報告　RC 造自治体庁舎建築物におけるライフサイクルコストの調査研究

志布　聖也[*1]・西脇　智哉[*2]・石山　智[*3]・菊田　貴恒[*4]

要旨：本研究は RC 造の自治体庁舎における建設，運用に要した費用を分析することで，RC 造建築物の LCC の傾向，さらに，土木構造物における LCC の傾向との差異を明らかにすることを目的としている。費用を建設費・光熱費・保全費・修繕費に分類し分析したところ，光熱・保全費が大きな変動を見せずに推移しているのに対し，修繕費はばらつきが大きく，大規模修繕と見られる時期に集中して費用が増加していること，また，建設費と修繕費が多くの割合を占める土木構造物の LCC に対し，建築物の LCC の場合は光熱費・保全費が大きな割合を占める傾向があることを確認することができた。

キーワード：RC 造建築物，ライフサイクルコスト，維持保全

1. はじめに

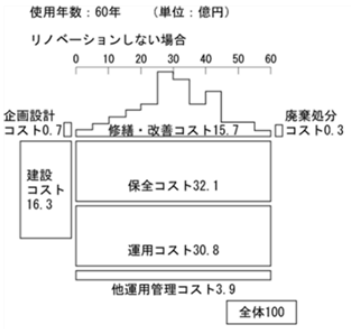
建築・土木分野におけるライフサイクルコスト（以下 LCC と呼ぶ）とは，構造物の企画・設計に始まり，竣工，運用を経て，寿命が来て解体処分するまでを構造物の生涯と定義して，その全期間に要する費用を意味する。しかし，意味は同じでも，建築物と土木構造物とでは LCC の推移や構成は大きく異なることが予想される。土木構造物の維持管理に関する既往の研究[1),2)など]によると，RC 造土木構造物の場合，構造物に起こりうる劣化を事前に予測し，劣化因子の侵入をコンクリート表面で抑制あるいは遮断する予防保全を行うことで LCC の大幅な低減に寄与する手法が一般的である。しかし，建築物の LCC を考える場合，同じ RC 造構造物であっても土木構造物の考え方をそのまま適用することは困難である。中性化や塩害・凍害に代表されるようなコンクリート躯体に生じる劣化は，建築物においても重要な管理項目であることに変わりはないが，ランニングコストとして必要となる費用の大半を，コンクリート躯体に生じる劣化への対応により支出するような建築物は現実的に考えられない。

そこで本研究では，RC 造建築物における LCC の考え方と，土木構造物の LCC の考え方を明確にすることを目的に，自治体庁舎を対象に LCC 調査を実施した。自治体庁舎は恒久的な供用が前提になっていると考えられるため，私有財産である一般の建築物よりも，トンネルや橋梁などの社会基盤構造物と比較しやすいものと考えられる。

一般的な建築物の LCC は**図－1**[3)]に示すようにイニシャルコスト（建設費など）と比較してランニングコスト（保全・運用・修繕費）が大きい。このことを前提として，調査事例を通して RC 造建築物における LCC の解析を行い，土木構造物との比較を行う。

2. 調査対象

複数の自治体から庁舎 A～庁舎 F を選定し，これら合計 6 つの自治体庁舎を対象として調査を行った。その概要を**表－2** に示す。それぞれの自治体から，庁舎建築物における運用費データおよび建設費データの提供を得て分析に用いた。運用費は**表－1** に示すように，「修繕費」，「光熱費」，「保全費」の 3 つに分類している。この分類は，提供いただいた資料の記載による。これらの各費目には，更に**表－3** に示すような細目が含まれている。また，**表－4** に入手することのできた運用費データの年数を庁舎別に示す。



図－1　中規模事務所建築物 LCC モデル[3)]

表－1　コストの分類

修繕費	外装補修，設備改修といった自治体庁舎の主な臨時的修繕にかかる費用
光熱費	電気代，ガス代，水道代等の光熱水費などの費用
保全費	法定点検，保守点検，清掃，保安，経常的修繕，植栽管理などの費用

*1 東北大学大学院　都市・建築学専攻　修士課程（正会員）
*2 東北大学大学院　都市・建築学専攻　准教授・博士（工学）（正会員）
*3 秋田県立大学　　システム科学技術学部　建築環境システム学科　助教・博士（工学）（正会員）
*4 東北大学大学院　都市・建築学専攻　助教・博士（工学）（正会員）

