事務所ビルの設備のライフサイクル環境負荷原単位

LCI DATA ON ELECTRICAL AND MECHANICAL FACILITIES OF OFFICE BUILDINGS

伊香賀 俊治*, 外岡 豊**
Toshiharu IKAGA and Yutaka TONOOKA

Environmental burdens through building life cycle are induced by almost all industries such as raw material manufacturers, fabricators, traders and other service industries. Better way to carry out LCA of building practically is to develop LCI data based on the input-output table and other statistical data. This paper describes LCCO₂, LSCO_x, LCNO_x and LCE on office building facilities based on the 1990 Input-Output Table of Japan and other statistical data. This simplified LCA method and its database are useful for designers to reduce environmental burdens for sustainable society.

Keywords: Input-Output Table, Life Cycle Assessment, Environmental Burden, Building Facility
産業連関表、ライフサイクルアセスメント、環境負荷、建築設備

1. はじめに

建築物は、多種多様な製品とサービスによって建設・運用される一品生産品である。このため、大量生産される他の工業製品のように、詳細なライフサイクルアセスメント (LCA: ISO14040s - 1997.6) を実施することは時間的にも経済的にも困難であり、設計初期段階に使える実用的な LCA 手法と環境負荷原単位の整備が求められている。そのための有力な手法のひとつとして、産業連関表¹⁹⁾等の統計データを応用した研究が、岡^{4),6),16)}、酒井¹⁰⁾らにより取り組まれてきた。筆者らも 1990 年度より始まった日本建築学会「建築と地球環境特別研究委員会」での活動を契機として、1985 年および 1990 年産業連関表等を利用した環境負荷原単位の整備に取り組んできたところである¹⁻³⁾。ISO14040 規格では、LCA の検討目的とそれに見合った境界条件の明示を求めており、建築関連資機材の環境負荷原単位が、国内分/海外分、消費支出分/固定資本形成分、生産段階分/流通段階分/最終消費段階分など、境界条件別に整理されていることが望ましい。また、建築・設備の詳細仕様が決まっていない設計初期段階に、実用的な LCA を実施するために、建物用途別・規模別工事実績統計²³⁾、産業連関表等の各種統計データを利用した標準的な電気・空調・衛生・昇降機設備の LCCO₂、LSCO_x、LCNO_x、LCE 原単位が整備されていることが有用と考えた。

本報では、事務所ビルを対象として、これらの分析方法と結果を報告する。

2. 環境負荷原単位の作成方法

2.1 国内と海外の環境負荷原単位

1990 年の 405 産業部門別直接環境負荷ベクトル **E** (405 列) には、本藤・外岡・内山のデータ¹⁴⁾ (CO₂、SO_x、NO_x、エネルギー) を利用した。また、国産品に置き換えると誤差が大きい 5 品目 (原油、LNG、石炭、アルミ地金、鉄鉱石) については海外での直接環境負荷ベクトル **ε_m** を与え、それ以外の部門については、輸入品を国産品に置き換えることとし、(1)式で、生産者価格あたり環境負荷原単位を算出した。なお、(1)式の第 1 項が国産財の環境負荷を、第 2 項が国産財と仮定した輸入財の環境負荷を、第 3 項が国産品と仮定しない輸入財 (原油、LNG、石炭、アルミ地金、鉄鉱石) の環境負荷を表している。

$$\begin{aligned}\epsilon_d &= E [I - (A_d + A_m)]^{-1} + \epsilon_m A_m' [I - (A_d + A_m)]^{-1} \\ &= E (I - A_d)^{-1} \\ &\quad + E \{ [I - (A_d + A_m)]^{-1} - (I - A_d)^{-1} \} \\ &\quad + \epsilon_m A_m' [I - (A_d + A_m)]^{-1}\end{aligned}\quad (1)$$

* 東京大学生産技術研究所 助教授・工修

** 埼玉大学経済学部社会環境設計学科 教授・工博

Assoc. Prof., Institute of Industrial Science, University of Tokyo, M. Eng.
Prof., Dept. of Social Environment Planning, Faculty of Economics, Saitama University, Dr. Eng.

ε_d : 生産者価格あたり環境負荷原単位ベクトル (1×405)

E : 国内生産額あたり直接環境負荷ベクトル (1×405)

ε_m : 輸入財の生産者価格あたり直接環境負荷ベクトル (1×405)

A_d : 国産財投入係数行列 (405×405)

A_m : 国産財と仮定しない輸入財の投入係数行列 (405×405)

A_m : 国産財と仮定した輸入財の投入係数行列 (405×405)

I : 単位行列 (405×405)

1990 年産業連関表の取引基本表は、527 行×411 列の長方形行列であるため、部門統合を行って 405×405 部門の正方向行列とした。また、屑、副産物をマイナス投入のままとしておく、非現実的な誘発が生ずることになるため、これらの取引はないものとした。

2.2 固定資本形成に伴う環境負荷

製品やサービスを生み出すためには、原材料や加工・運搬エネルギーなど毎年の消費支出分のほかに、数年～数十年にわたって使い続けられる生産設備や建物等の固定資本が必要である。ある年（例えば 1990 年）の製品の製造・流通には、その年以前に、毎年形成されてきた固定資本が寄与しているので、同じ年（1990 年）の固定資本形成マトリックスを代表させて利用するという点では理論的には問題があるが、固定資本マトリックス(公的、民間)を利用し、便宜的に製品・サービスの生産に必要な固定資本(耐用年数 1 年以上かつ購入価格 20 万円以上の建物、生産設備等)分を含めた。特定の産業部門に割り付けるのが適当でないと考えられる道路、住宅、環境衛

表 1 購入者価格あたり環境負荷原単位 (1990 年産業連関表を利用、資本形成含む、海外波及含む)

