

産業連関表による建築物の評価（その1）

——超省エネルギービル（大林組技術研究所本館）と一般事務所ビルの比較——

岡 建 雄

Application of Input Output Analysis to Buildings (Part 1)

——Comparison of Super Energy Conservation Building (Main Building of Ohbayashi Corporation Technical Research Institute) and a Conventional Office Building——

Tatsuo Oka

Abstract

Comparing the Super Energy Conservation Building with a conventional office building, the final consumption of raw materials and the induced effects on other industrial sectors due to its construction and operation were obtained by analyzing with input-output tables. Consumption of raw materials due to construction of the Super Energy Conservation Building does not differ from that of a conventional office building. However, the Super Energy Conservation Building generates a larger demand for secondary manufactured goods such as electrical products as well as additional values. Energy consumption for construction of the Super Energy Conservation Building corresponded to that for 15 years of operation of the building and 6 years of operation of a conventional office building. Time serial analyses were carried out assuming that the Super Energy Conservation Building had been constructed in 1965, 1970, 1975 and 1980, and it was shown that the time required for recovery of investment was shortened so much in case of construction in 1980 and after that it may be expected construction of low energy-consumption buildings will increase in the near future.

概 要

本報告は超省エネルギービルである大林組技術研究所本館と一般事務所ビルを比較して、その建設や運転が我国の各種産業部門に及ぼす波及効果や究極的に消費する原料の量について、産業連関表を用いて分析したものである。超省エネルギービルと一般事務所ビルを比較すると、建設に必要な原料の量には差はないものの、電気機械など二次製品に対する需要に大きな相違が現われており、超省エネルギービルが付加価値の高い建物であることが示された。建設に必要なエネルギー消費量の統計は、一般ビルで6年分の運転エネルギーに相当し、超省エネルギービルでは15年分の運転エネルギーに相当することになる。超省エネルギービルが建設される年代をいろいろと仮定して、1965年以降の産業連関表を用いた時系列分析を行った。建設費と運転費を比較すると、1980年以降に建設された場合、その回収年数は急速に短縮され、今後、省エネルギービルが普及していくと予測された。

1. はじめに

超省エネルギービルは様々な省エネルギー手法を採用したことで、その建設費は一般の事務所ビルに比べて約20%高くなっているものの、運転費が少ないために、その投資は8.7年で回収できると計算されている。本報告は建設に対する投資の内訳や運転費を詳細に分析するばかりでなく、日本の産業構造全体の中で建設に対する投

資を分析し、その波及効果や究極的な原料の消費量を明らかにすることによって、省エネルギー投資やその運転費削減を評価しようとしたものである。

経済活動全体を眺めて見ると、各産業部門は実に有機的に結合されており、ある部門に対する投資は全産業部門に波及していく。このような分析には産業連関表の利用が最も適当であると考えた。本報告では超省エネルギービルと一般事務所ビルを対象に、その建設費や運転費

が各産業部門に及ぼす波及効果や最終的に必要とされる原料の量について算出し、一応の結論を得たものである。さらに省エネルギービルの今後の動向を推察するために、産業連関表を用いて過去15年間にわたる時系列分析を行なった。なお産業連関表は産業部門相互の結合を定量化しているものの、供給力不足や環境容量の限界に依る産業構造の変化については予測できないし、また投資と消費の循環についても言及していない。本報告における分析も建設投資に対する一回限りの産業間循環を扱ったもので、文献5)に依ればその波及期間は概ね1年とされている。

