

国土技術政策総合研究所 プロジェクト研究報告

PROJECT RESEARCH REPORT of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.21

February 2008

持続可能な社会構築を目指した建築性能評価・対策技術の開発
- 建築物のライフサイクルCO₂と廃棄物の排出量算出手法・支援ツールの開発 -

Development of Technology to Evaluate and Improve CO₂ / Waste Minimizing Performance of Buildings
-Toward a Sustainable Society

- Development of Building LCCO₂ and LCW Calculation Methods and Design Support Tools -

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

持続可能な社会構築を目指した建築性能評価・対策技術の開発

西山功 (2004.4 ~ 2007.3)

*

松本浩 (2007.4 ~ 2007.12)

**

Development of Technology to Evaluate and Improve CO₂ / Waste
Minimizing Performance of Buildings -Toward a Sustainable Society

ISAO NISHIYAMA (2004.4 ~ 2007.3)

HIROSHI MATSUMOTO (2007.4 ~
2007.3)

概要

建築物が環境に及ぼす負荷を低減するため、ライフサイクル全体を通じて CO₂ と廃棄物の環境負荷の小さい建築物の供給が促進される社会的枠組みを構築するための技術基盤を開発し、その普及を図るものである。建築物の設計段階に、ライフサイクルにおける CO₂ と廃棄物の排出量 (LCCO₂ と LCW) を算出する手法、及び、排出量の低減に資する対策技術選択のための設計支援システムを開発した。

キーワード :

建築 LCA、LCCO₂、廃棄物、設計支援

Synopsis

This research and development is intended primarily to develop a method of calculating the quantity of CO₂ and waste (LCCO₂ and LCW) produced during the lifecycle at the design stage of a building and a design support system to select countermeasure technologies to reduce their production.

Key Words :

Building, LCCO₂, C/D Waste, Design Tool

* 前 住宅研究部長

Director, Housing Department

** 住宅研究部長

Director, Housing Department

はしがき

本報告は、住宅研究部、建築研究部において実施した「持続可能な社会構築を目指した建築性能評価・対策技術の開発」(総プロ、2004～2006年度)の研究成果を、『持続可能な社会構築を目指した建築性能評価・対策技術の開発 - 建築物のライフサイクル CO₂ と廃棄物の排出量算出手法・支援ツールの開発 -』として取りまとめたものである。

本研究は、持続可能な社会の構築をめざして、建築ストック全体としての環境影響の最小化を図ることを目的に、環境性能の優れた建築物、とりわけライフサイクル全体を通じて CO₂ と廃棄物の環境負荷の小さい建築物の供給が促進される社会的枠組みを構築するための技術基盤を開発し、その普及を図るものである。

研究開発にあたっては、京都議定書の発効を受け、業務部門・家庭部門のエネルギー消費量の増加とそれに伴う CO₂ 排出が重大な課題として、建築分野における CO₂ 排出の絶対量抑制への取組みが強く求められていること、他方、循環型社会の形成に向けて廃棄物・リサイクル対策が喫緊の課題とされるなか、建設廃棄物が約 4 割を占める最終処分場問題の深刻さが増し、廃棄物排出について対応が緊急に求められていることから、地球環境への負荷を評価する指標として CO₂ 排出量と固形廃棄物排出量を扱っている。

本研究により、運用時エネルギー消費の実績データの詳細な検討に基づく簡便ながら一定の精度を有する LCCO₂ 排出量の推計式、資源消費に掛かる建材・部品の資材構成の分析と廃棄物処理のシナリオに基づく廃棄物量の推計式及び原単位が整備された。また、これら算出計算を自動化し、建築設計 CAD とも連携できる PC ソフトウェアとして設計支援システム(BEAT-Bldg)を開発した。

本報告は、設計者等のユーザーに向けた技術解説・マニュアルとして、設計者が建築設計実務の中で活用するために、研究成果と研究のプロセスについて解説するとともに、実行形式のプログラム、ユーザーマニュアルを添付 CD-ROM に収録している。本研究の成果を建築設計等の実務にいうて活用し、建築分野における環境負荷低減の取組が進められれば幸いである。