表－2　各庁舎の概要

庁舎	竣工年*	延床面積 [m²]	建設費 [億円]	建設費** [億円]	単位面積当たりの建設費** [千円/㎡]
A	S35	62,652	55	86	137
B	S40	37,639	19	68	181
C	S34	51,521	192	133	259
D	S61	118,800	391	433	365
E	S50	53,598	91	165	308
F	S29	48,494	***	(121)	(250)

* ここでは，増築などがある場合には現在供用されている庁舎のうち最も古いものが竣工した年を示す
** デフレータにより，実績値を現在価値に換算
*** 庁舎 F は建設費が不明なため，庁舎 A～E の単位面積当たりの建設費の平均値をそれぞれの延床面積に乗じて仮の費用を算出

表－3　費用分類一覧 [4)]

修繕費	外壁改修	空調設備改修
	屋上防水補修	冷・暖房設備改修
	窓サッシ改修	発電機改修
	玄関扉改修	受変電設備改修
	駐車場整備	照明器具改修
	構造調査・耐震診断	通信設備改修
	天井改修	厨房設備改修
	内壁改修	配水管改修
	床改修	衛生器具改修
	階段改修	貯水槽改修
	インテリア改装	防災設備改修
	エレベーター改装	その他特別事業

光熱費	電気
	ガス
	水道
	重油

保全費	警備	除雪作業
	日常清掃	電話設備保全
	水槽類点検・清掃	樹木養生
	駐車場設備保全	火災報知機設備保全
	廃棄物処理	消防用設備保全
	放送設備保全	空気環境測定
	エレベーター設備保全	衛生害虫及び鼠駆除
	自動ドア保全	昇降機設備保全
	機械設備保全	飲料水水質検査
	空調設備保全	中央監視装置保全
	電気設備保全	

表－4　各庁舎の入手データ一覧

庁舎	修繕費	光熱費	保全費
A	H1~	H19~	H19~
B	S63~	H19~	H19~
C	S53~	H19~	H19~
D	H2~	H1~	H19~
E	H10~	H15~	H15~
F	S47~	H17~	H18~

3. 分析方法

それぞれの庁舎について，得られたデータは修繕費，光熱費，保全費に分類を行い，これらの各費目データを年度ごとに整理して経年推移を求めた。また，これらの費用を単位面積あたりの費用に換算して推移を求めた。これらのランニングコストに加えて，建設費を把握し，建設後の修繕費データがそろっている庁舎の現在までの LCC モデルを作成し，合わせて考察を行う。

修繕費については建築外部，建築内部，電力設備，通信設備，防災設備，空調設備，衛生設備，搬送設備，その他（上記の分類に入らない，もしくは詳細が不明な修繕）の 9 項目に分類し，推移とその構成を求め，考察を行う。

なお，これらのデータを作る際に建設デフレータ（平成 17 年度基準）[5)]を各費用に掛けることで物価変動の影響を除いた。

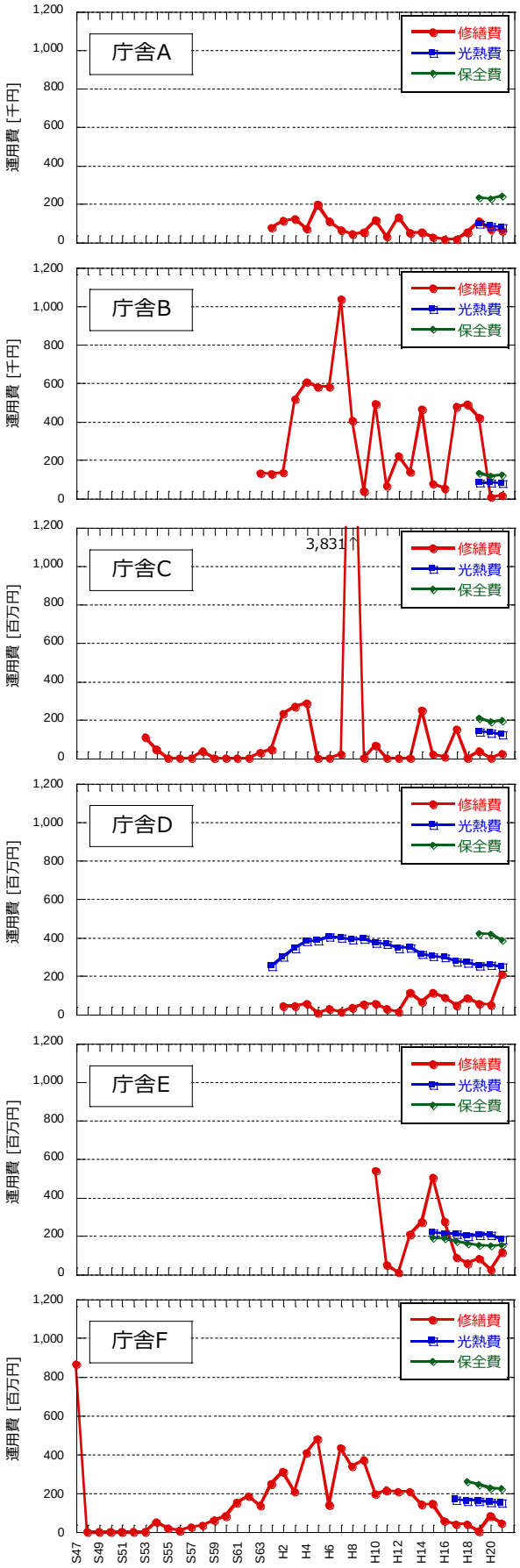
このようにして得られた自治体庁舎建築物の運用費の特徴について考察し，土木構造物事例との比較も行った。

