具体的にその差がどの程度であるか、また内容がどう異なるかなどについてはほとんど情報はない。この部分を数値として表すためには、現状のデータを多数収集し、清掃の程度や小修繕への対応方法など、建物の管理水準を定量的あるいは定性的に表現するための客観的な尺度が必要となるが、これらについても今後の研究課題ということになる。

筆者が想像するに、建物の用途や使用予定年数によって最適な LCC のためのシナリオはかなり異なっているのではないだろうか。例えば定期借地権を活用した量販店の郊外店舗を想像し

てみる。こうした店舗は短期間で収益をあげることが目標であることが多いので、借地期間すなわち建物の使用予定を 10 年間程度とすれば、建物についてはその間は最低限のメンテナンスしかしないことが、人件費などを考慮するとベストの選択となるであろう。しかしながら客商売である以上、10 年の間に客に迷惑をかけるような建物のトラブルは避けることが必須となるため、イニシャルコストが多少上昇しても、故障が予想される設備は二重に設置しておくなどの方策が考えられる。逆に 100 年程度の使用期間を予定するオフィスビルなどであれば、設備と建物の寿命の違いを考慮すると、中途の点検保守や機器・部材の交換が必須となるので、そうした作業をいかにやりやすくしておくかということが LCC 低減の要になるであろう。やや飛躍するが、現状はほぼ一律である設計の基準が、使用期間の違いによって異なっているものではないかと考えている。例えば防災についての基準も、使用期間の短いものは大きな災害に遭遇すればそこで使用をやめるという前提で考えると、長期の使用を予定しているものとはおのずから設計の方法が異なるように思われる。特に設備と建築の関係は重要で、もし建物の寿命を設備機器の寿命と同じ程度に想定するとすれば、配管や設備機器を建築躯体に埋め込むなどしてもほとんど問題は生じないことになる。この違いは当然空間効率や新築工事費に影響するはずであり、ひいては LCC にも大きくかかわってくるように思う。

(※掲載時の文章を一部修正している)

参考文献

- 1) 建設大臣官房営繕部監修、建築物のライフサイクルコスト、経済調査会
- 2) 建築物の LC 評価指針、BELCA
- 3) 建築・設備 維持保全計画の作り方(改訂版)、BELCA
- 4) 平成 5 年 住宅統計調査、総務庁
- 5) 小松幸夫、建物寿命の年齢別データによる推計に関する基礎的考察、日本建築学会計画系論文報告集 第 439 号、日本建築学会、1992.9
- 6) 小松・加藤裕久他、わが国における各種住宅の寿命分布に関する調査報告、日本建築学会計画系論文報告集 第 439 号、日本建築学会、1992.9
- 7) 小松、住宅寿命について、住宅問題研究 Vol.16No.2、2000.6
- 8) 小松・遠藤和義、戸建住宅のライフサイクルコストの推計、日本建築学会計画系論文集 第 534 号、日本建築学会、2000.8
- 9) 小松・島津護、竣工記録に基づいた事務所建物の寿命調査、日本建築学会計画系論文集 第 565 号、日本建築学会、2003.3