なお、本報告は、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された、学識経験者、国土交通省大臣官房技術調査課、官庁営繕部設備・環境課、国土交通省住宅局住宅生産課、建築指導課、並びに国土技術政策総合研究所担当者による「持続可能な社会構築を目指した建築性能評価・対策技術の開発検討会」での議論を踏まえ、国総研担当者の責任において執筆したものである。調査研究、技術開発に対してご助言いただいた委員の皆様ならびに、エネルギー消費や廃棄物排出に係る実態調査にご協力頂いた、企業・団体の皆様はこの場をお礼申し上げます。

国土交通省国土技術政策総合研究所

【執筆】

第1章 : 高橋 暁(住宅研究部)

第2章

- 2.1 : 澤地孝男(建築研究部)
三木保夫(住宅研究部)
田島昌樹(住宅研究部)
桑澤保夫(独立行政法人建築研究所、建築研究部(当時))
- 2.2 : 中島史郎(独立行政法人建築研究所)
: 有川 智(独立行政法人建築研究所、住宅研究部(当時))
: 古賀純子(独立行政法人建築研究所、住宅研究部(当時))
: 武藤正樹(住宅研究部)

第3章 : 高橋 暁(住宅研究部)

プロジェクト研究報告
持続可能な社会構築を目指した 建築性能評価・対策技術の開発

目次

第1章 全体概要	3
1.1 はじめに	3
1.2 成果の概要	3
1.3 技術開発	4
1.3.1 設備を中心としたLCCO ₂ 算出手法の開発	4
1.3.2 建築物の資源投入量の把握による廃棄物排出量の算出手法の開発	4
1.3.3 設計段階における排出量算出と低減技術選択のための支援ツールの開発	5
1.4 技術開発成果の普及に向けて	6
第2章 建築物のライフサイクルにおけるCO ₂ と廃棄物の排出量算出・評価手法の開発	9
2.1 設備を中心としたLCCO ₂ 算出手法の開発	9
2.1.1 LCCO ₂ 算出の考え方と運用時エネルギー消費量の予測手法の概要	9
2.1.2 空気調和設備・換気設備	10
2.1.3 給水設備・給湯設備	24
2.1.4 照明・コンセント・輸送設備と変圧器損失	34
2.1.5 設備に係るエンボディドCO ₂ の推定法	43
2.2 建築物の資源投入量の把握による廃棄物排出量の算出手法の開発	53
2.2.1 研究開発の背景及び目的	53
2.2.2 LCW算出ツール(プロトタイプ)の概要	53
2.2.3 LCW算出に用いるデータシートの概要	55
2.2.4 廃棄物分類と分別・再資源化シナリオの概要	60
2.2.5 修繕・更新シナリオ	68
2.2.6 廃棄物排出量(LCW)の算出プロセス	70
2.2.7 モデル建築物を用いたLCWの試算	71
2.2.8 今後の課題	79
第3章 開発設計段階における排出量算出と低減技術選択のための支援ツールの開発	83
3.1 排出量算出支援ツールの開発	83
3.1.1 設計支援システム(BEAT-Bldg)の概要	83
3.2 CADデータ利用による建築資材・資源量把握手法	97
3.2.1 3D-CADを用いたデータ活用プロトタイプの開発	97
3.2.2 情報入力インターフェースのプログラム仕様の検討	99
3.2.3 システムフロー	101
3.2.4 CADデータの外部書出し	104

3.3 BEAT-BLDGを用いた環境負荷低減技術の対策案の検討	108
3.3.1 入力課程で選択できる環境負荷低減技術の効果	108



1

第1章
全体概要



第1章 全体概要

1.1 はじめに

京都議定書の発効を受け、業務部門・家庭部門のエネルギー消費量の増加とそれに伴うCO₂排出が重大な課題として認識され、建築分野におけるCO₂排出の絶対量抑制への取組みが強く求められている。他方、循環型社会の形成に向けて廃棄物・リサイクル対策が喫緊の課題とされるなか、建設廃棄物が約4割を占める最終処分場問題の深刻さが増し、廃棄物排出について対応が緊急に求められている。

このような状況を踏まえ、地球環境への負荷を評価する指標としてCO₂排出量と固形廃棄物排出量(最終処分量)を扱い、環境性能の優れた建築物、とりわけライフサイクル全体を通じたCO₂と廃棄物の環境負荷の小さい建築物の供給が促進される社会的枠組みの構築を目指して、科学的裏付けとなるエネルギー消費等の現状分析と対策の定量的評価手法等の開発を行うため、国土交通省総合技術開発プロジェクト「持続可能な社会構築を目指した建築性能評価・対策技術の開発」を平成16年度から18年度までの3年間にわたって、独立行政法人建築研究所、国土交通省関係部局、大学、建築生産に関わる関係機関、企業等から学識経験者、有識者の参画、調査への協力を得て実施した。

