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

APPLICATION OF INPUT/OUTPUT ANALYSIS TO BUILDINGS

Part 4 Energy consumption and CO₂ emission due to construction,
operation and renewal of office buildings

鈴木道哉*, 岡 建雄**, 岡田圭史***, 矢野謙禎***

Michiya SUZUKI, Tatsuo OKA, Kiyoshi OKADA and Yoshinori YANO

Basic sector classification Input / Output table were applied to analyze the construction, operation and renewal of office buildings to obtain the life cycle energy consumption and carbon dioxide emission.

Total energy consumption is approximately 9 GJ per square meter of floor area by construction, 1.2 GJ per square meter per annum for operation and 0.037 GJ per square meter per annum for renewal. Total carbon dioxide emission is approximately 980 kg per square meter of floor area by construction, 90 kg per square meter per annum for operation and 3 kg per square meter per annum for renewal.

Keyword: input/output table, energy consumption, CO₂ emission, construction, operation, office

産業連関表, エネルギー消費量, CO₂排出量, 建設, 運用, 事務所

1. はじめに

事務所建築の建設および運用によって引き起こされる、環境に対する負荷（エネルギー消費量、二酸化炭素排出量）を、産業間で引き起こされる、波及効果も含めて定量化するために、産業連関表を用いた連関分析手法を用いて解析・定量化した。既存研究としては、建設段階の分析として（社）建築業協会の試算¹⁾、須田の研究²⁾があり、またライフサイクルCO₂の試算に関しては、建築学会：建築と地球環境特別委員会での検討³⁾等が挙げられる。

本報告での特徴は建設段階では、実際の建築見積書の分析から最終需要額を算出し連関分析を行い、又運用段階では当該建物の運用状況調査から使用したエネルギーなど運用管理に関わる最終需要額を定量化し、連関分析を行いエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を算出した点である。また、建物の部分更新については、部位毎に更新周期を仮定し、これに従い、実際に工事金額を積算して、これによるエネルギー消費量、二酸化炭素排出量

を算出した点である。

2. 分析対象

分析の対象とした建物の諸元を表1に示す。竣工年は昭和51年から平成元年までであり、建設地域はすべて東京都内である。延べ床面積は、2,000㎡以下が8建物、8,000㎡、20,000㎡規模が各1建物である。構造はRC造またはS造で、小規模の建物に関しては、8階建ての建物を中心である。Jの建物は地域冷暖房による熱供給を受けている。

3. 産業連関表による分析⁴⁾

極力詳細な産業部門の分類を行うために、産業連関表基本表の原表から直接レオンチェフ逆行列を算出した。国内の最終需要額 Y より、究極的な国内生産額 X を算出するモデル式は、輸入係数 m_i を対角化した行列を M と置くと、次式で表現される^{4) 5)}。

$$X = (I - (I - M)A)^{-1} ((I - M)Y + E) \quad (1)$$

* 宇都宮大学大学院博士(後期)課程 大学院生
清水建設(株)技術開発センター

** 宇都宮大学工学部建設学科 教授・工博

*** 宇都宮大学大学院博士(前期)課程 大学院生

Graduate Student, Graduate School of Utsunomiya Univ.
Technology Development Div., Shimizu Corp.
Prof. Dept. of Architecture, Utsunomiya Univ., Dr. Eng.
Graduate Student, Graduate School of Utsunomiya Univ.

ただし、 X ：究極的国内生産額（円／年）

I ：単位行列

A ：投入係数

Y_i, E_i ： i 製品の国内最終需要額及び輸出額
（円／年）

m_i ： M_i / C_i

M_i ： i 製品の輸出額（円／年）

C_i ： i 製品の国内生産額に輸入額を加算し輸出額を引いた額（円／年）

レオンチェフ行列は(1)式の $(I - (I - M)A)^{-1}$ であり、生産者価格基準である。商業マージンや貨物運賃・倉庫は原表の記載データに準じると考えて、相当する産業部門に振り分けた。究極的な国内生産額を算出するためには建設に必要な支出を整理し、最終需要額 Y として(1)式に与える。本研究では、調査対象建物の建設年が昭和60年代前半のものが多いため、1985年（昭和60年）の産業連関表⁸⁾を使用した。計算に要した産業部門数は鉄屑、金属屑部門を除いた406部門である。