4. 各自治体庁舎の運用費の推移

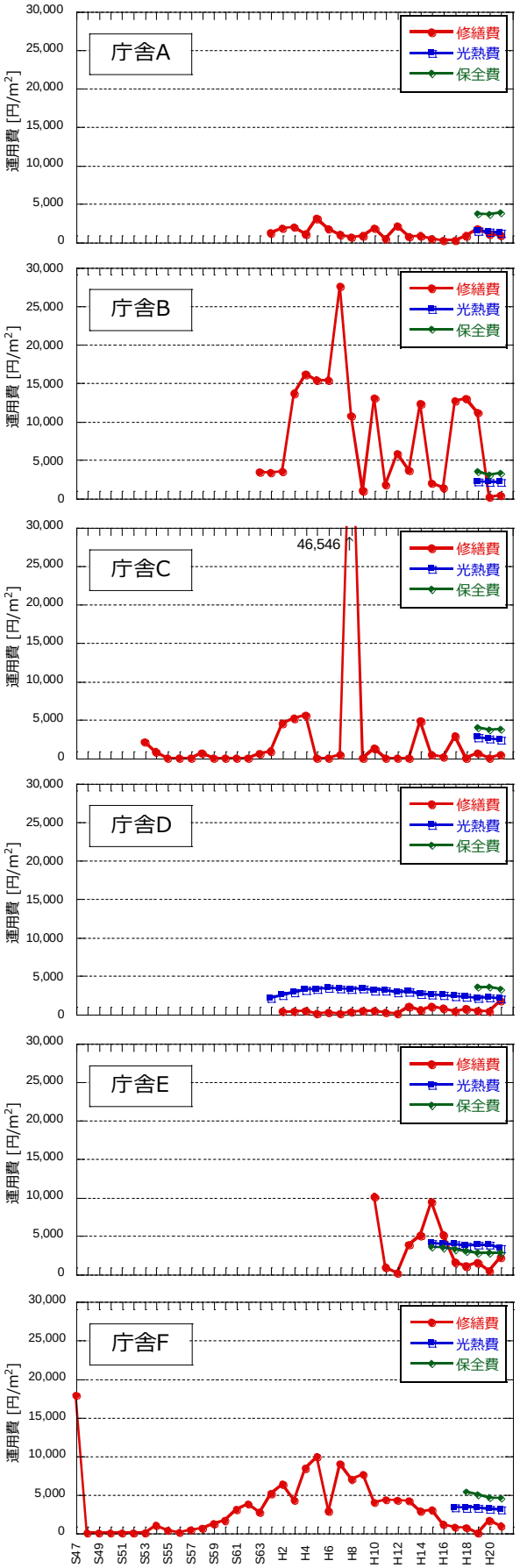
各庁舎の運用費推移を**図－2** に，各庁舎の単位面積あたりの運用費推移を**図－3** に示す。修繕費に注目すると，年ごとに費用は大きく変動している。一方で光熱費，保全費は概ね一定の金額で推移していることが確認できる。修繕費は庁舎ごとに急激に増える時期があり，特に庁舎 B，庁舎 C，庁舎 F の事例の平成元年～平成 10 年ごろに顕著に表れている。上述の庁舎の竣工年は昭和 30～40 年ごろであり，これらの傾向は築後 30～40 年経過した頃に集中している。そのため，修繕費の増加の原因は建設後の大規模改修の時期であった可能性がある。また，1990 年初頭のバブル経済の影響も考えられる。