1.2 成果の概要

建築物の設計段階において、ライフサイクルにおけるCO₂と廃棄物の排出量(LCCO₂とLCW)を算出する手法、及び排出量削減に資する対策技術選択のための設計支援システムを開発した。

建築物の環境性能評価に関わる研究は、これまでも多方面で取り組まれてきているが、建築設計の初期段階で行う環境性能の評価は、主に多用な性能項目に関する評価を総合する定性的な評価体系に関する研究や、統計的な集計に基づく概算値による定量的な推計手法が中心であり、概略設計の設計内容を反映した環境負荷の定量算出を行うためのデータ整備が不十分で、設計段階においてCO₂排出量を効率的に算出するのは不可能であった。

そこで、運用時の実績データの取得や解体実態の調査より、CO₂と廃棄物の排出にかかる詳細なデータを取得・整備し、こうしたデータの詳細な検討に基づいて、簡便ながら一定の精度を有する排出量の算出手法を開発した。これにより、従来、用途と床面積を指標として一律に計算されていた排出量推計値に対して、建築設計と設備システムの設計内容に即した算出できるようになった。さらに、この算出手法を建築、設備の設計や性能評価に関わる技術者などに向けて、建築設計実務において実用化するために、パソコン上でも計算可能なソフトを開発するとともに、推計に用いる概略計算用データを裏付けるCO₂と廃棄物の詳細データを整備した。

1.3 技術開発

本技術開発は、従来、十分に整備されていなかったデータ取得のための調査を重点的に進め、得られたデータの解析を進めつつ、排出量算出手法の開発を行い、算出計算のロジックをプログラム化する、という手順で設計支援システムの開発を実行した。

本プロジェクトの技術開発成果は以下の通りである。

1.3.1 設備を中心とした LCCO₂ 算出手法の開発

CO₂ 排出量算定にかかる建材・設備機器インベントリの整理、及び、実績エネルギー消費データ等の詳細な分析に基づく運用時のエネルギー消費量推計手法の検討を中心に、LCCO₂ の算定・評価手法を開発した。

運用時のエネルギー消費量及びCO₂排出量の予測手法について、実績データに基づいて精査を行って構築している点と、設備機器の製造・更新・廃棄に係るCO₂排出について、複数の既往データ、研究成果および設計資料を統合し、より多くの設備や関連資材にまで範囲を広げている点が、今回の技術開発の特徴である。

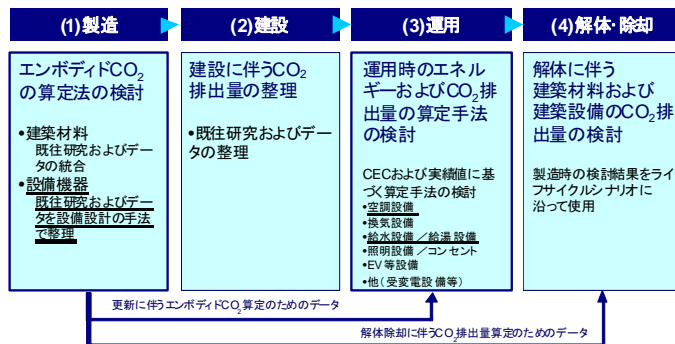


図 1.3.1 LCCO₂およびLCEの検討概要

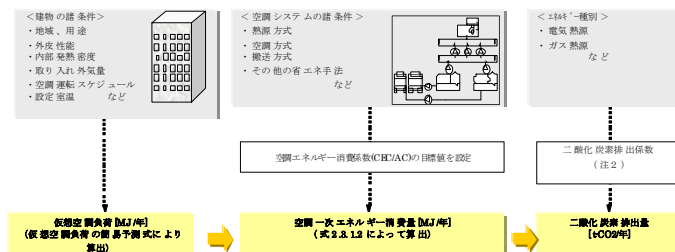


図 1.3.2 空調・換気のCO₂予測算出フレーム

事務用ビル照明用電力消費量の試算

居住宅建築のLCCO₂検討部会 (SB-Q02) July 28, 2008 H.A.