4. 建設段階の分析

4-1 対象建物の工事金額と主要資源使用量の分析

各建物の建設工事見積書に記される工事費を仮設工事、躯体工事、仕上げ工事、設備工事および諸経費に分類し、図1に示す。工事費用は建設物価デフレーター⁷⁾を用いて、1985年の価格に修正した。建設工事費は延べ床面積当たり、180,000円～290,000円/㎡の範囲にある。建物Gは仕上げ工事価格が117,000円/㎡と高くこの結果、延べ床面積当たりの建設工事価格が高くなっている。また、建物D、Hは躯体工事が、Dでは79,000円/㎡、Hでは70,000円/㎡と高くこの結果、延べ床面積当たりの建設工事価格が高くなっている。

表2に躯体工事の各建物毎の躯体工事での主要資源である鉄（鉄骨、鉄筋）とコンクリートの消費量を平均価格を乗じて金額で示す。見積金額が高い建物D～Hは主要資源の消費量も高いことが分かる。建物Cは、建物形状が単純であり、結果として労務費が安くなっている。しかし使用材料は、金額換算で20,300円/㎡であり平均の17,800円/㎡を越えている。

表3では仕上げ工事の工事金額を石・タイル工事、金属製建具工事、PC版・カーテンウォール工事、その他に分類して示す。仕上げ工事での価格の高い建物Gでは圧倒的にPC版・カーテンウォール工事の金額が大きい。

4-2 建設段階での連関分析手法

はじめに、全建物の見積書より工事項目を抽出した。工事項目は全体で285項目であった。次にこれらの各工事項目毎に単位金額（材料価格と人件費などの付加価値の合計）の投入があった場合の最終需要額を算出した。算出に際しては建設工事標準歩掛り⁸⁾などを用いて、

表1 調査建物概要

	竣工年	延床面積(㎡)	階数	構造	熱源仕様
A	S51	1,879	F7-B1	RC造	ハ・ガス・ジ
B	S54	1,404	F7	RC造	ハ・ガス・ジ
C	S61	1,857	F7-B1	RC造	蓄熱HP
D	S62	1,340	F7	RC造	ハ・ガス・ジ
E	S62	1,328	F7	RC造	ハ・ガス・ジ
F	S63	1,253	F7-B1	RC造	マルチ
G	H1	1,291	F7	RC・S造	マルチ
H	H1	1,353	F7	RC・S造	ハ・ガス・ジ
I	H1	8,458	F9-B1	S造	蓄熱HP
J	S62	22,982	F8-B2	S造	地冷

図1 見積書の分析結果

表2 躯体工事における鉄（鉄鋼、鉄筋）コンクリートの消費量及び消費価格

	コンクリート (m ³ /㎡)	鉄骨 (kg/㎡)	鉄筋 (kg/㎡)	材料費 (円/㎡)
A	0.67	0.0	77.7	12,200
B	0.78	4.8	88.1	14,400
C	1.08	0.0	137.4	20,300
D	1.13	0.0	143.6	21,300
E	1.05	0.0	131.6	19,700
F	0.89	0.0	134.3	17,900
G	0.91	46.2	109.5	19,900
H	1.14	14.6	133.2	21,700
I	0.70	67.5	66.4	16,400
J	0.42	117.4	29.2	14,300
平均	0.88	50.1	105.1	17,800

表3 仕上げ工事の工事費（円/㎡）

	石・タイル	アルミサッシ	PC版・ カーテンウォール	その他	合計
B	1,500	33,700	0	23,900	59,100
C	3,100	19,200	0	22,200	44,500
D	21,400	19,900	0	26,500	67,800
E	27,800	20,200	0	39,500	87,500
F	12,500	18,400	0	40,000	70,900
G	13,300	18,200	48,900	36,300	116,700
H	30,300	14,800	1,200	16,300	62,600
I	5,400	12,800	6,700	18,800	43,700
J	3,700	18,900	3,300	22,500	48,400