光熱費，保全費については，庁舎 E 以外では保全費が光熱費を上回っており，保全費が光熱費よりも高くなる傾向がある。また，**図－3** の単位面積費用で比較すると光熱費，保全費に関しては庁舎ごとの差異は少ない。

次に，庁舎 B，D，F における建設費と運用費の累積コ



図－2　各自治体庁舎の運用費推移

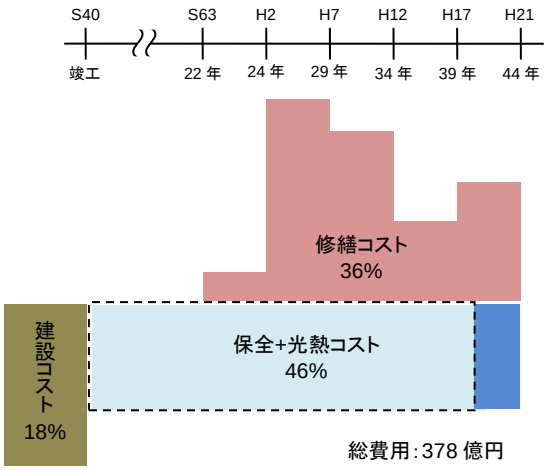


図－3　各自治体庁舎の単位面積当たりの運用費推移

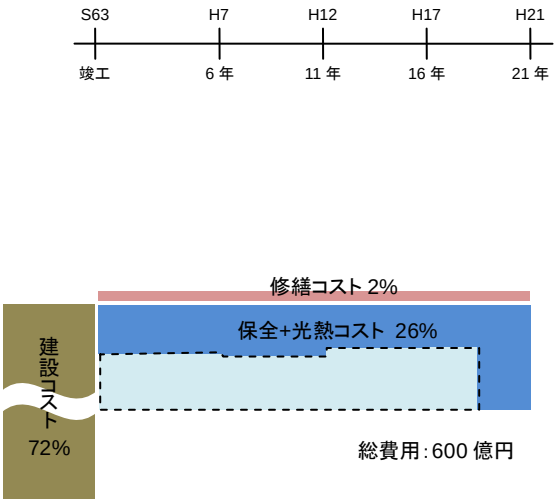
ストを用いて作成した現時点での累積コストの構成割合を図－4(a)～(c)に示す。その際，庁舎 D の光熱費については供用開始時からのデータが入手可能であったが，保全費および，庁舎 B・F の光熱費・保全費に関しては，短期間のデータのみ入手可能であったため，これらのデータ分の平均値を取り，これを代表値として毎年同様の金額が発生しているものとして，得られた平均値に使用年数を掛けて合計費用を算出した（図中の破線で囲まれた部分が仮想費用部分）。ただし，庁舎 F においては昭和 47 年に増築が行われているため，昭和 47 年以前については，全延床面積に対する増築前の延べ床面積の割合から，光熱費，保全費の平均値を換算している。また，庁舎 B の昭和 63 年以前の修繕費データも得られていないため，図－4(a)における LCC に対する修繕費の割合は，図が示す値よりも若干大きくなるものと考えられる。

図－4(b)の，庁舎 D の事例の場合は，築年数が 21 年と比較的浅く，現時点では建設コストが 7 割に達している。これは，今後予想される大規模改修をまだ経験していないためであり，今後修繕費が大きく増加する時期が現れると考えられる。この一方で，図－4(a)および図－4(c)からは，運用コストが建設コストを大きく上回っていることが分かる。