行コード	行部門名称	購入単価 (円/kg)	単位	エネルギー消費原単位 (MJ/千円)		CO ₂ 排出原単位 (kg-CO ₂ /千円)		SO _x 排出原単位 (g-SO ₂ /千円)		NO _x 排出原単位 (g-NO ₂ /千円)	
				生産段階	流通段階	生産段階	流通段階	生産段階	流通段階	生産段階	流通段階
2072011	塗料	428.713	円/kg	81.533	5.101	5.355	0.335	7.232	0.580	12.122	1.225
2079021	ゼラチン・接着剤	407.340	円/kg	99.354	3.473	6.336	0.227	8.275	0.427	12.912	0.918
2211011	プラスチックフィルム・シート	501.285	円/kg	75.472	4.013	4.695	0.263	6.472	0.466	10.105	0.988
2211012	プラスチック板・管・棒	613.407	円/kg	79.372	2.980	4.937	0.196	6.805	0.379	10.626	0.819
2211013	プラスチック発泡品	656.980	円/kg	77.024	3.604	4.791	0.236	6.605	0.432	10.312	0.919
2211015	強化プラスチック製品	991.877	円/kg	77.138	3.348	4.797	0.217	6.614	0.371	10.327	0.775
2511011	板ガラス	203.825	円/kg	73.947	6.148	4.598	0.404	7.546	0.787	16.195	1.704
2512011	ガラス繊維・同製品	410.713	円/kg	94.109	4.848	5.798	0.319	7.564	0.686	15.954	1.524
2521011	セメント	13.678	円/kg	320.304	25.353	59.669	1.716	16.030	6.064	114.672	14.092
2522011	生コンクリート	6.860	円/kg	115.022	9.968	17.182	0.659	8.750	1.218	39.698	2.613
2523011	セメント製品	23.930	円/kg	72.504	7.391	7.700	0.488	6.876	0.917	19.113	1.972
2531011	建設用陶磁器	266.387	円/kg	58.447	5.387	3.626	0.355	4.698	0.620	7.295	1.313
2621011	普通鋼形鋼	71.090	円/kg	272.569	4.923	17.997	0.327	34.499	0.908	70.121	2.065
2621014	普通鋼小棒	61.325	円/kg	282.628	4.250	18.661	0.284	35.771	0.864	72.709	1.990
2622011	普通鋼鋼管	112.637	円/kg	189.868	4.589	12.593	0.306	21.941	0.885	43.432	2.025
2622012	特殊鋼鋼管	212.810	円/kg	185.056	5.060	12.273	0.335	21.387	0.916	42.331	2.078
2623011	冷間仕上鋼材	115.465	円/kg	200.655	4.359	13.222	0.291	24.412	0.872	45.851	2.002
2623021	めっき鋼材	117.415	円/kg	150.656	5.339	10.195	0.354	16.378	0.934	30.080	2.112
2631021	鋳鉄管	241.598	円/kg	121.370	4.763	9.478	0.317	12.451	0.895	19.639	2.043
2631031	鋳鉄品	227.362	円/kg	166.574	4.399	14.421	0.292	18.938	0.873	28.152	2.007
2711021	鉛(はんだ)	260.436	円/kg	118.441	2.456	10.514	0.161	12.867	0.318	14.701	0.688
2721011	銅電線	1601.476	円/kg	67.461	3.629	4.243	0.240	10.406	0.464	10.151	1.002
2721012	アルミ電線	820.457	円/kg	67.478	3.660	4.245	0.242	10.410	0.471	10.153	1.018
2721013	ケーブル	1731.662	円/kg	67.095	3.457	4.219	0.228	10.349	0.415	10.095	0.882
2722011	伸銅品	722.402	円/kg	65.291	2.465	4.154	0.163	7.407	0.332	7.865	0.723
2722021	アルミ圧延製品	621.905	円/kg	223.854	2.509	12.663	0.165	82.398	0.309	54.561	0.698
2722031	非鉄金属鑄鍛造品	1113.603	円/kg	155.589	2.157	9.226	0.143	49.315	0.291	34.084	0.636
2812011	建築用金属製品	940.413	円/kg	80.606	6.218	4.876	0.409	17.744	0.728	17.478	1.545
2891011	ガス・石油機器及び暖房機器	596.318	円/kg	68.893	5.948	4.397	0.384	8.367	0.590	14.292	1.166
2899011	ボルトナットスプリング	459.781	円/kg	92.119	3.380	5.893	0.224	9.982	0.439	18.684	0.993
2899021	金属製容器及び製缶板金製品	592.280	円/kg	82.798	4.558	5.313	0.301	10.167	0.632	16.991	1.398
2899031	配管工事付属品	854.807	円/kg	75.962	2.772	4.619	0.182	7.745	0.319	12.952	0.707
2899092	金属線製品	768.360	円/kg	76.709	3.344	4.655	0.219	8.979	0.385	13.891	0.847
3011011	ボイラ	1102.120	円/kg	57.855	2.838	3.744	0.187	6.357	0.318	10.866	0.667
3011031	原動機	1133.689	円/kg	64.182	2.859	4.245	0.188	7.731	0.318	11.812	0.673
3012011	運搬機械	1083.349	円/kg	54.762	3.938	3.570	0.258	6.066	0.416	10.461	0.860
3013011	冷凍機・温湿調整装置	1792.239	円/kg	54.475	3.923	3.494	0.258	6.263	0.414	9.274	0.859
3019011	ポンプ及び圧縮機	1107.272	円/kg	68.070	2.860	4.613	0.189	8.914	0.318	12.777	0.672
3019099	その他の一般産業機械	1183.594	円/kg	51.357	4.382	3.317	0.289	5.705	0.454	9.486	0.937
3031099	その他の一般機械器具及び部品	974.620	円/kg	70.252	2.998	4.528	0.197	8.738	0.329	12.626	0.709
3211011	電気音響機器	4217.601	円/kg	40.396	7.870	2.485	0.501	3.996	0.741	6.084	1.423
3212099	他電気音響機器部分品	2613.504	円/kg	51.069	3.852	3.204	0.246	4.946	0.372	7.937	0.740
3321011	有線電気通信機器	5162.540	円/kg	44.534	3.733	2.709	0.242	4.110	0.389	6.327	0.802
3321099	その他の電気通信機器	4563.826	円/kg	38.999	3.735	2.426	0.244	3.742	0.414	5.755	0.874
3411011	発電機器	1361.265	円/kg	61.996	3.377	3.979	0.221	7.806	0.352	11.042	0.729
3411021	開閉制御装置・配電盤	2223.304	円/kg	46.012	4.025	2.930	0.263	4.902	0.410	7.753	0.840
3411031	その他の送配電機器	1194.951	円/kg	62.656	2.449	4.008	0.160	7.075	0.270	10.974	0.569
3411099	その他の産業用重電機器	2386.023	円/kg	48.268	3.695	3.192	0.241	5.595	0.387	8.188	0.802
3421011	電気照明器具	1849.811	円/kg	47.662	5.035	2.986	0.321	4.766	0.492	7.835	0.963
3421021	電池	1899.308	円/kg	55.792	6.093	3.647	0.389	5.196	0.585	7.570	1.138
3421031	電球	3098.337	円/kg	46.018	7.062	2.793	0.447	3.815	0.655	6.367	1.234
3421041	配線器具	1975.477	円/kg	45.381	4.096	2.807	0.268	4.514	0.423	7.029	0.868
7122011	道路貨物輸送	35.320	円/t・km	79.689		5.332		12.523		28.352	
C402200	SRC事務所工事分倍率		倍	0.355		0.287		0.207		0.172	
C402250	RC事務所工事分倍率		倍	0.378		0.301		0.217		0.179	
C402270	S事務所工事分倍率		倍	0.335		0.282		0.188		0.167	

生、国土保全、土地造成は対象外とした。ただし、環境衛生のうち、下水道事業については建設部門分析用産業連関表のデータを用いて分離し、下水道部門に割り付けた。固定資本マトリックスの列部門は、108 列に統合されているため、各列部門の資本減耗引当金額に応じて 405 列に配分し、固定資本形成に関わる投入係数行列 S(405×405)を作成し、(1)式と同様にして固定資本形成に関わる境界条件別環境負荷原単位を算出した。

2.3 流通段階における環境負荷

産業連関表取引基本表の需要合計欄に記載された各品目毎の各流通産業への投入金額に、当該部門の生産者価格あたりの環境負荷原

単位を乗じて集計することにより、流通段階の環境負荷原単位を算出した。

2.4 製品重量あたり購入単価の分析

基礎資材については、産業連関表に付帯する生産額表に記載された品目別の生産金額を生産重量で除すことによって重量あたりの生産者価格を算出した。一方、建築設備機器などの複合製品については、生産重量が記載されていないため、基礎資材に対して生産者価格あたりの重量を与え、(2)式により、究極的な資材投入量を算出した。これを産業連関表に記載されている品目毎の生産者価格と購入者価格の比率を利用して、製品重量あたりの購入単価を算出した。

表 2 電気設備の計算条件

工事科目・細目		費用 構成	更新 周期 年	修繕 率 %	廃棄片道 km	片道 率 %	行コード	
1. 変電設備								
1.1キュービクル	盤類	0.4	25	2	30	0.6	3411021	
	変圧器	0.5	25	2	30	0.6	3411031	
1.2自立開閉式	リアクトル、コンデンサ	0.1	25	2	30	0.6	3411099	
	盤類	0.4	25	2	30	0.6	3411021	
	変圧器	0.5	25	2	30	0.6	3411031	
	リアクトル、コンデンサ	0.1	25	2	30	0.6	3411099	
2. 自家発電装置								
装置	原動機	0.4	30	2	30	0.8	3011031	
	発電機	0.3	30	2	30	0.8	3411011	
	盤類	0.2	30	2	30	0.6	3411021	
	その他	0.1	30	2	30	0.6	2899021	
3. 蓄電池設備								
3.1鉛蓄電池		1	7	2	30	0.6	3421021	
3.2アルカリ蓄電池		1	15	2	30	0.6	3421021	
4. 盤類								
4.1動力盤		1	25	2	30	0.6	3411021	
4.2分電盤		1	25	2	30	0.6	3411021	
4.3監視盤		1	25	2	30	0.6	3411021	
4.4その他(端子盤)		1	25	2	30	0.6	3411021	
5. 弱電機器								
5.1一般機器		1	15	2	30	0.6	3321011	
5.2特殊機器		1	15	2	30	0.6	3211011	
6. 防災機器								
6.1自火報機器		盤、感知器等	1	15	2	30	0.6	3321099
6.2防排煙機器		電磁レリーズ等	1	15	2	30	0.6	3031099
6.3非常放送機		アンプ、スピーカ	1	15	2	30	0.6	3212099
6.4その他		非常警報等	1	15	2	30	0.6	3321099
7. 照明器具								
7.1一般照明器具		器具	1	20	2	30	0.6	3421011
		電球	0.1	20	33	30	0.6	3421031
7.2非常用照明器具		器具	1	20	2	30	0.6	3421011
		電球	0.1	20	33	30	0.6	3421031
7.3その他		シャンデリア等	1	20	2	30	0.6	3421011
8. 配線材								
8.1電線			1	25	2	30	0.6	2721011
8.2ケーブル			1	25	2	30	0.6	2721013
8.3バスダクト			1	25	2	30	0.6	2721012
8.4その他			1	25	2	30	0.6	3421041
9. 配管材								
9.1電線管		銅板製電線管	0.4	25	0	30	0.6	2622011
		合成樹脂電線管	0.2	25	0	30	0.6	2211012
		フロアダクト	0.4	25	0	30	0.6	2812011
9.2ボックス類			1	25	0	30	0.6	2899021
9.3その他		ケーブルラック	1	25	0	30	0.6	2812011
10. 配線器具			1	25	0	30	0.6	3421041
11. 雑材		支持鋼材	0.6	25	0	30	0.6	2812011
		吊ボルト類	0.3	25	0	30	0.6	2899021
		磚子、磚管	0.1	25	2	30	0.6	2531011
12. コンクリート類		柱、ハンドホール	1	25	2	30	0.8	2523011
13. 塗装(材工共)		塗料	0.1	25	10	30	0.6	2072011
		労務	0.9	25	10			
14. 労務費			1					
15. 運搬費			1					7122011
16. 現場雑費			1					
17. その他			1					