表4 コンクリート工事の原単位

工事項目	適用		規模	国内生産額 (円/円)	エネルギー 消費量 (kJ/円)	二酸化炭素 排出量 (g/円)
捨てコンクリート	Fc150kg/cm ³	S=15	10m未満	1.85	115.1	8.17
		S=18		1.85	114.2	8.13
	Fc180kg/cm ³	S=15		1.86	115.9	8.23
		S=18		1.85	115.1	8.20
土間コンクリート	Fc180kg/cm ³	S=15	50m ² 以上	1.90	121.6	8.63
		S=18		1.91	122.9	8.75
	Fc150kg/cm ³	S=15		1.91	122.2	8.68
		S=18		1.92	124.3	8.85
躯体コンクリート	Fc210kg/cm ³	S=18	50m ² 以上	1.96	64.5	9.18
			170m ² 以上	1.99	66.7	9.53
	Fc240kg/cm ³	S=18	50m ² 以上	1.96	64.8	9.24
			170m ² 以上	2.00	67.0	9.57
防水押他 コンクリート	Fc150kg/cm ³	S=18	50m ² 以上	1.95	63.8	9.08
	Fc180kg/cm ³			1.95	64.2	9.14
	Fc210kg/cm ³			1.96	64.5	9.18
	Fc240kg/cm ³			1.96	64.8	9.24

各工事項目を材料費と人件費（粗付加価値）に分類した。

さらに材料費を生産者価格に直すため、産業連関表に記載されている平均的な流通マージン及び運送費を減じた。これによって得られた最終需要額を、産業連関表の逆行列に投入し、究極的な国内生産額を求め、これに各種原単位⁹⁾を乗じてエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を算出した。従って単位金額当たりのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を算出したこととなる。この原単位を用いて各建物の該当する工事項目毎にエネルギー消費量、二酸化炭素排出量を求めた。表4に一例として工事項目の内、コンクリート工事の分析区分を示す。コンクリート工事ではコンクリート打設量によって標準歩掛が異なることから表のように16の区分にて原単位化を行っている。結果として、躯体コンクリートで小規模打設工事と大規模工事では約4%のエネルギー消費量の差異が生じた。

4-3 建設段階の分析結果

1) 究極的な国内生産額の算出

前述の原単位として作成した各工事項目毎の単位金額当たりの国内生産額に見積金額を乗じて、究極的な国内生産額を算出した。建設時の国内生産額について図2に示す。

建設時に関して、建物G、Hの仕上げ工事が大きいのはカーテンウォール工事と金属製建具工事、及び石工事の影響である。B、Cの躯体工事が比較的小さいのは、土木工事や杭地業工事等の基礎部分に関する工事が、他の建物と比べて、小さかったためである。国内生産額の平均は約342,000円/㎡であった。また最小のものは256,000円/㎡、最大で512,000円/㎡であり、最小と最大では約2倍の開きがあった。

2) エネルギー消費量の算出

エネルギー消費量の算出結果を図3に示す。建設時に関して、建物G、Hの仕上げ工事が大きな値となってい

図2 建設時の国内生産額

図3 建設時のエネルギー消費量

図4 建設時の二酸化炭素排出量

るのは、カーテンウォール工事によるものであり、エネルギー消費量は、建物Gでは $4,972\text{MJ}/\text{m}^2$ 、建物Hでは $5,972\text{MJ}/\text{m}^2$ で、工事全体の約29%を占めている。建物Gの仕上げ工事に関しては、石工事がその他の平均と比べて約8倍、金属製建具工事がその他の平均の約3倍であった。建物A、Bのエネルギー消費量が他の物件と比べて小さいのは、躯体工事の土工事や杭地業工事等の基礎部分の投入金額及び資源使用量が小さかったことと、仕上げ工事のタイル工事、石工事、組積工事、及び内装工事等の装飾に関する工事のエネルギー消費量が、他の物件の平均よりも小さかったためである。全体の平均は約 $8,950\text{MJ}/\text{m}^2$ で、既往の研究¹⁰⁾による値、 $10,465\text{MJ}/\text{m}^2$ よりも若干小さい値であった。