照明・コンセント年間電力消費試算シート

■ 躯体を記入する。

躯体名	階数	単位	備考
開口	KL	8	m
天井裏	TL	8	m
天井裏	HL	2.4	m
天井裏	VL	0.7	m

■ 照明設計条件

アビエント照明設計年度 Es 300 k

■ アビエント照明器具条件

100V V

200V V

■ スケジュール条件

■ 照明電力消費量 (稼働率) 計算条件

稼働率の算定	Nnom	10	%
稼働率の採算採算	Aoffice	6.40	m ²
基本採算採算	Abeta	1045.7	m ²
共用部採算採算	Acom	452.7	m ²

■ 照明電力消費量 (稼働率) 計算条件

年度の稼働日数	Ndays	249	日/年
二日の稼働時間数	Nhrs	18	時間/日
年度の及ぼす稼働率	Nodshrs	30.00	時間/年
共用部	Ncomhrs	30.00	時間/年

■ 照明設備の制約による修正係数

制約A: 制約による自動点灯制御	Fcoef	1.00	-
制約B: 自動制御			

図 1.3.3 照明・EV・動力のCO₂ 予測算出フレーム

1.3.2 建築物の資源投入量の把握による廃棄物排出量の算出手法の開発

廃棄物排出量算定にかかる建材・設備機器インベントリの整理、解体実績データの分析と解体シナリオに基づく廃棄物、副産物量推計手法の検討を中心に、LCW の算定・評価手法を開発した。

建材・設備機器のインベントリ整理に関して、建築コストの積算に用いる書式、項目名称、数量算

出単位との整合を図り、将来的な CAD データとの統合を含めて算定手法を構築している点と、修繕・更新を考慮したライフサイクルシナリオや廃棄物処理の実態に基づいた分別シナリオを作成し LCW の算定条件の明示化を図っている点が、今回の技術開発の特徴である。

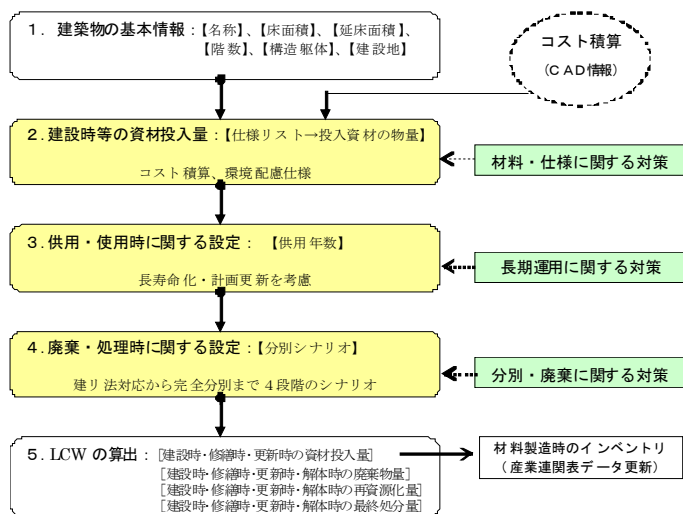


図 1.3.4 ライフサイクルにおける環境負荷算出の全体フロー

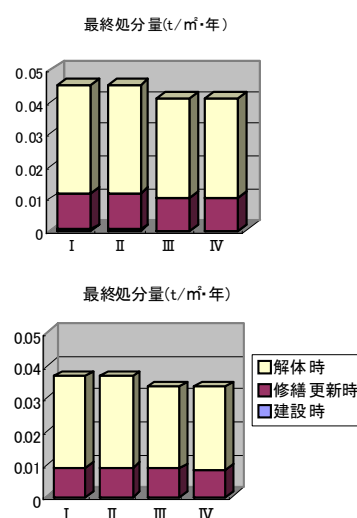


図 1.3.5 LCWに係る算出例

1.3.3 設計段階における排出量算出と低減技術選択のための支援ツールの開発

設備を中心とした運用時のエネルギー消費に伴う排出量の算出、及び建物の資源消費に伴う排出量の算出の推計手法の開発成果の適用と、資源投入量把握への CAD データの活用を中心テーマとして、建築物の設計図書/CAD データから、LCE、LCCO₂と LCW を算定する設計支援システム (BEAT-Bldg) を開発した。

