戸建て住宅における設備のライフサイクル CO₂ 評価に関する研究 EVALUATION OF LCCO₂ CAUSED BY EQUIPMENT IN DETACHED HOUSE

小林 謙介*, 近田 智也**, 井上 隆***

Kensuke KOBAYASHI, Toshiya CHIKADA and Takashi INOUE

The objective is to clarify the influence of CO₂ emission caused by the equipment in the wooden detached house. In this study, pipings, wirings, furnishings, home electric appliances and furniture were defined as 'equipment'. The result showed that CO₂ emission related to manufacturing process of the equipment was about 20%. And with the using process of the equipment included, it was shown that CO₂ emission caused by it occupied 60-80%. In addition, depending on the specification differences in selected equipment, it was caught that the result of LCCO₂ varied within about 10%.

Keywords: Detached House, Equipment, LCA, Amount of Material, CO₂ Emission, Field Survey
戸建て住宅、設備、LCA、資材投入量、CO₂ 排出量、実態調査

1. 研究背景・目的

住宅に関わる CO₂ 排出量は、日本の全 CO₂ 排出量の約 6 分の 1 を占めると推計されており¹⁾、その影響は極めて大きい。近年では、住宅に関わる CO₂ 排出量の全体像を捉え、温暖化負荷削減に役立てるため、住宅におけるライフサイクル CO₂ 評価なども行われており²⁾、日本建築学会の建築物の LCA ツール³⁾や CASBEE⁴⁾などが開発されている。

このような LCA 評価において、設備が住宅全体に及ぼす負荷は、その多様性などから、これまで特に製造プロセス関連の負荷の把握が難しかった。一方で、近年の住宅設備は、高機能化、多機能化する傾向が見られ、製造負荷が増加していることが考えられる。加えて、1 世帯あたりの設備の保有台数は増加傾向にあることから、住宅のライフサイクルにおいて、設備に係わる環境負荷が増大している可能性が高い。そこで、CO₂ 排出量の観点から、ライフサイクルにおいて設備等が及ぼす影響を把握することを目的として検討を行った。設備を含めたライフサイクルの分析は、RC 造集合住宅については、佐藤らの報告⁵⁾などで検討されており、本研究では木造戸建て住宅を対象とした分析を行った。

具体的な検討内容は、業界団体・メーカー等へのヒアリングや資料収集を行い、設備に関わるインベントリデータを収集して設備の製造に伴う CO₂ 排出量を算出した。また、住宅全体の製造負荷における設

備が及ぼす影響を検討した。更に製造だけではなく運用・廃棄などライフサイクルにおける環境負荷評価を行い、設備の負荷が住宅全体に及ぼす影響を検討した。

住宅に設置される設備の定義は、文献や公的データにおいても様々である。そこで本研究では、給排水管、ガス管、電気配線などの「配管・配線設備」、トイレやキッチンなどの「設備機器」のような住宅建築時に設置されるもののほか、居住者により持ち込まれる、テレビ、エアコンなど「家電」、更には、応接セット、食器戸棚など「家具」の家庭生活に必要な耐久財を対象に含め、『設備等』として、これらが住宅に及ぼす負荷の分析を行った。

2. 各設備の製造に伴う負荷の検討

はじめに、住宅設備の資材投入データを収集し、製造プロセスにおける設備等の負荷を検討した。本研究では、設備を表 1 のように分類しており、後に住宅全体における設備が及ぼす負荷を検討することを考慮してデータを収集した。このため、設備の分類ごとにデータの収集方法が異なっている。以降では、配管・配線設備、設備機器、家電・家具の順にまとめた。なお、CO₂ 排出量は、収集した資材投入データ(重量)に CO₂ 排出原単位(95 年原単位)⁶⁾を乗ずることによって算出した。

* 産業技術総合研究所 LCA 研究センター 博士(工学)

** 積水ハウス温暖化防止研究所 博士(工学)

*** 東京理科大学理工学部建築学科 教授・工博

National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Dr. Eng.
Global Warming Prevention R&D Institute, Sekisui House, Ltd., Dr. Eng.
Prof., Dept. of Architecture, Tokyo Univ. of Science, Dr. Eng.