3) 二酸化炭素排出量の算出

次に二酸化炭素排出量の算出結果を図4に示す。傾向はエネルギー消費量と同様であり、Hのカーテンウォール工事の二酸化炭素排出量が約 $350\text{kg}/\text{m}^2$ で、全体の27%を占めている。Gの石工事は、工事全体の10%、金属製建具工事は、工事全体の11%であった。全物件の平均では $790\text{kg}/\text{m}^2$ で、竹林らの研究¹⁰⁾の約 $1,000\text{kg}/\text{m}^2$ と酒井らの研究¹¹⁾でのRC造のケース($565\text{kg}/\text{m}^2$)のほぼ中間に当たる数値であった。

5. 運用段階の分析

5-1 運用段階の分析方法

運用費については、各建物の管理会社の管理収支報告書、および管理見積書の調査及び実施内容のヒヤリング結果から、設備管理費、清掃費、警備費のうち実施内容が契約によって取り決められている通常経費、修繕補修等の変動費、エネルギー消費などの光熱水費に分類し、これらを光熱費、清掃費、設備費、警備費、その他に整理して分析を行った。図5に運用費の分類項目を示す。尚、調査は昭和62年度中途から平成5年度中途までの長期間を対象として調査を実施した。

5-2 各建物の運用費

各年度毎の電力費の変化を図6に示す。5建物について

図9 運用時の国内生産額

図10 運用時のエネルギー消費量

図11 運用時の二酸化炭素排出量

ては平成2年度から平成4年度までが示されており、残りの建物については昭和62年度から平成5年度までである。各年度における大きな変動は見られない。また昭和63年度からの推移をみても明らかな減少または増加の傾向は、Fを除いて読み取れず、各年ほぼ一定と考えられる。

図7に平成2年度から平成4年度までの運用費全体の構成を、光熱水費、清掃費、設備管理費、警備費、その他に分けて1年当たりの金額に直して示す。平均では、延べ床面積当たり約12,800円/㎡・年であり、光熱水費は全建物平均で5,200円/㎡・年であり全建物の約40%を占める。また清掃費、設備管理費、警備費は運用費のうち、約41%を占める。通常経費の内訳に関して、図8に示す。全体を平均すると、事務管理費、環境衛生管理費及び清掃管理費、設備管理費がそれぞれ全体の3割を占めている。建物Gのその他は駐車場設備に関する費用が含まれているため、他の建物よりも大きくなっている。Jの建物は、大規模物件であり、管理者が常駐していることから、管理の効率化が図られているために、他の建物よりも通常経費が小さくなっている。その他の小、中規模の建物は、メンテナンス業者による委託管理である。変動費は、全建物の平均で、平成2年度が5,280円/㎡、平成3年度が5,085円/㎡、平成4年度が5,172円/㎡であり各年度の差異は少ない。