表 3 空調設備の計算条件

工事科目・細目		費用 構成	更新 周期 年	修繕 率 %/年	廃棄片道 率 km	積載 率	行コード
1. ボイラ類							
1.1セクショナルボイラ		1	15	2	30	0.8	3011011
1.2炉筒煙管ボイラ		1	15	2	30	0.8	3011011
1.3銅板製温湯ボイラ		1	15	2	30	0.8	3011011
1.4その他のボイラ		1	15	2	30	0.8	3011011
2. 冷凍機							
2.1レシプロ式		1	15	2	30	0.8	3013011
2.2遠心式		1	20	2	30	0.8	3013011
2.3吸収式		1	20	2	30	0.8	3013011
2.4その他式		1	20	2	30	0.8	3013011
3. 冷却塔		1	15	2	30	0.8	3013011
4. 空調機類							
4.1ユニット型		1	15	2	30	0.6	3013011
4.2パッケージ型		1	15	2	30	0.6	3013011
4.3全熱交換器		1	15	2	30	0.6	3013011
4.4ファンコイル		1	15	2	30	0.6	3013011
4.5放熱器		1	15	2	30	0.6	3013011
4.6その他(VAV,CAV等)		1	15	2	30	0.6	3013011
5. ポンプ類(防振架台、弁類)		1	15	2	30	0.8	3019011
6. ファン類(防振架台含む)		1	20	2	30	0.6	3013011
7. 製缶類		1	20	2	30	0.8	2899021
8. ダクト類							
(材工共)	鋼板	0.1	30	2	30	0.6	2623011
	鋼材ボルト等	0.1	30	2	30	0.6	2812011
	ダクト工	0.9	30	2	30		
9. 配管材							
9.1鋼管	直管	0.6	20	2	30	0.6	2622011
	継ぎ手	0.3	20	2	30	0.6	2899031
	接合材	0.1	20	2	30	0.6	2079021
	支持金物	0.1	20	2	30	0.6	2621011
9.2ステンレス管	直管	0.4	20	2	30	0.6	2622012
	継ぎ手	0.3	20	2	30	0.6	2899031
	接合材	0.1	20	2	30	0.6	2079021
	支持金物	0.2	20	2	30	0.6	2621011
9.3銅管	直管	0.5	20	2	30	0.6	2722011
	継ぎ手	0.4	20	2	30	0.6	2722031
	接合材	0.1	20	2	30	0.6	2711021
	支持金物	0.1	20	2	30	0.6	2621011
9.4その他(銅管)	直管	0.6	20	2	30	0.6	2211012
	継ぎ手	0.2	20	2	30	0.6	2211012
	接合材	0.1	20	2	30	0.6	2079021
	支持金物	0.2	20	2	30	0.6	2621011
10. 自動制御							
10.1自動制御機器		1	20	2	30	0.6	3031099
10.2盤		1	20	2	30	0.6	3411021
10.3計装工	電線	0.1	20	2	30	0.6	2721011
	ケーブル	0.1	20	2	30	0.6	2721013
	配線器具	0	20	2	30	0.6	3421041
	銅板製電線管	0.1	20	2	30	0.6	2622011
	合成樹脂電線管	0.1	20	2	30	0.6	2211012
	ボックス類	0.1	20	2	30	0.6	2899021
	ケーブルラック	0.1	20	2	30	0.6	2812011
労務費	0.5	20	2	30			
11. 制気口類		1	20	2	30	0.6	3031099
12. 弁、計器、雑金物類		1	20	2	30	0.6	3031099
13. 雑材	鉄線	0.8	20	2	30	0.6	2899092
	ビニルテープ等	0.2	20	2	30	0.6	2211011
14. コンクリート・柱、ハンドホール		1	35	2	30	0.6	2523011
15. 保温、塗装	ガラス繊維保温	0.1	25	10	30	0.6	2512011
	ポリスチレンフォーム	0.1	25	10	30	0.6	2211013
	亜鉛鉄板	0.1	25	10	30	0.6	2623021
	アルミ板・箔	0.1	25	10	30	0.6	2722021
	塗料	0.1	25	10	30	0.6	2072011
	労務	0.8	25	10			
16. 労務費		1					
17. 運搬費		1					7122011
18. 現場雑費		1					
19. その他		1					

表 4 衛生設備の計算条件

工事科目・細目		費用 構成	更新 周期 年	修繕 率 %/年	廃棄片道 km	積載 率	行コード
1. 水槽類							
1.1樹脂製	FRPパネルタンク	0.9	20	2	30	0.6	2211015
	鋼製平架台	0.2	20	2	30	0.6	2621011
1.2その他	鉄パネルタンク	0.9	20	2	30	0.6	2899021
	鋼製平架台	0.1	20	2	30	0.6	2621011
2. 製缶類							
		1	20	2	30	0.8	2899021
3. ポンプ類							
3.1一般ポンプ		1	15	2	30	0.8	3019011
3.2特殊ポンプ		1	15	2	30	0.8	3019011
4. ボイラ類							
4.1給湯ボイラ		1	15	2	30	0.8	3011011
4.2湯沸器		1	10	2	30	0.8	2891011
4.3その他		1	10	2	30	0.8	2891011
5. 衛生器具	衛生陶器	0.8	25	2	30	0.6	2531011
	衛生用金具	0.2	15	2	30	0.6	2899031
		1	20	2	30	0.6	3031099
6. 消火栓							
7. 特殊消火設備							
7.1スプリンクラー機器		1	20	2	30	0.6	3031099
7.2化学消火機器		1	20	2	30	0.6	3031099
8. 鋼管、鉄管類							
8.1鋼管	直管	0.6	20	2	30	0.6	2622011
	継ぎ手	0.3	20	2	30	0.6	2899031
	接合材	0.1	20	2	30	0.6	2079021
	支持金物	0.1	20	2	30	0.6	2621011
8.2ステンレス管	直管	0.4	20	2	30	0.6	2622012
	継ぎ手	0.3	20	2	30	0.6	2899031
	接合材	0.1	20	2	30	0.6	2079021
	支持金物	0.2	20	2	30	0.6	2621011
8.3鉄管	直管	0.5	20	2	30	0.6	2631021
	継ぎ手	0.4	20	2	30	0.6	2631031
	接合材	0.1	20	2	30	0.6	2621011
	支持金物	0.1	20	2	30	0.6	2621011
8.4銅管	直管	0.5	20	2	30	0.6	2722011
	継ぎ手	0.4	20	2	30	0.6	2722031
	接合材	0.1	20	2	30	0.6	2711021
	支持金物	0.1	20	2	30	0.6	2621011
8.5ビニル管	直管	0.6	20	2	30	0.6	2211012
	継ぎ手	0.2	20	2	30	0.6	2211012
	接合材	0.1	20	2	30	0.6	2079021
	支持金物	0.2	20	2	30	0.6	2621011
8.6その他	ビニル管	1	20	2	30	0.6	2523011
9. 弁、計器、雑金物類		1	20	2	30	0.6	3031099
10. 雑材	鉄線	0.8	20	2	30	0.6	2899092
	ビニルテープ等	0.2	20	2	30	0.6	2211011
11. コンクリート類		1	35	2	30	0.8	2523011
12. 保温、塗装	ガラス繊維保温	0.1	20	10	30	0.6	2512011
	ポリスチレンフォーム	0.1	20	10	30	0.6	2211013
	亜鉛鉄板	0.1	20	10	30	0.6	2623021
	アルミ板・箔	0.1	20	10	30	0.6	2722021
	塗料	0.1	20	10	30	0.6	2072011
	労務	0.8	20	10			
13. ガス工	鋼管	0.2	20	2	30	0.6	2622011
	継ぎ手	0.1	20	2	30	0.6	2899031
	接合材	0	20	2	30	0.6	2079021
	支持金物	0	20	2	30	0.6	2621011
	弁等	0	20	2	30	0.6	3031099
	労務費	0.7	20	2			
14. 労務費（搬入据付、根切）		1					
15. 運搬費		1					7122011
16. 現場雑費		1					
17. 引き込み	鋼管	0.2	20	2	30	0.6	2622011
	継ぎ手	0.1	20	2	30	0.6	2899031
	接合材	0	20	2	30	0.6	2079021
	弁等	0	20	2	30	0.6	3031099
	労務費	0.7	20	2	30		
18. その他		1	20	2			

2.5 工事現場段階における環境負荷

$$w = W[I - A]^{-1}$$

(2)

W : 国内生産額あたりの直接的な資材投入重量ベクトル (1×405)

w : 生産者価格あたりの直接・間接資材投入重量ベクトル (1×405)

A : 投入係数行列 (405×405)、 $A=A_d + A_m + A_m'$ ((1)式の凡例参照)