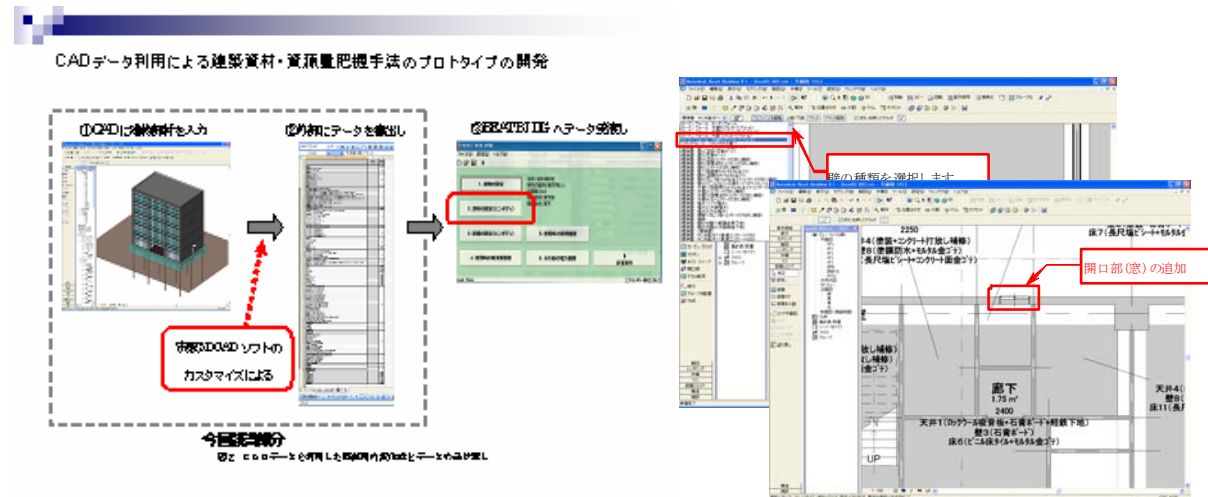


図 1.3.6 設計支援システムの概念図、およびCAD入力例

これまでの設計段階における LCA 手法 (LCCO₂ 算出) は、建物用途、規模、標準的な使用モデルにより、ごく大雑把な推計に留まっていた。今回、運用時のエネルギー消費の実態把握と、データ解析に基づいた推計式の開発により、外壁や設備仕様等の設計内容や建物の使用時間の実態に即したエネルギー消費・CO₂ 排出量の推計が可能となった。

設計図書／CADデータから、LCE、LCCO₂、及びLCWを算出する全体フロー

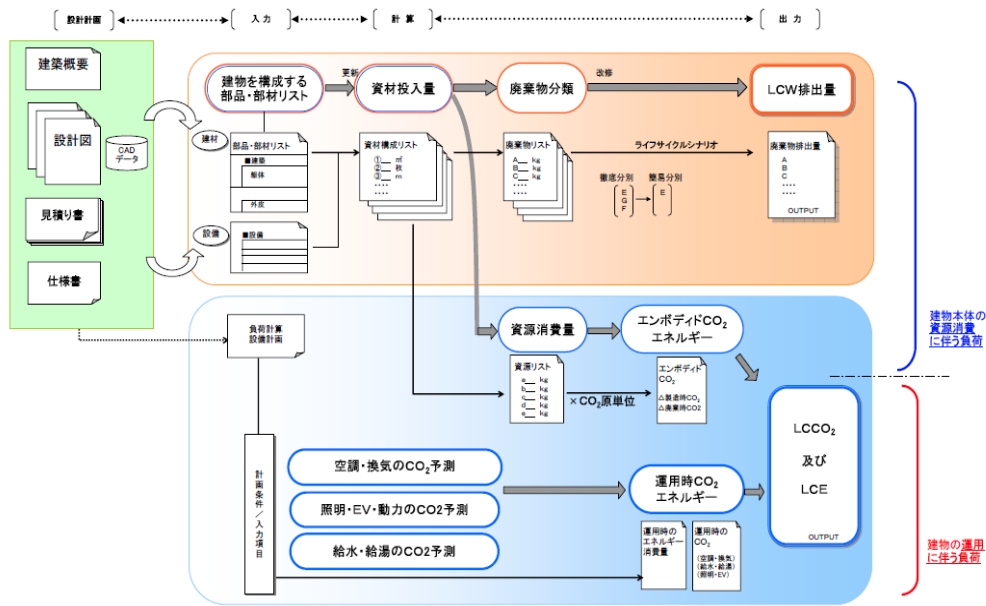


図 1.3.7 ライフサイクルにおける環境負荷算出の全体フロー

また、建物を構成する建材・機器について、従前、床面積当たりの資材消費量を統計的な推計式で求めていたため、設計の違いが資源消費の大小にほとんど反映されていなかった。本研究では、CAD データとも連携できる建物の部位毎の資源消費のデータを詳細設計のデータから生成した部品・部材リストを開発することにより、建物の大まかな形状・寸法が決まる設計の初期段階でも、一定の精度で資源消費量を算出し、対応する原単位からCO₂排出量と廃棄物排出量の算出が可能となった。