表1 対象とする設備の分類と概要

設備種類	調査方法	データ	品目の例示
施工時に設置されるもの	配管・配線設備	30棟の実在プランを元に算出	部品別 給水管、排水管、給湯管、ガス管、電気配線、換気設備
	設備機器	関係メーカー7社にヒアリング	部品別 便器、化粧台、キッチン、浴槽、ユニットバス、給湯器
居住者によって持ち込まれるもの	家電4品目	メーカー公表データ ⁷⁾ 、廃家電の調査 ⁹⁾	部品別 テレビ、冷蔵庫、洗濯機、エアコン
	その他家電	メーカーカタログ調査	電気こたつ・ストーブ、除湿機、空気清浄機、加湿器、扇風機、IHクッキングヒーター、ガスコンロ、電子レンジ、炊飯器、食器洗い乾燥機、生ゴミ処理機、電気ポット、コーヒーマーカー、電気なべ、DVDプレーヤー、ステレオセット、ゲーム機、パソコン・周辺機器、電話・FAX、浴室・衣類・布団乾燥機、電気掃除機、ミシン、アイロン、照明機器、電球・蛍光灯など
	家具		
		全体重量	食卓セット、応接セット、食器戸棚、掛・置時計、カーテン、ブラインド、ベッド、布団、他の寝具類、たんす、棚

2.1 配管・配線設備

(1) 検討概要

「配管・配線設備」は、給水・排水・ガス・給湯管、コンセント・テレビ・電話などの電気配線設備がある。これらの資材使用量は住宅ごとに異なる。このようなことから、配管・配線設備については、住宅の基本的な情報から使用量や負荷を把握する簡易推計式を構築し、重量やCO₂排出量の分析を行った。このため、表2に示す30棟の実在する住宅のプランをもとに、配管・配線設備の使用長さ・重量・CO₂排出量を分析した。実際の建物における配管・配線設備の長さは、プランや道路との位置関係が同じであっても、施工現場における作業性などによって異なる場合がある。このため、このような不明確な条件を省き、理想的な統一条件の下で、実態値は用いずに表3～6に示す統一条件のもとで、設計図書から資材の重量を拾った¹¹⁾。このほか、公共埋設管との境界は、建物から1mまでとした。なお、配管・配線の種類は、ヒアリングに基づき、現在一般的に使われているものを設定した。

(2) 検討結果

図1～3は、「配管・配線設備」の長さ、重量、CO₂排出量に関する30棟の推計結果を示す。

①長さ(図1) 電気の配線が圧倒的に長く、180～340m程度の住宅が多かった。また、住宅による差も大きく、一因として各室に要求されるコンセントや照明などの電気設備の個数などの差異が影響していると考えられる。配管設備は給水管が40～80m程度、排水管が30～60mとなる住宅が多く、両者の間に極端な差は見られなかった。また給湯管は大部分が10m台だった。給湯管は風呂や台所などの位置を考慮して設置されるため、長さが短く、ばらつきも小さくなったと考えられる。

②重量(図2) 排水管は90～160kg程度、配線設備は80～130kg程度のものが多かった。一方で給水管は10～30kgが多く、排水管とは極端な差異が見られた。この要因には、排水管は給水・給湯管に比べて配管管径が大きく単位長さあたりの重量が大きいことが挙げられる。

③CO₂排出量(図3) 490～870kg・CO₂となる住宅が多かった配線設備が大きく、次いで排水管(210～370kg・CO₂が多い)が大きくなった。配線は他の配管と比べて、値の大きい「電線・ケーブル」の原単位を用いていることが影響している。

(3) 簡易推計式の構築

配管・配線設備は「一式」として見積もられることがあり、この場合、住宅に投入される資材重量を把握することが困難となる。このため、上記の推計結果を基に、建物の規模・形状を表す情報(各階/延床