建設部門分析用産業連関表を利用して、27 細目の建物用途別・構造別、排出起源別内訳付き環境負荷原単位を算出し¹⁷⁾、資機材製造および流通段階までの環境負荷を 1 とした時の、それ以外の環境負荷の割合を求めた。その結果を表 1 の最下欄に示す。これを利用して工事現場段階における環境負荷を簡易的に計上することとした。

表 6 電気設備の床面積あたり工事単価、資機材重量、資機材製造+工事分 CO₂ 排出量

	工事単価(千円/㎡)						資機材重量(kg/㎡)						資機材製造+工事分CO ₂ (kg-CO ₂ /㎡)					
	平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上	平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上	平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上
1. 変電設備	3.82	2.38	2.74	2.46	2.76	5.56	2.52	1.57	1.81	1.62	1.82	3.67	14.58	9.08	10.46	9.39	10.53	21.22
2. 自家発電装置	0.40	0.00	0.03	0.30	0.80	3.40	0.34	0.00	0.02	0.26	0.69	2.91	1.74	0.00	0.12	1.31	3.49	14.83
3. 蓄電池設備	0.09	0.00	0.00	0.03	0.27	0.96	0.05	0.00	0.00	0.02	0.15	0.52	0.38	0.00	0.00	0.13	1.12	3.99
4. 盤類	3.62	2.48	2.12	2.94	3.42	5.42	1.68	1.15	0.98	1.36	1.59	2.51	11.91	8.16	6.97	9.67	11.25	17.82
5. 弱電機器	1.36	0.87	0.70	1.48	0.96	3.41	0.28	0.17	0.14	0.31	0.19	0.73	4.14	2.64	2.13	4.51	2.92	10.40
6. 防災機器	0.80	0.47	0.56	0.47	0.76	1.29	0.24	0.16	0.15	0.15	0.21	0.42	2.35	1.44	1.61	1.41	2.19	3.92
7. 照明器具	4.91	3.51	3.11	3.25	3.65	5.37	2.68	1.91	1.70	1.77	1.99	2.94	16.71	11.94	10.58	11.06	12.42	18.27
8. 配線材	1.18	0.80	0.92	0.88	0.99	1.92	0.73	0.48	0.56	0.54	0.62	1.24	5.27	3.59	4.12	3.90	4.39	8.65
9. 配管材	1.53	1.12	1.20	1.29	1.08	1.24	5.23	4.00	4.07	4.26	3.66	3.99	11.55	8.61	9.03	9.60	8.13	9.15
10. 配線器具	0.55	0.40	0.38	0.57	0.43	0.54	0.29	0.21	0.20	0.30	0.22	0.28	1.74	1.27	1.20	1.81	1.36	1.71
11. 雑材	1.51	1.19	1.06	1.01	1.17	1.29	2.36	1.87	1.67	1.58	1.84	2.02	8.17	6.44	5.73	5.47	6.33	6.98
12. コンクリート類	0.30	0.40	0.23	0.12	0.08	0.17	12.91	17.22	9.90	5.17	3.44	7.32	2.53	3.37	1.94	1.01	0.68	1.43
13. 塗装	0.13	0.15	0.06	0.12	0.13	0.16	0.02	0.02	0.00	0.02	0.02	0.02	0.06	0.06	0.00	0.06	0.06	0.06
14. 労務費	7.72	5.49	5.28	6.28	5.28	7.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15. 運搬費	0.51	0.33	0.47	0.26	0.23	0.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.80	1.81	2.58	1.43	1.26	2.09
16. 現場雑費	1.93	1.01	1.19	1.96	1.79	2.99	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17. その他	0.15	0.00	0.09	0.22	0.00	0.88	0.15	0.00	0.10	0.16	0.00	0.60	0.42	0.00	0.25	0.57	0.00	2.54
18. 共通費分	8.99	7.61	6.76	7.16	6.71	10.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.39	17.58	17.08	18.45	19.90	37.04
合 計	39.50	28.21	26.90	30.80	30.51	53.05	29.48	28.76	21.30	17.52	16.44	29.17	109.74	75.99	73.80	79.78	86.03	160.10

表 7 空調設備の床面積あたり工事単価、資機材重量、資機材製造+工事分 CO₂ 排出量

	工事単価(千円/㎡)						資機材重量(kg/㎡)						資機材製造+工事分CO ₂ (kg-CO ₂ /㎡)					
	平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上	平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上	平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上
1. ボイラ類	0.03	0.00	0.00	0.06	0.05	0.22	0.03	0.00	0.00	0.06	0.05	0.21	0.12	0.00	0.00	0.24	0.20	0.89
2. 冷凍機	0.37	0.00	0.10	0.83	0.43	1.75	0.21	0.00	0.06	0.48	0.25	1.01	1.43	0.00	0.39	3.21	1.66	6.76
3. 冷却塔	0.08	0.00	0.00	0.16	0.19	0.43	0.05	0.00	0.00	0.09	0.11	0.25	0.31	0.00	0.00	0.62	0.73	1.66
4. 空調機類	13.35	7.26	7.65	10.08	10.63	9.72	7.67	4.17	4.40	5.79	6.11	5.59	51.59	28.06	29.56	38.96	41.08	37.56
5. ポンプ類	0.06	0.00	0.02	0.12	0.05	0.38	0.06	0.00	0.02	0.11	0.05	0.35	0.30	0.00	0.10	0.59	0.25	1.88
6. ファン類	1.54	0.94	1.14	0.81	0.59	0.68	0.89	0.54	0.66	0.47	0.34	0.39	5.95	3.63	4.41	3.13	2.28	2.63
7. 製缶類	0.10	0.01	0.04	0.18	0.17	0.31	0.17	0.02	0.07	0.31	0.30	0.54	0.58	0.06	0.23	1.04	0.98	1.79
8. タクト類	3.45	1.09	2.07	4.01	4.37	6.21	3.31	1.04	1.98	3.79	4.17	5.87	5.80	1.80	3.47	6.66	7.32	10.32
9. 配管材	1.28	0.68	0.81	0.87	0.91	1.64	4.74	2.17	2.56	3.80	3.69	9.30	11.03	5.65	6.66	7.90	8.06	16.25
10. 自動制御	1.70	0.30	0.81	1.57	2.37	6.05	1.89	0.33	0.92	1.64	2.51	5.94	5.97	0.91	2.81	5.55	8.37	22.08
11. 制気口類	1.36	0.74	0.75	1.18	1.77	1.02	1.44	0.78	0.79	1.25	1.87	1.08	6.62	3.60	3.65	5.74	8.61	4.96
12. 弁、計器、雑金物類	0.55	0.17	0.24	0.71	0.49	1.93	0.58	0.18	0.25	0.75	0.52	2.04	2.68	0.83	1.17	3.46	2.39	9.39
13. 雑材	0.37	0.21	0.25	0.21	0.23	0.26	0.55	0.31	0.37	0.31	0.34	0.39	1.86	1.06	1.26	1.06	1.16	1.31
14. コンクリート類	0.19	0.10	0.08	0.03	0.04	1.26	8.18	4.30	3.44	1.29	1.72	54.23	1.60	0.84	0.68	0.25	0.34	10.63
15. 保温、塗装	1.96	1.26	0.98	1.82	1.85	2.80	1.69	1.01	0.85	1.52	1.52	2.37	4.14	2.49	2.07	3.73	3.73	5.80
16. 労務費	4.91	3.13	2.87	3.94	3.84	5.39	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17. 運搬費	0.37	0.24	0.24	0.19	0.24	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	2.03	1.32	1.32	1.04	1.32	1.32
18. 現場雑費	1.86	0.75	1.06	2.35	1.92	2.48	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19. その他	0.06	0.00	0.00	0.09	0.00	0.75	0.06	0.00	0.00	0.07	0.00	1.57	0.18	0.00	0.00	0.26	0.00	2.37
20. 共通費分	9.23	5.78	5.95	8.13	7.89	10.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.76	15.12	17.39	25.11	26.64	41.42
合 計	42.82	22.66	25.06	37.34	38.03	53.76	31.52	14.85	16.37	21.73	23.55	91.13	132.95	65.37	75.17	108.55	115.12	179.02