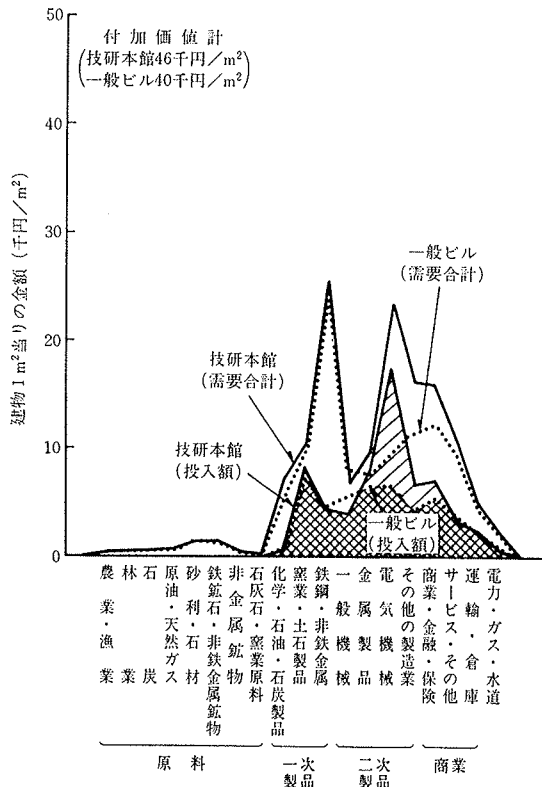
2. 産業連関表による分析手法

超省エネルギービルや一般事務所ビルといった限られた対象を分析するために、極力詳細な産業部門の分類が必要と考えて、各年度の原表から直接レオンチェフ逆行列を算出した。産業連関表の原表は1965年から1980年までの15年間にわたり、5年ごとに公表されている。部門数は年度によって多少異なるが、例えば1980年では内生部門で406部門、最終需要部門で30部門となっている。

バランス式、モデル式は輸入係数 m_i を対角化した行列 \vec{M} を用いて、次式で表現される。

$$\vec{X} = \vec{A}\vec{X} + F_{(D)} + F_{(E)} - \vec{M}(\vec{A}\vec{X} + F_{(D)})$$

……バランス式……(1)



図一 建設に必要な投入額と需要合計（1970年）

資 材	単位面積当りの数量	
	超省エネルギービル	一般事務所ビル*
コンクリート (m³/m²)	0.827	0.748
型 枠 (m²/m²)	3.29	4.46
鉄 筋 (t/m²)	0.073	0.094
鉄 骨 (t/m²)	0.003	0.006

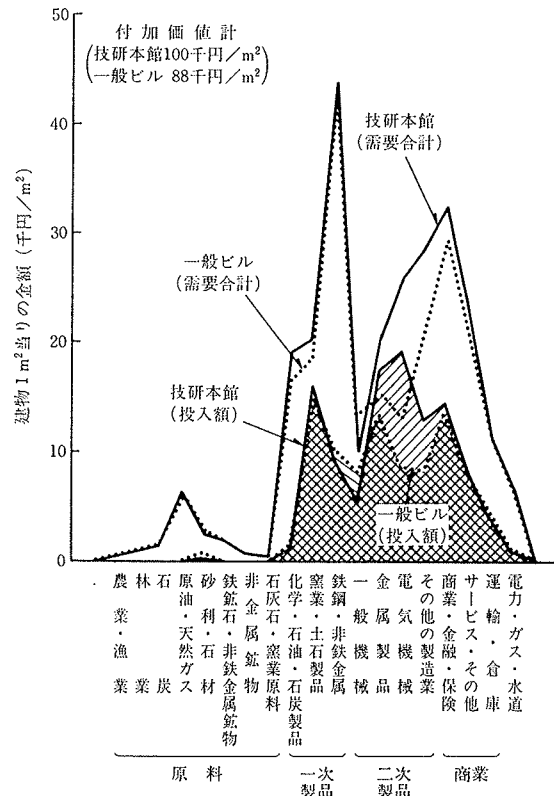
*一般事務所ビルはRC造事務所ビル61棟の平均値で、平均延床面積は1,733m²である。

表一 主要資材数量の比較

項 目		超省エネルギービル	一般事務所ビル*
建 築 設 備	現場職員数 (人日/m²)	0.019	0.019
	現場作業員数 (人日/m²)	3.98	2.89
全 建 築	建築作業員数 (人日/m²)	2.45	2.21
設 備	設備作業員数 (人日/m²)	1.53	0.68

*一般事務所ビルはRC造事務所ビル61棟の平均値で、平均延床面積は1,733m²である。

表二 現場職員数と現場作業員数の比較



図二 建設に必要な投入額と需要合計（1980年）

$$\vec{X} = (I - (I - \vec{M})\vec{A})^{-1}((I - \vec{M})F_{(D)} + F_{(E)})$$

……モデル式……(2)