表2 検討対象住宅の概要

対象	単位	平均	最大	最小
床面積	延面積	m ²	169.87	338
	1階床面積	m ²	94.73	165
	2階床面積	m ²	76.79	141
周長	建物外周長	m	82.26	134
	1階外周長	m	43.27	62
	2階外周長	m	37.76	55
部屋数(浴室・トイレ等も含む)	室	7.90	12	6
浴槽	個	1.07	2	1
便器	個	1.97	3	1
洗面台	個	1.50	2	1
キッチン	個	1.07	2	1

表3 配管設備に関する設定条件

設備の種類		給水管		排水管		給湯管		ガス管		対象建物における設置箇所数	
口径/立上り高さ		口径	立上り高さ	口径	立上り高さ	口径	立上り高さ	口径	立上り高さ	箇所数	
単位		-	m	-	m	-	m	-	m	箇所	
通気排水	洋風便器	20A	0.8	75A	0.5					1～2	
	洗面器	20A	0.8	40A	0.5	20A	0.8			1～2	
	洗濯流し	20A	0.8	50A	0.5					1	
	浴室(シャワーセット)	20A	1.5	50A	0.5	20A	1.5			1～2	
	食堂							15A	0.5	1	
	屋外散水栓	20A								1～2	
	小便器	20A	1.5	50A	0.5					1	
	手洗器	20A	0.8	40A	0.5					1～2	
	洗濯機パン	20A	1.5	50A	0.5					1	
	台所流し	20A	0.8	50A	0.5	20A	0.8	15A		1～2	
給湯器	20A	1.5			20A	1.5	20A	1.5	1		
備考(材質など)		耐衝撃性硬質塩化ビニル管(HiVP)			硬質塩化ビニル管(VP)		断熱被覆銅管		配管用炭素鋼管(白ガス)		-

表4 設備設置箇所数の概要

設備の種類	設置箇所数[箇所]
洋風便器	1～2
洗面器	1～2
洗濯流し	1
浴室(シャワーセット)	1～2
食堂	1
屋外散水栓	1～2
小便器	1
手洗器	1～2
洗濯機パン	1
台所流し	1～2
給湯器	1

表5 配線立上りの設定

名称	FLからの取付け高さ[m]
一般コンセント	0.30
クーラー用コンセント	2.00
電話受け口	0.30
テレビ受け口	0.30
スイッチ	1.25
分電盤	2.00
照明(壁付)	2.50

表6 本検討で用いた配線設備の材質

配線名	配線の内容
コンセント他配線	600Vビニル絶縁ビニルシースケーブル平形(VVF)
テレビ配線	編組同軸ケーブル(S-5C-FB)
引込み線	ケーブル(VVR)
インターホン配線	ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル(AE)
電話配線	SDワイヤー(1CT)

面積、各階/延外周長、部屋数)を説明変数とした回帰式の作成を試みた。最大2因子を説明変数として、様々な組合せについて重回帰分析を行った。

本検討において、最も高い相関が得られた結果を表7に示す。給水管、排水管、ガス管については、床面積や外周長に関する説明変数を

図1 配管・配線長さの検討結果

図2 配管・配線重量の検討結果

図3 配管・配線製造に伴う
CO₂排出量の検討結果

用いた場合に相関が高かった。電気配線は規模（延面積）のほか、設置される部屋数にも影響される結果となった。給湯管は最も相関が高く0.68程度であった。給湯管は供給する位置を考慮して設置されるため、規模・形状・部屋数など今回検討した建物規模に関する因子との相関が低かったと考えられる。