表 8 衛生設備の床面積あたり工事単価、資機材重量、資機材製造+工事分 CO₂ 排出量

	工事単価(千円/㎡)						資機材重量(kg/㎡)						資機材製造+工事分CO ₂ (kg-CO ₂ /㎡)					
	平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上	平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上	平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上
1. 水槽類	0.80	0.56	0.62	0.90	0.65	0.67	2.44	1.71	1.90	2.75	1.98	2.06	5.77	4.04	4.49	6.49	4.69	4.85
2. 製缶類	0.03	0.00	0.02	0.05	0.08	0.04	0.05	0.00	0.04	0.09	0.14	0.07	0.17	0.00	0.12	0.29	0.46	0.23
3. ポンプ類	0.70	0.81	0.50	0.64	0.62	0.68	0.65	0.75	0.47	0.60	0.58	0.63	3.46	4.01	2.47	3.17	3.07	3.36
4. ボイラ類	0.52	0.59	0.47	0.37	0.54	0.49	0.88	1.00	0.80	0.64	0.90	0.80	2.54	2.89	2.31	1.82	2.62	2.36
5. 衛生器具	1.37	1.21	1.19	1.02	1.23	0.68	4.57	4.04	3.97	3.40	4.10	2.27	5.85	5.17	5.08	4.36	5.25	2.90
6. 消火栓	0.27	0.09	0.21	0.32	0.57	0.28	0.29	0.10	0.22	0.34	0.60	0.30	1.31	0.44	1.02	1.56	2.77	1.36
7. 特殊消火設備	0.41	0.00	0.14	0.52	0.91	2.34	0.43	0.00	0.15	0.55	0.96	2.47	2.00	0.00	0.68	2.53	4.43	11.39
8. 鋼管、鑄鉄管類	1.63	1.79	1.36	1.43	1.57	1.78	13.34	15.35	10.60	10.50	12.88	19.92	15.98	16.62	13.13	14.96	16.38	17.78
9. 弁、計器、雑金物類	0.68	0.75	0.58	0.50	0.57	0.64	0.72	0.79	0.61	0.53	0.60	0.68	3.31	3.65	2.82	2.43	2.77	3.12
10. 雑材	0.25	0.16	0.28	0.12	0.16	0.27	0.37	0.24	0.42	0.18	0.24	0.40	1.26	0.81	1.41	0.61	0.81	1.36
11. コンクリート類	0.52	0.99	0.37	0.26	0.38	0.29	22.38	42.61	15.93	11.19	16.36	12.48	4.39	8.35	3.12	2.19	3.21	2.45
12. 保温、塗装	0.69	0.57	0.57	0.61	0.86	0.88	0.59	0.49	0.49	0.52	0.73	0.74	1.45	1.20	1.20	1.29	1.78	1.82
13. ガス工事	0.57	0.56	0.47	0.57	0.77	0.55	1.26	1.24	1.04	1.26	1.71	1.23	1.96	1.93	1.62	1.96	2.65	1.90
14. 労務費	3.48	3.40	2.54	3.03	3.53	4.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15. 運搬費	0.19	0.21	0.14	0.13	0.19	0.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.04	1.15	0.77	0.71	1.04	1.37
16. 現場雑費	0.74	0.62	0.47	0.88	0.86	1.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17. 引込工事費	0.81	1.45	0.57	0.31	0.51	0.15	1.60	2.86	1.12	0.61	1.01	0.30	2.58	4.62	1.82	0.99	1.63	0.48
18. その他	0.09	0.00	0.01	0.02	0.00	0.98	0.33	0.00	0.04	0.06	0.00	2.83	0.35	0.00	0.04	0.08	0.00	3.63
19. 共通費分	4.11	4.84	3.47	3.54	3.92	4.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	16.08	16.52	12.67	13.67	16.12	18.17
合 計	17.86	18.60	13.98	15.22	17.92	20.50	49.90	71.18	37.80	33.22	42.79	47.18	69.50	71.40	54.77	59.11	69.68	78.53

2.6 建築設備の新築時における環境負荷

工事原価分析情報²³⁾に記載されている 1995 年中に竣工した 111 件の事務所ビル規模別電気・空調・衛生・昇降機の各設備工事細目金額に基づき、建築工事標準部掛等^{25),26)}を用いて、産業連関表の部門分類に合うように細々目の割合を定め、表 2～5 に示すように産業連関表の行部門に割り付けた。さらに、同統計資料に記載されている工期データに基づき着工年を算出し、設備資機材等単価指数表²⁴⁾を利用して 1990 年価格に補正した。これに表 1 に示す初期データを乗ずることにより、初期建設時の環境負荷を算出した。

2.7 建築設備の改修・修繕・廃棄処分時の環境負荷

表 2～5 に示すように、各種設備機器及び資材の更新周期(年)および修繕率(%/年)をライフサイクルコスト分析手法に関する文献^{21),22)}より設定した。また、改修工事・修繕・廃棄処分時に撤去される設備機器・資材・廃材の片道輸送距離を 30km とし、車両積載率(最大積載重量に対する実際の積載重量の比率)を、容積が大きい割に重量が少ないものが 0.6、重量が多いものが 0.8 と設定した。

評価対象期間を 100 年とし、建替周期を 35 年、50 年、100 年等を設定して、新築工事、建替工事、修繕、改修工事、廃棄処分毎の環境負荷原単位を算出した。なお、廃棄処分については、修繕時、更新時、解体時に発生する廃材重量を基に、搬送分のみを計上し、廃材処理(再生、焼却、埋立等)については今回検討対象外とした。

3. 環境負荷原単位の算出結果と考察

3.1 建築設備関連資機材の境界条件別環境負荷原単位

2.1～2.5 に示す方法で算出した建築設備関連資機材の境界条件別の CO₂、SO_x、NO_x、エネルギー原単位、各種資機材重量あたりの購入単価を表 1 に示す。誌面の制約上、CO₂、SO_x について、国内分/海外分、消費支出分/固定資本形成分、生産段階分/流通段階分の内訳を示した。

3.2 建築設備の新築時における環境負荷原単位

電気設備の床面積あたりの工事単価(1990 年価格、消費税別)、資機材重量、CO₂ 排出量の工事細目内訳を表 6 に示す。床面積が大きくなるに連れて、床面積あたりの工事単価(千円/㎡)、資機材重量(kg/㎡)、CO₂ 排出量(kg-CO₂/㎡)が大きくなっている。これは、大規模になるほど、受変電設備、防災設備、弱電設備などの設備内容が高級になっていることを反映しているものと考えられる。

空調設備を表 7 に、衛生設備を表 8 に示す。電気設備と同様の傾向が読み取れる。なお、電気設備、衛生設備については、1000 ㎡未満の原単位が大きくなっているが、これは、規模が小さくても装備しなければならない設備内容が空調設備に比べて多く、スケールデメリットが生じたためと考えられる。

3.3 建築設備のライフサイクル環境負荷原単位

電気、空調、衛生、昇降機設備の新築、建替、修繕、改修、廃棄に関わる LCCO₂ を表 9 に示す。左側の建替周期 35 年の建替工事欄には、評価対象期間 100 年間に 2 回行われる建替えに伴う電気設備工事が計上されている。建替周期が 35 年、50 年、100 年と長くなるに従って、建替の道連れで発生する設備工事は減少するが、設備細目毎に設定した更新周期に応じて発生する改修工事は増大している。建替周期と設備細目毎の更新周期の微妙なバランスが計算結果に影響しているものの、総合計としては極端な違いは見られない。

同様に、LCSo_x、LCNO_x、LCE、LCC のデータを表 10～13 に示す。

4. まとめ

建築物は、多種多様な製品とサービスによって建設・運用される一品生産品である。このため、大量生産される他の工業製品のように、詳細なライフサイクルアセスメント(LCA)を実施することは、時間的にも経済的にも困難であり、設計初期段階にも使える実用的な LCA 手法とデータベースが求められてきた。

表 9 事務所ビルの電気・機械設備の床面積あたり年平均 LCCO₂ (kg-CO₂/年㎡)