但し \vec{X} : 生産額ベクトル I : 単位行列 \vec{A} : 投入係数
 $F_{(D)i}, F_{(E)i}$: i 製品の国内最終需要額および輸出額
 $m_i = M_i/C_i$
 M_i : i 製品の輸入額
 C_i : i 製品の生産額に輸入額を加えて輸出額を差し引いた額

(1)式は中間需要と最終需要の関係を示したもので、品目別投入係数を用いた競争輸入型産業連関表に基づくものである。(2)式は(1)式を \vec{X} について解いたもので、最終需要として、品目ごとに $F_{(D)}$ を与えれば、国内の最終的な生産額ベクトル \vec{X} が求められるものである。

ここでは生産者価格を基準としたレオンチェフ逆行列を計算し、商業マージンと貨物運賃は原表に含まれるデータに従って、相当する産業部門に振り分けた。逆行列を用いて、究極的な生産額を算出するためには、建設および運転に必要な支出を部門別に整理して、最終需要額として(2)式に与える。超省エネルギービルでは工事契約書の金額を用い、一般事務所ビルでは文献1)に示される金額を用いている。最終需要額を(2)式に与える場合、建設部門に計上される付加価値額を差し引いておく必要があるが、付加価値額の不明確な工事は標準歩掛りに従い、他部門に対する最終需要額と建設部門に対する付加価値額に分類した。

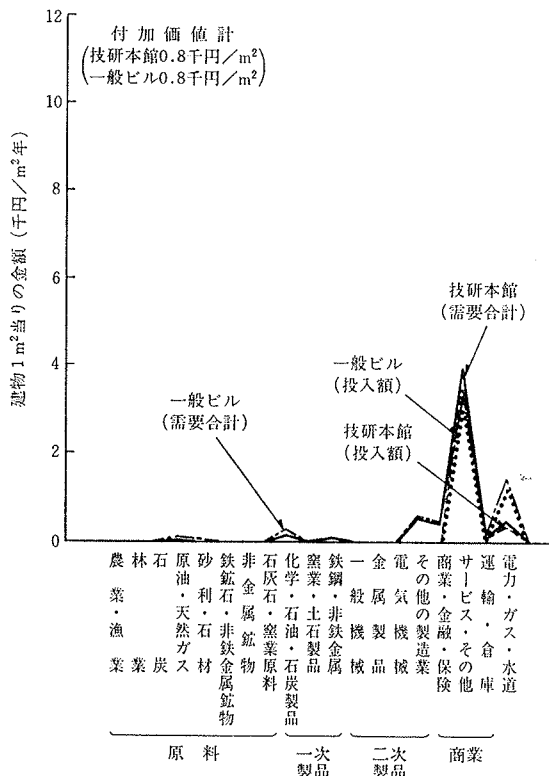


図-3 運転に必要な投入額と需要合計 (1970年)

1965年から1980年までの時系列分析を行なうために、超省エネルギービルと一般事務所ビルが建設される年を1965, 1970, 1975, 1980年と想定して、各々の年度の産業連関表に最終需要額と付加価値額のデータを示した。但し、時系列分析に用いるデータは各部門ごとのインフレタによって修正した値である。このようにして建設投資と運転費の関係を経年変化としてとらえ、今後の省エネルギービルの動向を推察しようとしたものである。

3. 投入額と需要合計

超省エネルギービルと一般事務所ビルの主要資材数量を表-1に示す。主要資材は全建設費の20~25%を占めるに過ぎないが、究極的な原料消費量として見れば最も大きな部分を占めるものである。表-1によれば、超省エネルギービルのコンクリート使用量は一般事務所ビルより多少多いものの、型枠、鉄筋、鉄骨の使用量は少なく、全体として見れば主要資材使用量は同程度であると言える。

表-2は現場職員数と現場作業員数の比較を示したもので、特に設備作業員数に差異が大きい。超省エネルギービルは建設部門に対する付加価値を増大させる働きがあることを示したものであると言える。表1, 2に示した資材量や人員数は全て投入額として扱えるものである。