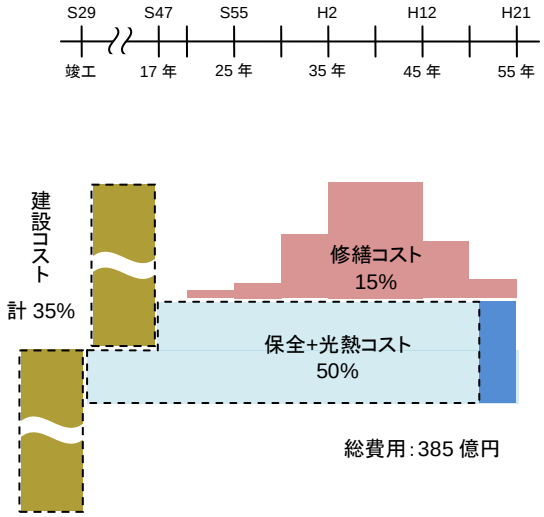
図－5 は，土木構造物の例としての，ある橋梁事例の累積コスト構成割合である。この図からは，保全コストは非常に小さく，LCC のほとんどが建設コストと補修・修繕コストに費やされているのがわかる。この事例にみられるように，橋梁の場合，建設コストと修繕コストがほとんどの割合を占めており，保全費が大きな割合を占める庁舎 B, F の事例とは大きく異なる。庁舎 D の場合，建設コストが大きく，現時点での供用年数が短いため修