5-3 運用段階の分析結果

表5 建設部位、設備機器の更新周期表

	部位名 機器名称	主要部品 仕様	期待寿命 (年)
建設	屋根	アスファルト防水	25
		合成高分子ルーフィング	15
		床クリンカータイル	30
	外壁	吹き付けタイル仕上げ	20
電気設備	内部床	ビニルタイル貼り	20
	変電設備	遮断機	20
		断路器	20
		変圧器	20
		コンデンサ、リアクトル	20
	蓄電池設備	鉛蓄電池 (普通CS)	15
		アルカリ蓄電池	15
		充電器	15
	電気、ケーブル類	電力ケーブル (RN、BN)	20
		電力ケーブルC V6.6/3.3KV	20
		電力ケーブルC V600V	20
		電力ケーブルV V600V	20
	電灯設備	蛍光灯器具	15
		水銀灯	15
		白熱灯	15
	弱电設備	放送設備 (アンプ、スピーカ)	20
		電気時計 (親時計)	20
		インターホン設備	20
給排水衛生、ガス設備	ポンプ	排水ポンプ (床置型)	20
		排水ポンプ (水中型)	10
		揚水ポンプ	25
		消火ポンプ	30
		ポンプ用モータ	20
	配管	白ガス管 (給水)	20
		白ガス管 (排水)	20
	湯沸器	バルブ類	20
空調換気設備	冷凍機	ガス貯湯式湯沸器	8
		ガス瞬間湯沸器	7
		ターボ冷凍機 (開放型)	20
		ターボ冷凍機 (密閉型)	20
	チリングユニット	付属品	20
		吸収式冷凍機	20
			20
	冷却塔	送風機	15
		電動機	15
		ケーシング	15
	エアハンドリングユニット	ケーシング、送風機	15
		冷温水コイル	15
		加湿装置	15
	パッケージ	コイル、送風機	20
		圧縮機	20
換気装置	換気装置	送風機	25
		排風機	25
		電動機	25
	ポンプ	冷温水ポンプ	25
		冷水ポンプ	25
		電動機	25

1) 究極的な国内生産額の算出

産業連関手法を用いて運用費の解析を行った。結果を図9に示す。運用時に関しては、光熱水費の全体に占める割合が大きく、平均で約40%になる。全体の平均は、約19,000円/㎡・年であった。最小は、建物Cの約16,000円/㎡・年、最大は建物Fの24,000円/㎡・年であった。

5-4 エネルギー消費量の算出

エネルギー消費量の算出結果を図10に示す。全建物のエネルギー消費量の平均は1,212MJ/㎡・年であるが、約9割は光熱水に起因するものであり、その他は、全体の約1割と少ない。これは、清掃、設備管理などは費用に占める人件費の割合が極めて高く、材料、製品などの購入を伴わないことからエネルギー消費が低く抑えられているためである。既往の研究^{1,2)}では昭和63年での推定値で1,630MJ/㎡・年との報告があり、本報告ではこの値より26%低い値であった。

5-5 二酸化炭素排出量の算出

二酸化炭素排出量の算出結果を図11に示す。運用時に関しては、全物件の二酸化炭素排出量の平均は87kg/㎡・年である。これらのうち、光熱費の占める割合が大部分でおよそ90%を占めている。既往の文献³⁾による値は、75.5kg/㎡・年であり、約13%高い値を示した。

6. 更新時の分析

調査対象建物は未だ更新を行っていないことから更新に関するデータは入手できなかった。更新行為の分析のため本報告では、建物各部位、機器毎に更新周期を仮定してこれに従って建物を建設した会社に概算見積を依頼して、この更新見積書を分析して国内需要を求め、これより連関分析にてエネルギー消費量及び二酸化炭素排出量を求める手法を採用した。更新する部位・機器は表5に示される如くであり、基本的には参考文献^{1,3)}で示される部位・機器の期待される耐用年数を採用している。^{注2)}但し、例えば変電設備の中で遮断機、断路器、変圧器は耐用年数が異なっているが、本報告では最短のものに合わせて決定している。これは、通常更新の際、受変電室内機器については一括して更新し、工事回数を減らしていく傾向にあるためである。このような考えで設備機器においては更新周期を若干変更している。また、更新の際には機能向上は見込んでおらず、例えば受電容量の引き上げ、空調能力引き上げは考慮していない。また、更新の概算見積では道連れ工事（配管工事に伴う内装工事など）は発生しないとの仮定で行っている。尚、見積分析方法は建設時の方法に準じている。エネルギー消費量及び二酸化炭素排出量の算出結果を図12、13にそれぞれ示す。更新によるエネルギー消費量は建物Bの1,000MJ/㎡から、建物Eの2,500MJ/㎡まで約2.5倍の