これら推計精度が向上したことは、学術的・科学的意義が大きいだけでなく、建設時のインシャルコスト、エネルギー消費によるランニングコスト、さらに、解体時の廃棄物処理・再資源化コスト等の適正な把握の面でも重要であり、建築設計実務における技術活用による環境負荷の低減が期待される。

1.4 技術開発成果の普及に向けて

技術開発成果として、建築、設備の設計者が、設計内容に即してパソコン上で環境負荷を簡便に算出し、自らの環境対策の効果を算出結果により確認できるソフトを開発した。

引き続き、開発したソフトを、幅広い対象において適用することにより、LCE、LCCO₂とLCW算出の手法適用の感度分析を行い、算出手法の精度、感度の向上に向けたデータ・プログラムの改良を加え完成度を高め、実用的な設計支援ツールとして提供することを目指している。

また、建築物の総合環境性能評価手法(CASBEE)と個別の性能項目の定量評価の詳細法(SB総プロ)という関係で整合が取れた評価体系の構築、実務への継続的なツール・データの提供に向け、入力パラメータの調整やデータメンテナンス体制等の検討・整備を進めていく予定である。

2

第2章 建築物のライフサイクルに おけるCO₂と廃棄物の排出量 算出・評価手法の開発



第2章 建築物のライフサイクルにおける CO₂ と廃棄物の排出量算出・評価手法の開発

2.1 設備を中心とした LCCO₂ 算出手法の開発

2.1.1 LCCO₂ 算出の考え方と運用時エネルギー消費量の予測手法の概要

地球温暖化問題は、一般メディアでも最近大きく取り上げられるようになったが、それをもち出すまでもなく、環境問題において最も影響が大きく且つ効果的対策が難しい問題である。現代文明の根幹に関わる問題と言える。建築分野においても、CO₂ 排出に関わる研究は盛んであり、研究文献は枚挙に暇がないほど多い。しかし、こうした研究で行われている LCCO₂ 評価は、建築の企画・設計・建設などの実務において浸透しているわけではなくその基準値などは提示されていない。

本検討では、このような状況を受け止め、建築の実務においても LCCO₂ 評価が普及することを目指して、建築の LCCO₂ 評価を比較的簡易に実施できる手法の開発を目標に検討を行った。このプロジェクトで開発した推計・評価手法においては、建築物の CO₂ 排出量を、既往の手法と同様に、製造、建設、運用、解体・除却の4段階において推計し、それらを集計して求める。既述のように、建築物の LCCO₂ 評価に関してはすでに多くの研究やデータがあるので、本プロジェクトでは、こうした既往の成果やデータをできるだけ活用し、欠けている手法やデータの開発・整備を行うという方針が採られた。図 2.1.1に、建築物の LCCO₂ 評価の流れと、本プロジェクトにおける検討・開発の対象を示す。なお、本プロジェクトでは建築用途としては、事務所ビルを主な対象として開発を行ったが、商業施設や病院などホテルなどについて実績データが得られたものについてその解析も行った。