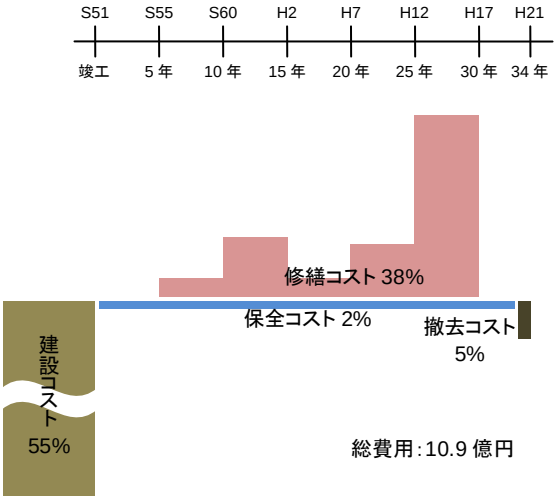
図－4(a) 庁舎 B の累積コストモデル



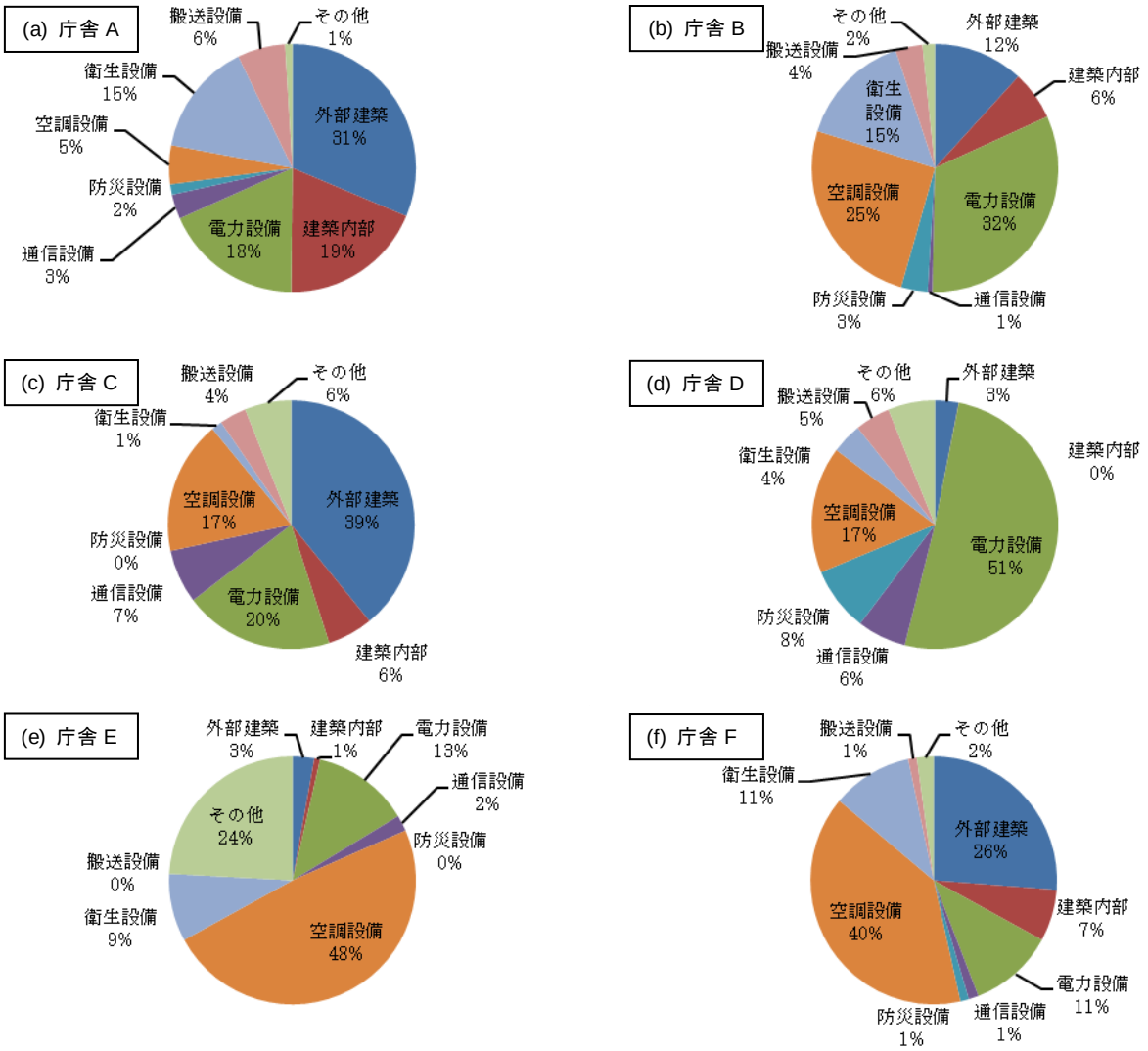
図－4(b) 庁舎 D の累積コストモデル



図－4(c) 庁舎 F の累積コストモデル



図－5 土木構造物（橋梁）の累積コストモデル



図－6　各自治体庁舎の累計修繕費の構成割合

繕費は抑えられているが，保全費は大規模改修を経験していないにも関わらず，既に 2 割以上を占めている。劣化対策が主に重視される土木構造物に対し，建築物の場合はそれに加え，建物を運営していく上での業務委託（警備・清掃・様々な設備の保守など）や，社会の要請に合わせた内装・設備の改修等が必要になるため，これだけの大きな差が表れていると考えられる。

5. 各庁舎の修繕費の構成と推移

図－6 に修繕費の全年度合計の構成割合のグラフを示す。これらの図からは，躯体そのものの改修が独立した費目にはなっていない一方で，建築工事としては内外装の改修工事が，その他に電力・空調・衛生・搬送などの設備工事が大きな割合を占めていることが確認できる。建築部分の修繕で頻繁に行われているのは屋上防水，外壁，窓サッシ部分の改修である。平成 12 年に制定された「住宅の品質確保の促進等に関する法律（品確法）」において 10 年間の瑕疵担保責任を義務付けられているが，この期間を超えて庁舎の耐用年数の全体に亘ってメンテナンスフリーとすることは現実的ではなく，適切な維持管理・更新が前提となっている。この他にも，外装タイルや塗装，各所のコーキングなどは必ずある一定の年数で改修を行わなければならない。また，例えば庁舎 A の例では内外装修繕に全体の修繕費の半分以上が，庁舎 C でも半分近くの費用が掛けられている。庁舎 C では，**図－2** でも確認できるように平成 8 年度に突出して大きい修繕費が計上されているが，この年は「窓及び外壁改修工事」と記載されている項目が全修繕費用の約 6 割を占めている。具体的には従来使用されてきたスチールサッシから，アルミサッシへと全面的な改修を行ったものと推測される。これはすなわち，建設当時（S34 年）には一般的ではなかった技術・製品が，将来的に普及して改修を余儀なくされた例であると考えられる。このように，今後新たに建築される物件においても，建設当時の最新技術を取り入れた場合であっても，将来の技術革新によって陳腐化し，大規模改修を余儀なくされるリスク

とも捉えることが出来る。例えば，近年では環境問題への対応として，空調機器は 10 年前と比較して約 40%の大幅なエネルギー効率の改善が行われており，これと歩調を合わせるように各自治体とも共通して光熱費が微減で推移している。このこと自体は歓迎されるべきことだが，更新の費用，排出 CO_2 量，そして将来の技術革新のスピードなどを勘案して更新計画を立てる必要がある。また，ごく最近の例としては平成 21 年度に庁舎 C 以外で地上デジタル放送対応の改修が行われている。