2.2 設備機器

(1) 検討概要

「設備機器」に関する検討では、住宅に用いられる設備のうち、表8に示す、便器、浴槽、化粧台、キッチン、給湯器を対象とした。各設備機器の資材投入データは、メーカー7社に情報提供依頼を行い、延べ30製品について製品を構成する部品ごとの重量データを得た。なお、設備には仕様の異なる様々な商品があるが、ここではまずカタログなどを基に標準的な仕様を選び、これにサイズや付属品などの種類を変えたものを加えて調査対象とした。得られた情報は、例えば便器であれば、便器・タンクなどの「本体」と、手洗いカウンターやキャビネットなどの「付属品」に分類し、それぞれに属する部品の重量を積算することで資材投入量を求めた。更に、材質やサイズなどが同じ分類に該当するデータが複数得られた場合は、それらの値を平均した（表8におけるN数は平均したサンプルの数を示す）。なお、ここでは、設備本体と付属品のみを対象とし、室の躯体や内装などは含まないこととした。

(2) 検討結果

以上の作業により得られた「設備機器」の重量およびCO₂排出量を表8および図4に示す。

①便器 本体の重量は仕様によって異なり、30～50kgとなった。その大部分はCO₂排出原単位の大きい陶器が占めた。このためCO₂は430～650kg-CO₂程度と、他の設備に比べて大きな値となった。加えて手洗いカウンター、キャビネットなどの付属品を含めると、重量、CO₂共に負荷が大幅に増大することもあり得ることが確認された。

②浴槽 人造大理石の浴室（B1～B4）の場合、重量はサイズによって差異があるものの、おおむね便器と同程度となった。ただしCO₂排出量は原単位が小さいことから半分以下の値となった。ホーロー製の浴槽（B5）は、重量こそ140kgと人造大理石製に比べて非常に大きいものの、CO₂は小さくなった。また、水栓などの付属品は、重量、CO₂ともに小さかった。

③化粧台 洗面化粧台本体は、重量で約40kg、CO₂で約150kg-CO₂となった。ただし、今回の調査では、原単位の大きい陶器製の洗面本体の重量が得られなかったため、CO₂の換算は「木製家具・

表7 配管・配線に関する推計式

対象	評価項目	評価項目の単位	説明変数		係数			決定係数
			x1	x2	b0	b1	b2	
給水管	長さ	m/棟	1階床面積	外周	-0.47	0.16	0.58	0.84
	重量	kg/棟	1階床面積	外周	0.44	0.06	0.18	0.84
	CO ₂	kg-CO ₂ /棟	1階床面積	外周	1.03	0.14	0.43	0.84
排水管	長さ	m/棟	1階床面積	外周	-2.04	0.13	0.47	0.75
	重量	kg/棟	外周	—	-10.98	1.63	—	0.72
	CO ₂	kg-CO ₂ /棟	外周	—	10.89	0.11	—	0.72
ガス管	長さ	m/棟	外周	—	-12.40	0.51	—	0.77
	重量	kg/棟	外周	—	-25.75	1.02	—	0.75
	CO ₂	kg-CO ₂ /棟	外周	—	-35.81	1.42	—	0.75
給湯管	長さ	m/棟	延面積	—	6.90	0.07	—	0.69
	重量	kg/棟	延面積	—	4.60	0.05	—	0.69
	CO ₂	kg-CO ₂ /棟	延面積	—	10.89	0.11	—	0.69
電気配線	長さ	m/棟	延面積	部屋数	29.20	0.82	11.64	0.65
	重量	kg/棟	延面積	部屋数	12.85	0.33	4.27	0.75
	CO ₂	kg-CO ₂ /棟	延面積	部屋数	83.83	2.17	27.87	0.75

*推計式は次のように表される $f(x1, x2) = b_0 + b_1 \cdot x1 + b_2 \cdot x2$
 $f(x1, x2)$: 配管・配線の長さ・重量・CO₂排出量 $x1, x2$: 説明変数 b_0, b_1, b_2 : 係数