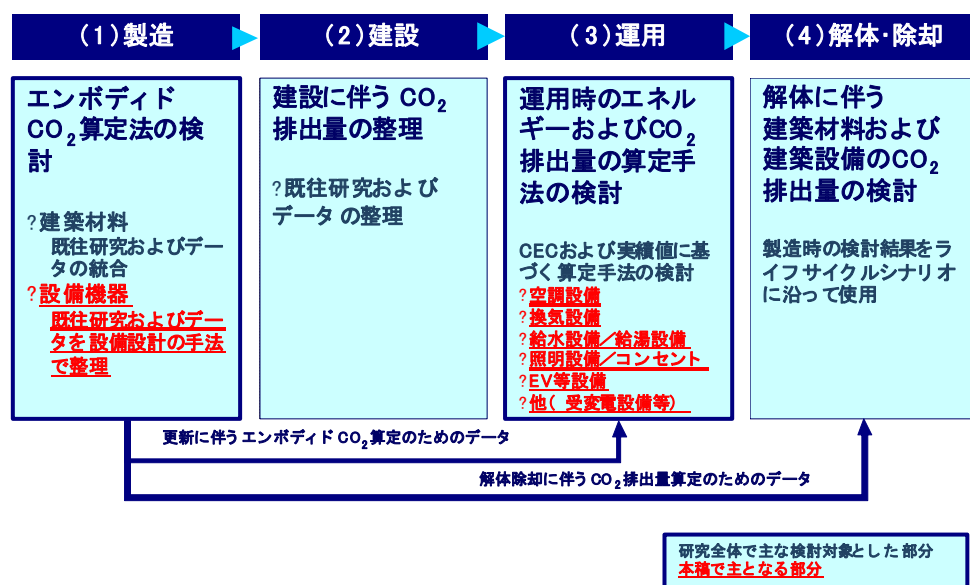


図 2.1.1 LCCO₂算定の全貌と主な検討対象

2.1.2 空気調和設備・換気設備

(1) 空気調和設備

(1.1) 空調のエネルギー消費量の算定方法

建築物の運用時において空調が消費するエネルギー（1次）およびその結果に基づく CO₂ 排出量の予測計算法については多くの既往の成果がある。空調システムシミュレーションが最も精緻な予測法であるが、建築物の省エネルギー基準において用いられている全負荷相当運転時間法などの、いわゆる手計算レベルの計算法も存在する。しかし、本検討では、建築や空調システムの詳細が定まっていない企画や基本設計の段階において、LCCO₂ の推計を行うことを対象としたため、全負荷相当運転時間法などよりも簡便な手法が望ましい。そこで、本検討においては、CEC/AC（省エネルギー基準で用いられている空調のエネルギー消費係数）の目標値を設定して、それを利用してエネルギー消費量を算定し、その消費量に基づいて CO₂ 排出量をも算定する方法を提案した。以下に空調のエネルギー消費量と CO₂ 排出量の算定手順を示す。

STEP-1 導入する空調システムを想定し、その特性や性能に見合った「CEC/AC の目標値」を設定する。

STEP-2 本稿で示す計算法（後述）を用いて、当該建物の内部発熱や空調時間の影響を適切に反映した年間空調負荷を算定する。この負荷は、CEC/AC の計算で定義されている「仮想空調負荷」と同様な趣旨で計算されるものであるが、内部発熱や空調時間を変数として想定している点が「仮想空調負荷」と異なる。本研究においては、特に注意がない限り、この負荷を「年間空調負荷」と呼ぶことにする。こうして算定された年間空調負荷に STEP-1 の CEC/AC 目標値を乗じて、空調の 1 次エネルギー消費量とする。その際、パラメーターに応じた補正が必要であれば、補正を行う。

STEP-3 得られた空調のエネルギー消費量をエネルギー種別（電力、ガス、・・・）に分解し、エネルギー種別ごとにそれぞれの CO₂ 換算係数を乗じて、CO₂ 排出量を算定する。

STEP-4 STEP-3 のエネルギー種別ごとの CO₂ 排出量を合計して、空調設備から排出される年間の CO₂ 排出量とする。

本来の CEC/AC と上記で目標値を設定している CEC/AC とでは、厳密な意味で定義が異なることに注意しなければならない。もちろん、両者とも、空調の 1 次エネルギー消費量を年間空調負荷で除した値で定義されるが、その分母と分子を計算するときの内部発熱量と空調時間が、両者においては必ずしも同一ではないのである。前者では、省エネルギー基準で定められた条件が用いられるのに対して、後者では当該建物において想定される内部発熱量と空調時間を用いる。つまり、本来（省エネルギー基準）の CEC/AC を

$$\text{CEC/AC} = E \div L \quad \dots(1)$$

とすれば、本研究のそれは、

$$CEC/AC^* = E^* \div L^* \quad \dots(2)$$

と定義される。ここで、E=空調の1次エネルギー消費量[MJ/年]、L=年間空調負荷[MJ/年]であり、*が付いていないものは、内部発熱量と空調時間について省エネルギー基準で定められた条件で算定されたものを意味し、*が付いているものは任意の条件で算定されたものを意味する。本検討においては、

$$CEC/AC^* = CEC/AC \quad \dots(3)$$

を仮定すれば、式(2)と式(3)から得られる式(4)が空調エネルギーの算定に用いられる基礎式となる。

$$E^* = L^* \times CEC/AC \quad \dots(4)$$

上記のSTEP-2で述べたように、式(4)において、CEC/ACの値としてその目標値を与え、L*を後述する簡易計算法から算定すれば、両者の積で、任意の内部発熱と空調時間における空調の1次エネルギー消費量であるE*が算定される。式(4)に従って算定したE*の例や、式(4)の補正、および、STEP-3と4で示したCO₂排出量への換算については、後述する。