		建替周期35年						建替周期50年						建替周期100年					
		平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上	平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上	平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上
電気設備	新築工事	1.10	0.76	0.74	0.80	0.86	1.60	1.10	0.76	0.74	0.80	0.86	1.60	1.10	0.76	0.74	0.80	0.86	1.60
	建替工事	2.19	1.52	1.48	1.60	1.72	3.20	1.10	0.76	0.74	0.80	0.86	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	1.98	1.35	1.28	1.40	1.57	3.08	1.98	1.35	1.28	1.40	1.57	3.08	1.98	1.35	1.28	1.40	1.57	3.08
	改修工事	0.99	0.65	0.59	0.69	0.86	1.85	2.87	1.95	1.87	2.06	2.33	4.56	3.80	2.60	2.51	2.77	3.05	5.92
	廃棄処分	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02
合 計		6.28	4.29	4.10	4.50	5.02	9.75	7.07	4.84	4.64	5.07	5.63	10.86	6.90	4.73	4.54	4.98	5.49	10.62
空調設備	新築工事	1.33	0.65	0.75	1.09	1.15	1.79	1.33	0.65	0.75	1.09	1.15	1.79	1.33	0.65	0.75	1.09	1.15	1.79
	建替工事	2.66	1.31	1.50	2.17	2.30	3.58	1.33	0.65	0.75	1.09	1.15	1.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	3.04	1.53	1.68	2.53	2.66	4.16	3.04	1.53	1.68	2.53	2.66	4.16	3.04	1.53	1.68	2.53	2.66	4.16
	改修工事	3.46	1.71	1.96	2.80	2.96	4.26	4.87	2.39	2.76	4.00	4.23	6.10	6.33	3.18	3.58	5.13	5.39	7.57
	廃棄処分	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.07	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.06	0.03	0.01	0.01	0.02	0.02	0.07
合 計		10.52	5.21	5.90	8.61	9.09	13.86	10.60	5.23	5.95	8.73	9.21	13.90	10.73	5.37	6.02	8.77	9.22	13.59
衛生設備	新築工事	0.69	0.71	0.55	0.59	0.70	0.79	0.69	0.71	0.55	0.59	0.70	0.79	0.69	0.71	0.55	0.59	0.70	0.79
	建替工事	1.39	1.43	1.10	1.18	1.39	1.57	0.69	0.71	0.55	0.59	0.70	0.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	1.52	1.52	1.20	1.30	1.55	1.73	1.52	1.52	1.20	1.30	1.55	1.73	1.52	1.52	1.20	1.30	1.55	1.73
	改修工事	1.86	1.80	1.49	1.65	1.93	2.25	2.51	2.40	2.00	2.22	2.59	2.99	2.84	2.85	2.26	2.45	2.87	3.23
	廃棄処分	0.04	0.05	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.02	0.03	0.04
合 計		5.50	5.51	4.37	4.75	5.60	6.38	5.44	5.38	4.33	4.73	5.57	6.34	5.08	5.12	4.04	4.36	5.15	5.79
昇降機設備	新築工事	0.36	0.39	0.20	0.52	0.35	0.27	0.36	0.39	0.20	0.52	0.35	0.27	0.36	0.39	0.20	0.52	0.35	0.27
	建替工事	0.72	0.77	0.41	1.04	0.69	0.55	0.36	0.39	0.20	0.52	0.35	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	0.72	0.77	0.41	1.04	0.69	0.55	0.72	0.77	0.41	1.04	0.69	0.55	0.72	0.77	0.41	1.04	0.69	0.55
	改修工事	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.72	0.77	0.41	1.04	0.69	0.55	1.07	1.16	0.61	1.56	1.04	0.82
	廃棄処分	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00
合 計		1.80	1.93	1.02	2.61	1.73	1.37	2.16	2.33	1.22	3.13	2.08	1.64	2.15	2.33	1.22	3.13	2.08	1.64

表 10 事務所ビルの電気・機械設備の床面積あたり年平均 LCSox (g-SO₂/年m²)

		建替周期35年						建替周期50年						建替周期100年					
		平均	1000m ² 未満	1000m ² 以上	3000m ² 以上	5000m ² 以上	10000m ² 以上	平均	1000m ² 未満	1000m ² 以上	3000m ² 以上	5000m ² 以上	10000m ² 以上	平均	1000m ² 未満	1000m ² 以上	3000m ² 以上	5000m ² 以上	10000m ² 以上
電気設備	新築工事	1.94	1.33	1.33	1.42	1.52	2.76	1.94	1.33	1.33	1.42	1.52	2.76	1.94	1.33	1.33	1.42	1.52	2.76
	建替工事	3.88	2.66	2.65	2.84	3.04	5.51	1.94	1.33	1.33	1.42	1.52	2.76	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	3.03	2.03	1.97	2.15	2.43	4.86	3.03	2.03	1.97	2.15	2.43	4.86	3.03	2.03	1.97	2.15	2.43	4.86
	改修工事	1.47	0.96	0.88	1.02	1.25	2.67	4.87	3.30	3.24	3.51	3.93	7.46	6.57	4.47	4.42	4.80	5.23	9.79
	廃棄処分	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.04	0.04	0.04	0.03	0.02	0.02	0.04
空調設備	合 計	10.35	7.01	6.85	7.45	8.26	15.84	11.82	8.03	7.90	8.52	9.42	17.88	11.58	7.87	7.75	8.39	9.20	17.45
	新築工事	2.45	1.22	1.41	2.00	2.13	3.13	2.45	1.22	1.41	2.00	2.13	3.13	2.45	1.22	1.41	2.00	2.13	3.13
	建替工事	4.91	2.45	2.81	3.99	4.26	6.26	2.45	1.22	1.41	2.00	2.13	3.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	6.03	3.11	3.36	5.05	5.30	7.95	6.03	3.11	3.36	5.05	5.30	7.95	6.03	3.11	3.36	5.05	5.30	7.95
	改修工事	6.21	3.11	3.58	4.95	5.28	7.43	8.89	4.43	5.11	7.23	7.70	10.89	11.37	5.75	6.50	9.16	9.69	13.21
衛生設備	廃棄処分	0.06	0.03	0.03	0.04	0.05	0.15	0.06	0.03	0.03	0.05	0.05	0.14	0.06	0.03	0.03	0.04	0.05	0.15
	合 計	19.66	9.92	11.19	16.03	17.02	24.92	19.88	10.01	11.32	16.33	17.31	25.24	19.91	10.11	11.30	16.25	17.17	24.44
	新築工事	1.11	1.10	0.87	0.95	1.15	1.30	1.11	1.10	0.87	0.95	1.15	1.30	1.11	1.10	0.87	0.95	1.15	1.30
	建替工事	2.22	2.20	1.75	1.91	2.29	2.60	1.11	1.10	0.87	0.95	1.15	1.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	2.59	2.49	2.06	2.25	2.76	3.09	2.59	2.49	2.06	2.25	2.76	3.09	2.59	2.49	2.06	2.25	2.76	3.09
昇降機設備	改修工事	3.14	3.03	2.51	2.77	3.32	3.82	4.18	4.00	3.34	3.69	4.41	5.04	4.64	4.56	3.70	4.03	4.80	5.39
	廃棄処分	0.08	0.10	0.06	0.06	0.07	0.09	0.08	0.09	0.06	0.06	0.07	0.08	0.07	0.10	0.06	0.05	0.07	0.08
	合 計	9.14	8.92	7.25	7.94	9.59	10.90	9.07	8.78	7.20	7.90	9.54	10.81	8.41	8.25	6.69	7.28	8.78	9.86
	新築工事	0.57	0.61	0.32	0.82	0.55	0.43	0.57	0.61	0.32	0.82	0.55	0.43	0.57	0.61	0.32	0.82	0.55	0.43
	建替工事	1.13	1.23	0.65	1.64	1.10	0.87	0.57	0.61	0.32	0.82	0.55	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
昇降機設備	修繕	1.13	1.23	0.65	1.64	1.10	0.87	1.13	1.23	0.65	1.64	1.10	0.87	1.13	1.23	0.65	1.64	1.10	0.87
	改修工事	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	1.23	0.65	1.64	1.10	0.87	1.70	1.84	0.97	2.46	1.65	1.30
	廃棄処分	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01
	合 計	2.84	3.08	1.63	4.11	2.76	2.18	3.41	3.69	1.95	4.94	3.31	2.61	3.41	3.69	1.95	4.94	3.31	2.61

表 11 事務所ビルの電気・機械設備の床面積あたり年平均 LCNOx (g-NO₂/年m²)