投入額は最終需要額として(2)式に与えた額であり、需要合計額は(2)式から算出された究極的な国内生産額に輸

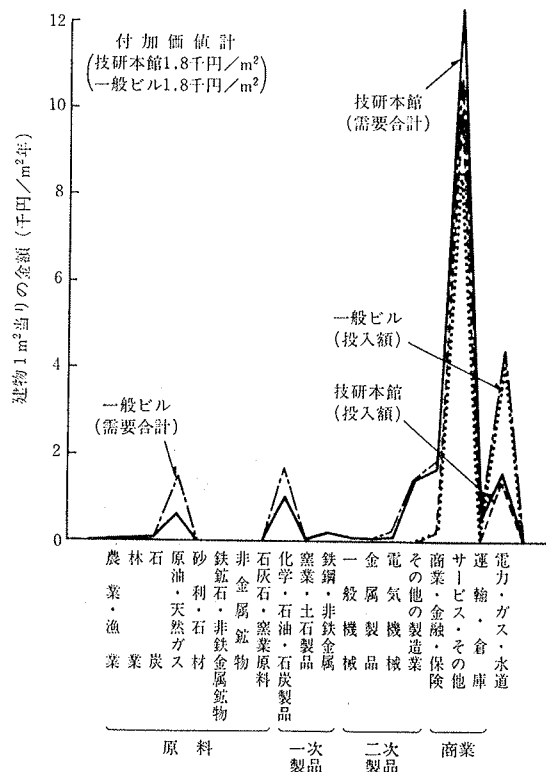


図-4 運転に必要な投入額と需要合計 (1980年)

入額を加算したものである。図一1～2は1970年と1980年において、超省エネルギービルと一般事務所ビルの建設に必要な投入額と需要合計を示したものである。超省エネルギービルと一般事務所ビルを比較すると必要とされる原料や一次製品の量には差がないものの、二次製品と商業部門において差異が大きい。また図一1と図一2を比較すると、1970年に比べて1980年では原油、天然ガスを中心に原料の占める割合が大きくなってきている反面、電気機械の占める割合は相対的に減少していることがわかる。

図一3～4は同様に運転費を比較したものである。運転費はサービス部門と電力などのエネルギー部門を中心にしたもので、波及効果の少ないものである。サービス部門の占める割合は大きく、保守、管理、清掃などのために全体の支出の60%以上はサービス部門である。超省エネルギービルと一般事務所ビルを比較すると、明らかに超省エネルギービルのエネルギー消費量は小さく、原油、石油製品、電力の部門で差異が顕著である。1970年と1980年の需要合計では原料および一次製品に相違が大きく1970年代には一般に原料が安価であったことが示されている。

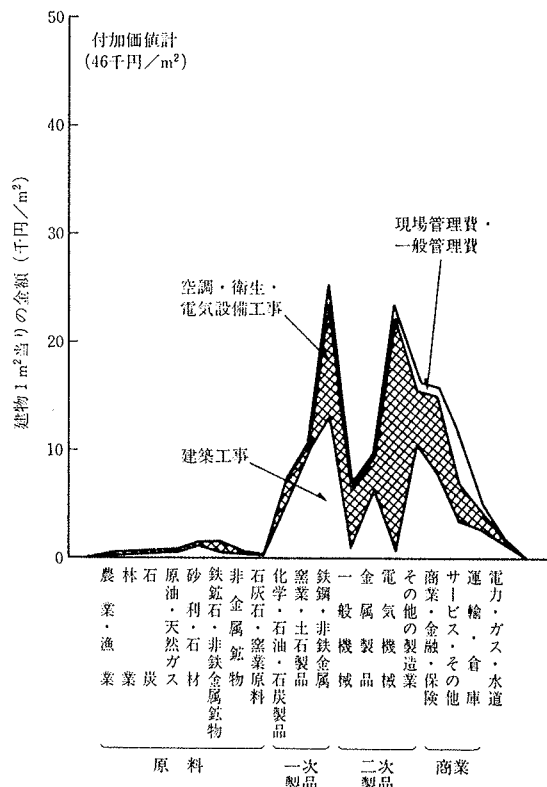
図一5～6は超省エネルギービルに必要な需要合計の内訳を示したものである。二次製品の需要は主として空調設備によるもので、一般事務所ビルと比較しても、空