表8 対象とした設備機器の分類と収集データのまとめ

設備	番号	対象	構成	N数	重量 [kg]	CO ₂ 量 [kg-CO ₂]
便器	本体	T1 便器(洋風・タンク付)	便器(陶器)、タンク(陶器)、機能部(金属)	1	47.0	648.1
		T2 便器(和風・タンク付)	便器(陶器)、機能部(金属)	1	33.8	487.6
		T3 便器(洋風)	便器(陶器)、機能部(金属)	2	40.4	429.7
	付属品	T4 トイレ付属品	手洗いカウンター(木)、キャビネット(木)	2	77.1	403.7
浴槽	本体	B1 浴槽(1100)	浴槽(人造大理石)	1	38.0	172.7
		B2 浴槽(1200)	浴槽(人造大理石)	1	53.0	240.9
		B3 浴槽(1400)	浴槽(人造大理石)	1	47.0	213.7
		B4 浴槽(1600)	浴槽(人造大理石)	1	29.0	131.8
		B5 浴槽(1600)	浴槽(ホーロー)	1	140.0	11.2
	付属品	B6 水栓	水栓、シャワー水栓(配管工事)	1	5.3	17.6
		B7 水栓(シャワー)	水栓(シャワー)	1	4.0	13.1
	全体(本体・付属品)	B8 ユニットバス(1600)	浴槽(FRP)、壁・床(FRP、石膏ボード)、ドア(アルミ)、水栓	2	330.9	748.1
化粧台	本体	W1 化粧台本体	洗面化粧台本体(木)	5	41.0	153.8
	付属品	W2 キャビネット(開口1m以下)	キャビネット(木)	2	23.0	86.3
		W3 キャビネット(開口2m以下)	キャビネット(木)	2	150.0	559.8
キッチン	本体	K システムキッチンI型2700開口	天板(ステンレス)、キャビネット(ホーロー)、鉄	1	289.0	402.7
給湯器	本体	G ガスふろ給湯器(24号)	給湯器(鉄、銅、ステンレス、アルミ、プラスチック、陶器)	1	36.0	73.3

装備品」の原単位を用いた。このため、実際のCO₂排出量は更に大きくなる可能性がある。

④キッチン 重量、CO₂ともに比較的大きな値となった。今回の調査対象は、キャビネットがホーロー製であったため、木材など他の素材の場合は本結果に比べて重量が小さくなるが、CO₂排出量は大きくなると考えられる。

⑤給湯器 給湯器は重量で約40kg、CO₂で約70kg-CO₂となり、銅や鉄の影響が大きかった。

3.2 住宅の建設（製造）負荷における設備の影響

資材投入量（図8）は住宅全体で64～100t/棟となり、設備等は2.7～3.6t/棟と全体の2.3～4.4%程度を占めた。一方CO₂排出量（図9）は住宅全体で52～103t-CO₂/棟となり、この内設備等は13～19t-CO₂/棟で、全体の15～21%と比較的大きい割合となった。

設備等のみに焦点をあて、種類ごとの内訳を示した結果を図10、11に示す。これらの結果から「配管・配線設備」が約1割を、残りの9割を「設備機器」、「家電」、「家具」が概ね等分ずつ占めることがわかる。また、「配管・配線設備」、「設備機器」といった建物に組み込まれる設備以上に、居住者により持ち込まれる「家電」、「家具」の割合が大きいこともわかる。

住宅間で比較すると、「配管・配線設備」と「設備機器」は設置数量にほとんど差異がないため、重量、CO₂排出量共に差は見られないが、住宅によって設置台数・種類・仕様が異なる「家電」、「家具」には顕著な差が見られ、本試算における差異は最大で1.5倍程度となった。

3.3 住宅のライフサイクルにおける設備の影響

次に住宅の建設（製造）、居住（運用）、改修（更新）、廃棄段階（ライフサイクル）に関わる負荷の検討を行った。本検討では、住宅寿命

を30年と設定した。また、内外装、設備等の耐用年数を複数の文献調査⁹⁻¹⁴⁾から設定し、住宅寿命を除くことでその更新回数を求めた。運用段階のエネルギー消費量については、家庭エネルギー統計年報2002¹⁵⁾の全国平均を、廃棄段階の負荷には筆者らの調査結果¹⁶⁾を用いた。