		建替周期35年						建替周期50年						建替周期100年					
		平均	1000m ² 未満	1000m ² 以上	3000m ² 以上	5000m ² 以上	10000m ² 以上	平均	1000m ² 未満	1000m ² 以上	3000m ² 以上	5000m ² 以上	10000m ² 以上	平均	1000m ² 未満	1000m ² 以上	3000m ² 以上	5000m ² 以上	10000m ² 以上
電気設備	新築工事	2.89	2.00	1.98	2.08	2.23	4.05	2.89	2.00	1.98	2.08	2.23	4.05	2.89	2.00	1.98	2.08	2.23	4.05
	建替工事	5.77	4.00	3.95	4.17	4.45	8.09	2.89	2.00	1.98	2.08	2.23	4.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	4.76	3.24	3.11	3.34	3.75	7.39	4.76	3.24	3.11	3.34	3.75	7.39	4.76	3.24	3.11	3.34	3.75	7.39
	改修工事	2.38	1.56	1.44	1.64	1.99	4.18	7.38	5.04	4.91	5.26	5.86	11.13	9.85	6.78	6.64	7.12	7.71	14.50
	廃棄処分	0.08	0.07	0.05	0.05	0.05	0.08	0.09	0.08	0.06	0.05	0.05	0.10	0.09	0.08	0.06	0.05	0.05	0.09
空調設備	合 計	15.88	10.87	10.53	11.28	12.47	23.79	18.01	12.36	12.04	12.81	14.12	26.72	17.59	12.10	11.79	12.59	13.74	26.03
	新築工事	3.50	1.72	1.98	2.87	3.05	4.77	3.50	1.72	1.98	2.87	3.05	4.77	3.50	1.72	1.98	2.87	3.05	4.77
	建替工事	7.01	3.43	3.96	5.74	6.11	9.53	3.50	1.72	1.98	2.87	3.05	4.77	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	8.01	4.02	4.43	6.75	7.08	11.16	8.01	4.02	4.43	6.75	7.08	11.16	8.01	4.02	4.43	6.75	7.08	11.16
	改修工事	8.78	4.32	4.96	7.13	7.54	11.07	12.51	6.10	7.06	10.35	10.95	16.09	16.11	8.03	9.09	13.12	13.81	19.70
衛生設備	廃棄処分	0.13	0.06	0.07	0.10	0.10	0.33	0.13	0.06	0.07	0.10	0.11	0.30	0.13	0.06	0.07	0.10	0.10	0.32
	合 計	27.43	13.55	15.40	22.59	23.88	36.86	27.65	13.62	15.52	22.94	24.24	37.09	27.75	13.83	15.57	22.84	24.04	35.95
	新築工事	1.89	1.93	1.49	1.59	1.92	2.15	1.89	1.93	1.49	1.59	1.92	2.15	1.89	1.93	1.49	1.59	1.92	2.15
	建替工事	3.78	3.86	2.98	3.19	3.85	4.30	1.89	1.93	1.49	1.59	1.92	2.15	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	4.09	4.08	3.25	3.49	4.26	4.70	4.09	4.08	3.25	3.49	4.26	4.70	4.09	4.08	3.25	3.49	4.26	4.70
昇降機設備	改修工事	5.19	5.05	4.17	4.54	5.45	6.18	6.90	6.65	5.53	6.04	7.22	8.13	7.70	7.71	6.15	6.60	7.90	8.74
	廃棄処分	0.17	0.23	0.13	0.13	0.16	0.19	0.17	0.21	0.13	0.12	0.15	0.18	0.16	0.21	0.13	0.12	0.15	0.17
	合 計	15.12	15.15	12.02	12.94	15.64	17.52	14.94	14.80	11.89	12.83	15.47	17.31	13.84	13.93	11.02	11.80	14.23	15.76
	新築工事	0.96	1.04	0.55	1.39	0.93	0.74	0.96	1.04	0.55	1.39	0.93	0.74	0.96	1.04	0.55	1.39	0.93	0.74
	建替工事	1.92	2.08	1.10	2.78	1.86	1.47	0.96	1.04	0.55	1.39	0.93	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
昇降機設備	修繕	1.92	2.08	1.10	2.78	1.86	1.47	1.92	2.08	1.10	2.78	1.86	1.47	1.92	2.08	1.10	2.78	1.86	1.47
	改修工事	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.92	2.08	1.10	2.78	1.86	1.47	2.87	3.11	1.65	4.17	2.78	2.21
	廃棄処分	0.02	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.03	0.02	0.02
	合 計	4.82	5.22	2.76	6.98	4.67	3.70	5.78	6.27	3.31	8.37	5.60	4.44	5.77	6.26	3.31	8.37	5.59	4.44

表 12 事務所ビルの電気・機械設備の床面積あたり年平均 LCE (MJ/年m²)

		建替周期35年						建替周期50年						建替周期100年					
		平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上	平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上	平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上
電気設備	新築工事	18.13	12.43	12.17	13.27	14.32	26.60	18.13	12.43	12.17	13.27	14.32	26.60	18.13	12.43	12.17	13.27	14.32	26.60
	建替工事	36.27	24.86	24.35	26.54	28.64	53.19	18.13	12.43	12.17	13.27	14.32	26.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	32.79	22.23	21.20	23.35	26.24	51.30	32.79	22.23	21.20	23.35	26.24	51.30	32.79	22.23	21.20	23.35	26.24	51.30
	改修工事	16.78	10.94	9.96	11.72	14.48	31.08	47.65	32.15	30.99	34.35	38.94	75.90	63.10	42.82	41.57	46.21	50.89	98.51
	廃棄処分	0.25	0.23	0.18	0.15	0.15	0.28	0.29	0.28	0.21	0.18	0.18	0.32	0.29	0.27	0.21	0.18	0.17	0.31
	合 計	104.22	70.69	67.86	75.03	83.83	162.45	116.99	79.52	76.74	84.42	94.00	180.72	114.31	77.75	75.15	83.01	91.62	176.72
空調設備	新築工事	21.81	10.73	12.35	17.87	18.96	28.61	21.81	10.73	12.35	17.87	18.96	28.61	21.81	10.73	12.35	17.87	18.96	28.61
	建替工事	43.62	21.47	24.70	35.75	37.92	57.22	21.81	10.73	12.35	17.87	18.96	28.61	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	50.16	25.34	27.84	41.97	44.00	67.16	50.16	25.34	27.84	41.97	44.00	67.16	50.16	25.34	27.84	41.97	44.00	67.16
	改修工事	57.06	28.24	32.39	46.14	48.79	70.03	80.39	39.53	45.57	66.01	69.81	100.44	104.30	52.34	59.02	84.53	88.90	122.95
	廃棄処分	0.44	0.21	0.23	0.32	0.34	1.07	0.43	0.20	0.23	0.33	0.35	0.98	0.44	0.21	0.23	0.32	0.34	1.05
	合 計	173.09	85.99	97.51	142.05	150.01	224.09	174.60	86.53	98.34	144.05	152.08	225.80	176.71	88.62	99.44	144.69	152.20	219.77
衛生設備	新築工事	10.96	10.91	8.69	9.36	11.09	12.44	10.96	10.91	8.69	9.36	11.09	12.44	10.96	10.91	8.69	9.36	11.09	12.44
	建替工事	21.91	21.82	17.38	18.71	22.19	24.88	10.96	10.91	8.69	9.36	11.09	12.44	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	24.07	23.48	19.20	20.71	24.93	27.73	24.07	23.48	19.20	20.71	24.93	27.73	24.07	23.48	19.20	20.71	24.93	27.73
	改修工事	30.11	29.05	24.19	26.49	31.33	36.22	40.72	38.87	32.67	35.75	42.14	48.05	45.52	44.81	36.42	39.22	46.29	51.65
	廃棄処分	0.57	0.74	0.44	0.41	0.52	0.62	0.55	0.68	0.42	0.40	0.50	0.60	0.54	0.70	0.42	0.38	0.49	0.57
	合 計	87.62	86.00	69.90	75.68	90.06	101.89	87.26	84.85	69.67	75.58	89.75	101.26	81.09	79.90	64.73	69.67	82.80	92.39
昇降機設備	新築工事	5.81	6.29	3.32	8.42	5.62	4.46	5.81	6.29	3.32	8.42	5.62	4.46	5.81	6.29	3.32	8.42	5.62	4.46
	建替工事	11.61	12.58	6.65	16.85	11.25	8.91	5.81	6.29	3.32	8.42	5.62	4.46	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	11.61	12.58	6.65	16.85	11.25	8.91	11.61	12.58	6.65	16.85	11.25	8.91	11.61	12.58	6.65	16.85	11.25	8.91
	改修工事	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	11.61	12.58	6.65	16.85	11.25	8.91	17.42	18.87	9.97	25.27	16.87	13.37
	廃棄処分	0.06	0.07	0.04	0.09	0.06	0.05	0.08	0.08	0.04	0.11	0.07	0.06	0.08	0.08	0.04	0.11	0.07	0.06
	合 計	29.09	31.52	16.66	42.21	28.18	22.33	34.92	37.82	19.98	50.65	33.81	26.80	34.92	37.82	19.98	50.65	33.81	26.80