図12 更新時のエネルギー消費量（耐用年数40年）

図13 更新時の二酸化炭素排出量（耐用年数40年）

表6 LCEの試算（耐用年数 40年）

	（単位：MJ/㎡・年）			
	建設	運用	更新	合計
A	174.8	1,153	20.1	1,347
B	171.7	1,146	22.0	1,340
C	157.9	856	48.4	1,062
D	231.1	1,075	33.5	1,339
E	259.0	1,282	62.3	1,603
F	210.1	1,638	30.8	1,879
G	283.2	1,265	40.7	1,589
H	330.1	1,280	46.4	1,656
I	210.9	996	32.6	1,239
J	242.0	1,433	28.4	1,703
平均	227.1	1,212	36.5	1,476

表7 LCCO₂の試算（耐用年数 40年）

	（単位：kg/㎡・年）			
	建設	運用	更新	合計
A	15.4	83.1	1.68	100.2
B	15.0	84.1	1.83	100.9
C	14.1	62.9	4.06	81.0
D	20.5	79.0	2.82	102.3
E	21.8	95.1	5.24	122.2
F	18.0	121.5	2.53	142.0
G	23.3	93.8	3.57	120.6
H	27.7	95.5	3.88	127.1
I	19.6	73.7	2.71	96.0
J	22.0	106.0	2.43	130.5
平均	19.7	89.5	3.07	112.3

差が生じている。二酸化炭素排出量についても同様の傾向がみられる。

7. LCE, LCCO₂の試算

建設時、運用時、及び更新時のエネルギー消費量の合計値(LCE)二酸化炭素排出量の合計値(LCCO₂)を試算したものを表6、7に示す。試算は建物運用年数を40年^{注3)}とした試算であり、40年で除して1年当たりの数値に変換している。尚、運用段階での光熱水費、通常経費、変動費(修理費等を含む)は調査対象期間における年平均値が40年間継続するものとしている。結果として、平均で1年当たりの二酸化炭素排出量は約112kg/m²・年であった。建設時は、既往の文献¹⁰⁾と比較すると若干低い値となっている。運用時の値は既往の文献³⁾よりも若干大きく、合計としてはほぼ同じ値となった。尚、解体時のエネルギー消費量及び二酸化炭素排出量は本試算には含まれていない。但し、既往の研究では、SRC造延べ床面積14,586m²の事務所ビルの解体において、単位床面積当たりのエネルギー消費量は116Mcal(486MJ)、二酸化炭素排出量は36.5kgとの報告¹⁵⁾がある。これを40年で除すと一年当たりのエネルギー消費量は12MJ/m²、二酸化炭素排出量は約1kg/m²となり、表6、表7の全建物平均値と比較すると、エネルギー消費量では約0.8%、二酸化炭素排出量でも約0.8%であり、いずれも全体に占める割合は小さいと考えられる。

8. 結論

事務所ビル10建物に関して、建設時と運用時、更新時の産業関連分析を行った。その結果、

- 1) 建設時の国内生産額の平均は約342,000円/m²、エネルギー消費量の平均は約8,950MJ/m²、二酸化炭素排出量の平均は、約790kg/m²となった。
- 2) 運用費用は平均で約12,800円/m²・年、光熱水費は約5,200円/年・m²であった。
- 3) 運用時の国内生産額の平均は約19,000円/m²・年、エネルギー消費量の平均は約1,212MJ/m²・年、二酸化炭素排出量の平均は、約87kg/m²・年であり、エネルギー消費量と二酸化炭素排出量の約9割は光熱水費に起因するものであった。
- 4) ライフサイクルCO₂に関して、耐用年数40年として試算を行った結果、平均で約112kg/m²・年であり、このうち約80%を運用が占めていることがわかった。

【脚注】

1) 産業関連分析では、国内総生産額およびこれに伴う国内でのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量は算出されるが、例えば輸入資材の生産国における製造のためのエネルギー消費量、二酸化炭素排出量は含まれていない。