調設備の投入額に差異が大きい。電気機械は電算機や自動制御器が中心であり、1970年に比べると1980年には電気機械の価格が相対的に低減していることがうかがえる。サービス部門に対する主な投入額は設計料である。

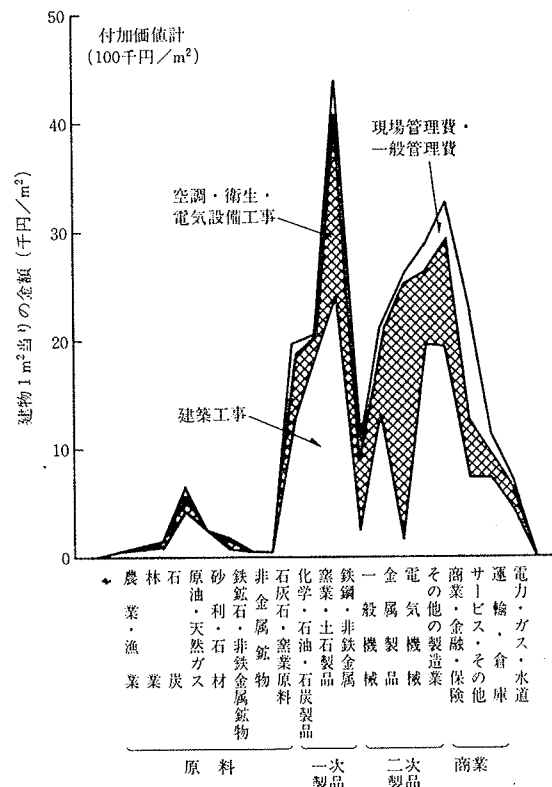
表一3は超省エネルギービルと一般事務所ビルを比較しながら、投入額と需要合計に関する時系列分析を行なった結果である。付加価値の割合はわずかながら、年と共に増大していることが示されている。超省エネルギービルと一般事務所ビルの建設費の差額を運転費の差額で除した値を単純に回収年数と考えれば、1980年に入り、回収年数は投入額においても、需要合計においても急速に短縮されている。これは主として原料価格の高騰に起因すると考えられる。このような観点からも超省エネルギービルは原料消費の少ない、付加価値の高い建築物であると言える。

4. 原料の消費量

(2)式から得られる結果と物量表から建設および運転に必要な究極的な原料の消費量を求めることができる。表一4は建設に必要な原料の消費量を超省エネルギービルと一般事務所ビルを比較しながら、年代別に示したものである。超省エネルギービルと一般事務所ビルとの間に差異はほとんどない。1980年に入り、原油の消費量が30%以上低下し、建設に関わる産業部門においても脱石油



図一5 超省エネルギービル建設に必要な需要合計内訳 (1970年)



図一6 超省エネルギービル建設に必要な需要合計内訳 (1980年)

化が進んだことがうかがえる。

1965年における原油消費量の少ない理由として、石炭消費量が高いことや水力発電の比率が高かったことが挙げられよう。

石炭、原油、天然ガスといったエネルギー部門は年ごとの変化が大きいものの、他の原料の消費量は概ね安定している。原料としては、表-4の他に非金属鉱物、窯業原料があるが、いずれも物量に変換するデータが存在しなかったために省いてある。また非金属鉱物や窯業原料などは種類によって価格の差が大きく、単に金額から物量に変換したところで無意味なこととなろう。

表-5は運転に必要な原料を示したものである。産業連関表では金額から物量に変換するために、価格変動が激しい場合や消費部門間による価格の差が大きく設定されている場合は、誤差も大きくなりやすい点に注意する必要がある。一般事務所ビルがエネルギー部門に投入する額は超省エネルギービルの約3倍であるが、サービス部門などのために究極的には2.2倍程度となる。ライフサイクルエネルギーとして見ると、一般ビルでは建設に必要なエネルギーは運転に必要なエネルギーの6年分となるが、超省エネルギービルでは約15年分となる。