表 13 事務所ビルの電気・機械設備の床面積あたり年平均LCC (千円/年㎡) 消費税除く 1990 年基準価格

		建替周期35年						建替周期50年						建替周期100年					
		平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上	平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上	平均	1000㎡未満	1000㎡以上	3000㎡以上	5000㎡以上	10000㎡以上
電気設備	新築工事	0.40	0.28	0.27	0.31	0.31	0.53	0.40	0.28	0.27	0.31	0.31	0.53	0.40	0.28	0.27	0.31	0.31	0.53
	建替工事	0.79	0.56	0.54	0.62	0.61	1.06	0.40	0.28	0.27	0.31	0.31	0.53	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	0.55	0.40	0.36	0.40	0.44	0.82	0.55	0.40	0.36	0.40	0.44	0.82	0.55	0.40	0.36	0.40	0.44	0.82
	改修工事	0.29	0.20	0.18	0.21	0.24	0.51	0.72	0.51	0.47	0.53	0.60	1.15	0.94	0.67	0.62	0.71	0.77	1.50
	廃棄処分	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合 計		2.03	1.44	1.35	1.54	1.60	2.92	2.07	1.47	1.37	1.55	1.66	3.03	1.89	1.35	1.25	1.42	1.52	2.85
空調設備	新築工事	0.43	0.23	0.25	0.37	0.38	0.54	0.43	0.23	0.25	0.37	0.38	0.54	0.43	0.23	0.25	0.37	0.38	0.54
	建替工事	0.86	0.45	0.50	0.75	0.76	1.08	0.43	0.23	0.25	0.37	0.38	0.54	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	0.87	0.48	0.49	0.77	0.80	1.16	0.87	0.48	0.49	0.77	0.80	1.16	0.87	0.48	0.49	0.77	0.80	1.16
	改修工事	0.80	0.42	0.46	0.65	0.68	0.92	1.20	0.62	0.70	1.01	1.06	1.46	1.58	0.83	0.92	1.31	1.36	1.80
	廃棄処分	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
合 計		2.97	1.58	1.70	2.54	2.62	3.71	2.93	1.56	1.69	2.52	2.62	3.71	2.89	1.54	1.66	2.45	2.54	3.51
衛生設備	新築工事	0.18	0.19	0.14	0.15	0.18	0.21	0.18	0.19	0.14	0.15	0.18	0.21	0.18	0.19	0.14	0.15	0.18	0.21
	建替工事	0.36	0.37	0.28	0.30	0.36	0.41	0.18	0.19	0.14	0.15	0.18	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	0.31	0.32	0.26	0.26	0.33	0.35	0.31	0.32	0.26	0.26	0.33	0.35	0.31	0.32	0.26	0.26	0.33	0.35
	改修工事	0.33	0.35	0.27	0.28	0.34	0.39	0.45	0.47	0.37	0.38	0.46	0.51	0.52	0.54	0.42	0.43	0.52	0.56
	廃棄処分	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
合 計		1.19	1.24	0.96	0.99	1.22	1.37	1.13	1.18	0.92	0.94	1.16	1.29	1.02	1.06	0.83	0.84	1.04	1.13
昇降機設備	新築工事	0.29	0.32	0.17	0.42	0.28	0.22	0.29	0.32	0.17	0.42	0.28	0.22	0.29	0.32	0.17	0.42	0.28	0.22
	建替工事	0.58	0.65	0.34	0.84	0.56	0.44	0.29	0.32	0.17	0.42	0.28	0.22	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	修繕	0.58	0.65	0.34	0.84	0.56	0.44	0.58	0.65	0.34	0.84	0.56	0.44	0.58	0.65	0.34	0.84	0.56	0.44
	改修工事	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.58	0.65	0.34	0.84	0.56	0.44	0.87	0.97	0.51	1.26	0.84	0.66
	廃棄処分	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
合 計		1.45	1.62	0.85	2.10	1.40	1.10	1.74	1.94	1.02	2.52	1.68	1.32	1.74	1.94	1.02	2.52	1.68	1.32

筆者らは、1990 年産業連関表を利用して、建築設備関連資材の CO₂、SO_x、NO_x、エネルギー原単位を、国内分/海外分、消費支出分/固定資本形成分、生産段階分/流通段階別に分析した結果を示した。また、事務所ビル規模別工事実績統計及び建設部門産業連関表等を利用して、実用的な LCA 手法に利用するための電気・空調・衛生・昇降機設備の LCCO₂、LCSO_x、LCNO_x、LCE 原単位を示した。今後、店舗、学校、病院、ホテル、集合住宅などの他用途、また、水質汚濁、産業廃棄物等についても同様の原単位を整備してゆく予定である。

謝 辞

本研究の遂行にあたり、(財)電力中央研究所の内山洋司氏、本藤祐樹氏より産業部門別直接環境負荷データの提供をはじめ、さまざまご協力を頂いた。また、(社)日本建築学会地球環境委員会 LCA 指針策定小委員会(石福 昭主査)、(社)空気調和・衛生工学会地球環境委員会(鎌田元康委員長)、建設大臣官房官庁営繕部環境負荷の少ない官庁施設の整備手法の検討委員会(松尾 陽委員長、坂本雄三専門委員長)、(財)住宅・建築省エネルギー機構 IEA/Annex31 国内委員会(岡 建雄委員長)、(社)産業環境管理協会 LCA 実務入門編集委員会(稲葉 敦委員長)では、委員の方々より多くの示唆を頂いた。さらに、(株)日建設計より研究助成のための奨学寄附を頂いた。記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1) 日本建築学会建築と地球環境委員会特別研究委員会：建築が地球環境に与える影響、1992.6
- 2) 日本建築学会地球環境委員会ライフサイクル CO₂ 小委員会：ライフサイクル CO₂ で建物を測る、1996.3
- 3) 日本建築学会地球環境委員会 LCA 指針策定小委員会：建物の LCA 指針案、1998.11
- 4) 竹林芳久、岡 建雄、紺矢哲夫：産業連関表による建築物の評価、その 2 事務所建築の建設による環境への影響、日本建築学会計画系論文報告集 No.431、1992.1
- 5) 伊香賀俊治、松網 堅ほか：建築・都市づくりにおける環境負荷の削減に関する研究、その 2. 地球温暖化抑制の可能性に関する検討、日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境系)、pp.1329~1330、1992.8
- 6) 鈴木道哉、岡 建雄、岡田圭史、矢野謙禎：産業連関表による建築物の評価、その 4 事務所ビルの建設・運用に関わるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量、日本建築学会計画系論文報告集 No.476、pp.37~43、1994.9

- 7) 伊香賀俊治：建築設備分野のライフサイクル CO₂ による地球環境評価、日本学術会議第 10 回環境工学連合講演会講演論文集、pp.1~8、1995.1
- 8) 井上 隆ほか：地球温暖化対策としての住宅の省エネルギー手法の評価、その 1、日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境系)、pp.871~872、1995.8
- 9) 伊香賀俊治、外岡 豊、石福 昭：建物のライフサイクル CO₂ 分析用 CO₂ 原単位に関する研究、その 1. 産業連関分析による消費支出と資本形成成分 CO₂ 原単位、日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境系)、pp.881~882、1995.8
- 10) 酒井寛二、漆崎 昇、相賀 洋、下山真人：建築物のライフサイクル二酸化炭素排出量とその抑制方法に関する研究、日本建築学会計画系論文集 No.484、pp.105~112、1996.6
- 11) 佐藤正章、岡田幸雄：基本設計段階でのライフサイクル評価システムに関する研究、その 1. 概算見積システムと建設分の CO₂ 排出量の評価システムの連携、日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境系)、pp.885~886、1996.9
- 12) 近藤美則、森口祐一編著：産業連関表による二酸化炭素排出原単位、環境庁国立環境研究所 地球環境研究センター、1997.3
- 13) 小玉祐一郎、澤地孝男、中島史郎：建築のライフサイクルエネルギー算出プログラムマニュアル、建設省建築研究所、1997.11
- 14) 本藤祐樹、外岡 豊、内山洋二：産業連関表を用いた我が国の生産活動に伴う環境負荷の実態分析、電力中央研究所報告 Y97017、1998.6
- 15) 伊香賀俊治、外岡 豊、石福 昭：建物の LCA データベースに関する研究、その 1. 1990 年産業連関表を利用したエネルギー、CO₂、SO_x、NO_x 原単位、日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境系)、pp.857~858、1998.9
- 16) 林英明、岡 建雄、小玉祐一郎：1990 年表によるエネルギー消費量と炭素排出量の原単位、産業連関表による建築物の評価 (その 5)、日本建築学会計画系論文集 No.511、pp.75~81、1998.9
- 17) Toshiharu Ikaga, Yutaka Tonooka and Hiroki Hondo :Development of Data Base for Life Cycle Assessment of Buildings(Part 3), Proceedings of The Third International Conference on Eco Balance, pp.365-368, 1998.11
- 18) 伊香賀俊治、外岡 豊、本藤祐樹、内山洋司：建築物の LCA-CO₂ と大気汚染排出評価、第 15 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、pp.425~430、1999.1
- 19) 総務庁：平成 2 年産業連関表、(財) 全国統計協会連合会、1994.3
- 20) 建設省建設経済局監修：平成 2 年建設部門分析用産業連関表、(財)建設物価調査会、1995.1
- 21) 建設大臣官房官庁営繕部監修：建築物のライフサイクルコスト、(財)経済調査会、1993
- 22) (社)建築・設備維持保全推進協会編著：ビルディング LC ビジネス百科、オーム社、1996.6
- 23) 建設工業経営研究会編著：建築工事原価分析情報、大成出版社、1997.4
- 24) 建設工業経営研究会編著：標準建築費指数及び施工単価月報、大成出版社、1999.1~1996.1
- 25) (財)建設物価調査会積算委員会編：改訂 34 版 建設工事標準歩掛、(財)建設物価調査会、1997.9
- 26) 建設大臣官房官庁営繕部監修：[平成 9 年基準]建設省建築工事積算基準の解説、(財)建築コスト管理システム研究所、1998.2
- 27) 建設大臣官房官庁営繕部監修、グリーン庁舎計画指針及び同解説 平成 11 年、(社) 公共建築協会、1999.4
- 28) 野城智也、加藤裕久、吉田倬郎、小松幸夫：東京都中央区における事務所建築の寿命実態、日本建築学会計画系論文報告集 No.413、1990.7
- 29) 空気調和・衛生工学会地球環境委員会：建築設備と地球環境に関する研究、1999.3
- 30) (社) 産業環境管理協会 LCA 実務入門編集委員会編：LCA 実務入門、丸善、1998.8

(1999年7月10日原稿受理、1999年10月1日採用決定)