図12、13に、ライフサイクルにおける資材投入量、CO₂排出量を示す。資材投入量は全体で2.2～3.5t/棟・年、設備等はこの内の6～10%を占め、建設時のみの結果（図8）に比べて割合が大きくなった。内訳は、製造負荷よりも更新負荷が大きくなった。

CO₂排出量では、全体が7.4～9.6t-CO₂/棟・年となり、設備等

表9 対象とした住宅の概要

物件名	W01	W02	W03	W04	W05	W06	W07
延床面積 [㎡]	164	141.5	175.69	165.36	175.558	156.54	154.26
1階床面積 [㎡]	97	60.5	107.72	91.87	96.06	96.06	91.62
2階床面積 [㎡]	67	81.1	76.7	73.49	79.498	68.87	62.64
外周 [m]	77	72	92	82	87	74	80
間取り	4LDK	7DK	4LDK	4LDK	1LDK×2	4LDK	5LDK
便所 [箇所]	2	2	2	2	2	2	2
洗面所 [箇所]	2	2	2	2	2	2	2
浴室 [箇所]	1	1	1	1	1	1	1
台所 [箇所]	1	1	1	1	2	1	1
家電台数 [台]	48	45	50	49	58	49	60
家具台数 [台]	27	37	29	32	35	34	44
構法	※全て木造在来軸組構法

はこの内の27～45%と非常に大きな割合を占めた。これに運用段階の設備によるエネルギー消費分を加えると、設備等のハードの割合は13～20%程度となり、エネルギー消費までを加えた設備全体では6～8割と非常に大きくなった。

設備等のみの検討(図14、15)では、重量で204～293kg/棟・年、CO₂排出量では1.1～1.9t-CO₂/棟・年となり、住宅の違いにより重量で約1.5倍、CO₂排出量で約2倍程度の差異が見られた。特に「家具」の更新負荷の差が大きく、最大のW06と最小のW04では、重量で1.4倍、CO₂排出量で1.5倍程度となった。

耐用年数の比較的最長い「配管・配線設備」や「設備機器」は住宅寿命として設定した30年間では更新されない場合もあるため、更新よりも製造負荷が大きくなった。一方、「家電」や「家具」は耐用年数が短く、30年間で更新が複数回行われる機器が多く、更新負荷が製造時の2～3倍程度となった。

このように、耐用年数が短い設備は、更新が複数回行われるため、製造時に負荷が小さくてもライフサイクル全体では割合が増える可能性がある。環境負荷の小さい設備を検討する上では、ライフサイクル全般を考える必要がある。

3.4 LCCO₂において設備の製造負荷の差異が及ぼす影響

第2節の設備ごとの負荷の検討では、同じ機能を果たす設備であっても、投入資材によって、すなわち選択される設備の仕様によって、負荷が大きく異なる場合があることを示した。そこで、ライフサイクルにおいて設備の仕様の差異が負荷全体に及ぼす影響について検討した。

設備等の選択の差異が住宅全体のライフサイクルにおけるCO₂排出量に及ぼす影響の違いを図16に示す。図中の「最大」、「最小」はすべての設備等において、それぞれの設備の製造負荷が最大・最小となるものを選んだ場合の結果である。これより、設備の選択の違いがライフサイクルに最大1割程度の差異をもたらす可能性があることがわかる。

図17は設備等のみに着目した結果である。設備等の製造プロセスにおける最大と最小の両ケースの間では倍・半分の差異が見られた。特に交換回数が多い「家電」や「家具」の更新の影響が大きかった。