5. 結論

本報告は産業連関表を用いて、超省エネルギービルと一般事務所ビルを分析評価したものである。得られた結論は、

(1) 超省エネルギービルと一般事務所ビルを比較すると、原料の消費量に差はないものの、電気機械など二次製品に対する需要に大きな相違が見出された。建設現場に必要な人員数も超省エネルギービルの方が多く、超省エネルギービルは付加性の高い建物であることが示された。

(2) 建設費と運転費に関して時系列的に分析すると、1980年以降に超省エネルギービルが建設されたとすると省エネルギー投資に対する回収年数は急速に短縮され、今後、省エネルギー型建築が普及していくことが予測された。

(3) 建設に必要なエネルギー量は超省エネルギービルでは15年分の運転エネルギーに相当し、一般事務所ビルでは6年分の運転エネルギーに相当することになる。

(4) 産業連関表を用いた分析では究極的な生産量が算出されることから、今後は環境汚染や地域間の相互依存についても報告していくつもりである。

参考文献

- 1) 建設工業経営研究会：建築工事原価分析情報，大成

項目		年			
		1965	1970	1975	1980
投 入 額	建設費	85 (34)	109 (46)	166 (73)	215 (100)
	A. 技研本館 B. 一般ビル	71 (30)	87 (40)	137 (65)	186 (88)
運 転 費	建設費	4.3 (0.6)	4.7 (0.8)	9.7 (1.3)	13.7 (1.8)
	C. 技研本館 D. 一般ビル	4.7 (0.6)	5.1 (0.8)	10.2 (1.3)	15.0 (1.8)
(A-B)/(C-D)(年)		36	57	64	22
需 要 合 計	建設費	149	186	282	357
	A. 技研本館 B. 一般ビル	125	149	234	311
運 転 費	建設費	5.1	6.5	14.5	21.6
	C. 技研本館 D. 一般ビル	5.8	7.2	15.8	24.8
(A-B)/(C-D)(年)		29	57	36	14

建設費：千円/㎡，運転費：千円/㎡年（ ）内の数値は付加価値額を示す。

表-3 超省エネルギービルと一般事務所ビルにおける建物1㎡当りの投入額および需要合計の時系列分析

原料		年			
		1965	1970	1975	1980
素 材(10 ⁻³ m ³)		26	24	23	24
		30	25	26	29
石 炭(kg)		191	133	108	98
		180	128	110	99
鉄 鉱 石(kg)		179	185	192	176
		177	183	198	183
非鉄金属鉱物(kg)		12	14	10	5
		9	10	8	2
原 油(ℓ)		121	172	172	118
		112	149	159	112
天 然 ガ ス(ℓ)		2.8	1.9	3.1	9.4
		3.2	1.1	2.6	8.4
石 灰 石(kg)		315	316	(255)	357
		334	321	(256)	354
砂 利 石 材(kg)		(1153)	1687	(1258)	1350
		(1544)	1788	(1447)	1573

表-4 建設に必要な建物1㎡当りの原料消費量(上段は超省エネルギービル，下段は一般事務所ビルを示す)

原料		年			
		1965	1970	1975	1980
石 炭(kg/年)		6.2	2.7	1.7	2.4
		18.4	7.3	3.7	5.7
原 油(ℓ/年)		3.8	8.9	14.5	10.8
		9.5	20.4	32.0	23.4
天然ガス(ℓ/年)		0	0.1	0.5	2.1
		0	0.3	1.6	6.1

表-5 運転に必要な建物1㎡当りの年間原料消費量(上段は超省エネルギービル，下段は一般事務所ビルを示す)

出版社

- 2) 科学技術庁資源調査会：衣食住のライフサイクルエネルギー
- 3) 通商産業調査会：昭和40～55年産業連関表磁気テープ
- 4) 金子敬生：産業連関の理論と適用，日本評論社
- 5) 宮沢建一：産業連関分析入門，日本経済新聞社
- 6) 山田 勇：産業連関の理論と計測，勁草書房