この他にも，大規模改修に踏み切らざるを得ないリスク要因として，耐震改修工事が挙げられる。今回調査した庁舎のなかで，既に耐震改修を行ったものはなかったが，平成 22 年度に改修を行っている庁舎や，耐震性能の不足を指摘され，近年中に工事の実施を余儀なくされている庁舎があることが確認されている。

土木構造物と同様に，建築物であっても RC 躯体をより耐久的なものとし，また，内装や防水を含めた外装仕上げを劣化しにくいものにしておくことで，LCC 削減を行うことには大きな意味があるが，それにもまして改修工事の際に簡易な施工で対応可能にしておくことにより得られるコスト削減効果が大きいものと考えられる。この例として，スケルトン・インフィル（SI）方式 [6]によって構造躯体とその他の部材を完全に切り分けるなど，将来対応を見据えた躯体の納まりを検討することが有効である。ここで，SI 方式とは，スケルトン（建物の構造躯体）とインフィル（間取り，内装，設備）を分離し，前者は耐震性・耐久性を重視し，後者は変化に応じた可変性を重視して計画される建築方式のことを指す。

6. まとめ

6 つの自治体庁舎を対象として，過去の補修・改修工事費，維持管理・運用費の記録を分析することで，自治体庁舎の運用時における投資の特徴を把握した。

今回の調査による，自治体庁舎における運用時のコストの特徴として，以下のことが挙げられる。

[1] 光熱費，保全費は概ね大きな変動を起こさずに推移しており，光熱費よりも保全に掛けるコストの方が大きい傾向にある。

[2] 単位面積当たりの光熱・保全費は庁舎ごとの金額の差は小さい。

[3] 修繕費は年ごとに金額が大きく変動しており，庁舎ごとに金額，推移の傾向も異なっている。しかし，竣工後 30～40 年ほど経過した時に集中して修繕工事が行われている事例が複数見られた。

[4] LCC モデルで見ると，保全・光熱費が大きな割合を占めるが，築後 20 年ほどで建設費がほかの費用を大きく上回る事例も見られた。

[5] 累積修繕費の構成を見ると，設備系の工事費が多くを占めていたが，内外装工事に半分以上の費用を費やしている事例も見られた。

土木構造物と建築物において，ライフサイクルコストという点で比較した際に大きく異なるのは運用時の保全に対する取り組みである。土木構造物は建設時の劣化対策，その後，性能低下を防ぐための定期的な保全に力を入れているが，建築物の場合，土木構造物と比較して莫大なコストを運用時の保全に対して費やしている。また，建築物は躯体と内外装，設備類が細かく組み合わされて構成されており，より性能の高い仕上げ，設備等の改修が頻繁に行われる。これは，技術革新や環境保護対策といった社会の変化に対応するために行われる場合が多々あり，建築物と土木構造物の，そのような対策を求められる速度の違いが運用時のコストに大きな差が出る要因となっている。

ただし，大規模な修繕は必ず起こっているのが現状であるため，建築物においても建設時に劣化対策に力を入れることには意味がある。多少コストは高くとも，内外装を劣化しにくい部材で構成すること，更には，将来の改修の際に巻き添え工事が起こらないように，設備類や窓，ドアなどの建具類の収まりを乾式工法等によって変更が容易にできる工夫を施すことで，将来の修繕費を抑える効果が期待できる。

謝辞

本研究は，日本コンクリート工学協会東北支部「コンクリート構造物の LCC 評価研究委員会」（委員長：岩城一郎日本大学工学部教授）の活動の一環として実施されたものである。本研究を進めるにあたり，資料提供をいただいた各自治体および管理担当者の皆さまに感謝の意を表します。

参考文献

1) 十河茂幸，竹田宣典：維持管理（3）コンクリート構造物の維持管理における対策技術，コンクリート工学，Vol.48，No.4，pp.40-45，2010.4
2) 西川和廣：道路橋の寿命と維持管理，土木学会論文集, No.501,I-29, pp.1-10, 1994.10
3) 石塚義高:建築経済学のすすめ, 経済調査会, pp.203, 1994.9
4) 建築保全センター 建設大臣官房官庁営繕部：建築物のライフサイクルコスト，経済調査会，1993.10
5) 国土交通省総合政策局　情報安全・調査課建設統計室：建設工事費デフレータ（H17 基準），2010.6
6) 建築思潮研究所・編：建築設計資料 101　SI 住宅，2005