図16 設備の負荷の差異が住宅全体に及ぼす影響

図17 設備の製造負荷の差異

3) ライフサイクル(製造・運用・改修・廃棄)における設備が住宅全体に及ぼす影響について検討し、重量で数%から1割程度、CO₂排出量では1～2割程度となることを捉えた。またCO₂排出量において設備の仕様に伴う運用負荷を含めると設備に起因する負荷は住宅全体の6～8割を占めることを示した。また、設備の製造負荷の差異がCO₂排出量に及ぼす影響について検討を行った。その結果、設備の製造負荷は、選択される設備の仕様によって、住宅のライフサイクル全体に最大1割程度の違いをもたらすことを捉えた。

以上のように、本研究では、木造戸建て住宅に用いられる設備について、住宅建築時に設置される配管・配線設備、設備機器のほか、居住者が持ち込む家具や家電までを対象として、設備が住宅全体に及ぼす負荷を捉えた。製造プロセスにおける設備に起因する負荷は、これまで不明な部分が多かったが、製造プロセス、また、住宅のライフサイクルにおいてCO₂排出量で2割程度を占め、無視できない割合を占めている。その内訳は、配管・配線設備や設備機器も大きな割合を占めるが、家電や家具の占める割合も大きい。また、設備の使用(運用)に伴う負荷を含めると、ライフサイクルにおいて設備に起因する負荷は6～8割を占める。更に、これらの負荷は、設備の仕様によって影響を受ける。このようなことから、設備起因の負荷削減のためには、ライフサイクル全体で評価を行って負荷削減方策を講ずることが重要である。

謝辞 本研究を行うに当たり、当時東京理科大学大学院生であった長岐淳君、当時卒業生であった高橋正明君、林紳哉君には多大なるご協力を頂きました。記して深謝いたします。またデータの

提供に応じて頂いたメーカー・団体の皆様に感謝の意を表します。

注

注1) 検討対象には、全電化住宅2棟、電気温水器を用いた住宅が6棟あり、これらによってガス・給湯設備が不要或いは著しく資材投入量が小さい建物がある。このようなことからガス・給湯管の検討においては、これら8棟を検討対象から除外し、22棟で検討した。

参考文献

- 1) 伊香賀俊治；サステナブルな建築・都市づくりのあり方、日本学術会議 50周年記念、第14回環境工学連合講演会公演論文集、pp.85-92、1999.1
- 2) 近田智也ら；住宅に係る地球温暖化影響の全体像、日本建築学会 総合論文誌 No.1、pp.55-61、2003
- 3) 建物のLCAツール、日本建築学会 地球環境委員会 LCA指針小委員会、2006.6
- 4) 建築物総合環境性能評価システム (CASBEE)、(財)建築環境・省エネルギー機構 (IBEC)
- 5) 佐藤正章ら；資源循環性の評価機能を持つLCAツールの概要 建物の資源循環性評価手法の開発 その1、日本建築学会技術報告集 第22号 p.341、2005.12

- 6) 建物のLCA指針、日本建築学会 地球環境委員会 LCA指針小委員会、2003
- 7) (社)日本電機工業会 家電製品環境情報、(社)日本電機工業会 (<http://www.jema-net.or.jp/>)
- 8) 家電リサイクル年次報告 平成16年度版、(財)家電製品協会、2005.7
- 9) 有形減価償却資産の法定耐用年数、財務省令
- 10) 消費動向調査、内閣府、平成16年3月
- 11) 建物のLC評価用データ集 (改定第3版)、建築・設備維持保全推進協会、2002.4
- 12) 建築物のライフサイクルコスト、経済調査会、2000.5
- 13) 修繕方式の標準、耐火建築物の維持保全に関する研究、日本建築学会建築経済委員会、1955
- 14) 家電産業ハンドブック 平成16年版、(財)家電製品協会
- 15) 家庭用エネルギー統計年報2002年版、住環境計画研究所、2004
- 16) 小林謙介ら；実態調査に基づく建設廃棄物における異物の性状と影響に関する研究 ～ コンクリート塊・木くずを対象として ～、日本建築学会環境系論文集 No.600、2006.2

(2006年7月10日原稿受理、2006年9月5日採用決定)