また、電力消費に伴う二酸化炭素排出量は、昼夜別の原単位を用いて評価を行う例¹⁶⁾もあるが、産業関連分析では昼夜及び季節間の区別なく、一律に算出される事となる。但し、産業関連分析以外の手法による評価例¹⁷⁾でも昼夜一律の原単位を用いることもあり、現状ではどちらの方法も各種の評価に対して採用がみられる。

2) 本報では、内壁、内部天井の全面的な更新は発生しないものとしている。但し、部分補修については毎年の運用費の中の修理費に含めて扱っている。

3) 既往の研究として野城らの調査研究¹⁴⁾があり、この中で、RC造事務所建築の調査結果をワイブル分布にあてはめた場合の寿命の代表値として38.8年との報告がなされている。本報告ではRC造6棟、RC、S併用構造2棟、S造2棟が調査対象であるためRC造の寿命を代表として用い、かつ38.8年を四捨五入して40年に設定した。

【参考文献】

- 1) (社)建築業協会：我が国における建築物の建設に係わる資源消費と関連する影響要因の実態，1991年，
- 2) 須田松次郎：1985年建築活動による排出炭素量，建築が地球環境に与える影響，日本建築学会，1993年11月
- 3) 建築が地球環境に与える影響，日本建築学会 建築と地球環境特別研究委員会，1992年
- 4) 宮沢健一：産業関連分析入門，日本経済新聞社，昭和55年
- 5) 金子敏生：産業関連分析，有斐閣双書，昭和51年
- 6) 通商産業調査会：昭和60年産業関連表，磁気テープ，平成元年
- 7) 財団法人 建設物価調査会：建設統計要覧，昭和60年版，平成元年版，平成6年版
- 8) 財団法人 建設物価調査会：建設工事標準掛，第27版，昭和61年
- 9) 石油産業活性化センター：炭酸ガス温室効果と我が国石油産業の対応に関する調査報告書，平成元年
- 10) 竹林芳久、岡 建雄 他：産業関連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，第431号，pp.31~38，
- 11) 酒井寛二、漆崎昇：建設業の資源消費解析と環境負荷の推定，環境情報工学Vol.21, No.2, pp.130~135, 1992年
- 12) (社)建築業協会 地球環境問題専門委員会：我が国における建築物の建設に係わる資源消費と関連する影響要因の実態，1991.6
- 13) (社)建築・設備維持保全推進協会，(オーム社)ビルディングLCCビジネス百科
- 14) 野城智也他：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 第413号，pp.139~149, 1990年7月
- 15) 岡建雄他：産業関連表による建築物の評価 その10. 解体工事に必要なエネルギー消費量と環境負荷，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.431~432, 1993年9月
- 16) (財)ヒートポンプ技術開発センター：スーパーヒートポンプ・エネルギー集積システムの研究開発、トータルシステムの研究成果報告書、平成2年3月
- 17) レールンティ沙留企画(株)：平成4年度沙留地区地域冷暖房施設基本計画検討調査、平成5年3月
- 18) 大蔵省印刷局：有価証券報告書総覧、清水建設、昭和61年3月
- 19) 建設工業経営研究会：建設工事原価分析情報、大成出版、昭和62年7月
- 20) 財団法人 建設物価調査会：標準工事掛要覧、改訂7版，平成5年
- 21) 財団法人 経済調査会：建築工事の積算，平成4年11月
- 22) 財団法人 経済調査会：建築設備工事の積算，平成4年9月
- 23) 尾島俊雄：建築の光熱水費一企画・設計・管理者の手引き一，九善株式会社，昭和59年
- 24) 財団法人 ビルメンテナンス協会：平成2年 ビルメンテナンス原価計算の手引き(1)，平成2年3月
- 25) 建築設備技術者協会：第25回'93'建築設備技術者会議 SESSION1 地球環境への建築設備の役割，日本能率協会，1993年

(1995年4月10日原稿受理，1995年6月21日採用決定)