(1.2) 年間空調負荷の簡易予測法

(1.2.1) 熱負荷シミュレーションとその結果の整理

表 2.1.1 熱負荷シミュレーションにおける変動因子と設定の詳細

変動因子	レベル設定の詳細				
	レベル	延床面積	基準階面積	階数	
①建物形状 (図2参照)	0	15,000㎡	1,396㎡	8階	
	1	3,000㎡	799㎡	4階	
②地域と季節	レベル	地域	冷房期	中間期	暖房期
	0	東京	6~9月	4.5,10,11月	12~3月
	1	旭川	7~9月	5.6,10月	12~4月
	2	那覇	5~10月	4,11,12月	1~3月
③窓の大きさ	レベル	窓面積比			
	0	5%			
	1	20%			
	2	40%			
	3	60%			
	4	80%			
④外壁の断熱仕様	レベル	断熱材		熱貫流率	
	0	なし		2.5W/m ² K	
	1	発泡ポリスチレン20mm		1.0W/m ² K	
⑤窓の仕様	レベル	ガラスと日射遮蔽		熱貫流率	日射侵入率
	0	透明単板ガラス+ブラインドなし		6.0W/m ² K	0.8
	1	透明単板ガラス+内ブラインドあり		4.5W/m ² K	0.5
	2	透明複層ガラス+内ブラインドあり		3.0W/m ² K	0.5
	3	熱反複層ガラス+内蔵ブラインドあり		2.5W/m ² K	0.2
	4	低放射複層ガラス+内ブラインドあり		1.5W/m ² K	0.4
⑥空調の設定温湿度	レベル	冷房期	中間期	暖房期	
	0	26°C,50% (10.5g/kg)	24°C,50% (9.3g/kg)	22°C,40% (6.5g/kg)	
	1	24°C,50% (9.3g/kg)	24°C,50% (9.3g/kg)	24°C,40% (7.5g/kg)	
	2	28°C,50% (11.9g/kg)	24°C,50% (9.3g/kg)	20°C,40% (5.8g/kg)	
⑦空調の運転時間	レベル	1日あたりの運転時間			
	0	9時間			
	1	12時間			
	2	15時間			
⑧内部発熱密度	レベル	照明発熱	在室人員	機器発熱	
	0	25W/m ²	0.2人/m ²	30W/m ²	
	1	25W/m ²	0.2人/m ²	20W/m ²	
	2	15W/m ²	0.1人/m ²	15W/m ²	

年間空調負荷の簡易予測式は、多数の熱負荷シミュレーションを行ってサンプルデータとし、それらのデータをよく近似する重回帰式を求める手法によって作成した。この熱負荷シミュレーションは、表 2.1.1に示すように、建物規模など、8 つの変動因子を想定し、それぞれの因子に対して 2~5 ケースのレベルを設定して行った。その結果、シミュレーションの総ケース数は、 $2 \times 3 \times 5 \times 3 \times 5 \times 3 \times 3 \times 3 = 12,150$ となった。また、シミュレーションプログラムには“NewHASP”を用いた。

空調負荷シミュレーションは、建物モデルの基準階(図 2.1.2参照)のみを対象とし、空調ゾーンを方位別のペリメータゾーン(外皮から 5m の範囲のゾーン)とインテリアゾーン(ペリメーター以外のゾーン)に分けて行った。本研究において算定すべき年間空調負荷は、既述のように「仮想空調負荷」であるので、外気導入による室冷房負荷の軽減は行わない。また、同時刻に異なるゾーンで冷房負荷と暖房負荷が発生しても、両者の混合利得は考慮しない。それゆえ、毎時の各ゾーンの熱負荷計算結果を、a)冷房の室負荷、b)暖房の室負荷、c)冷房の外気負荷、d)暖房の外気負荷の4種類に分類し、それぞれの年間積算値を求めた。

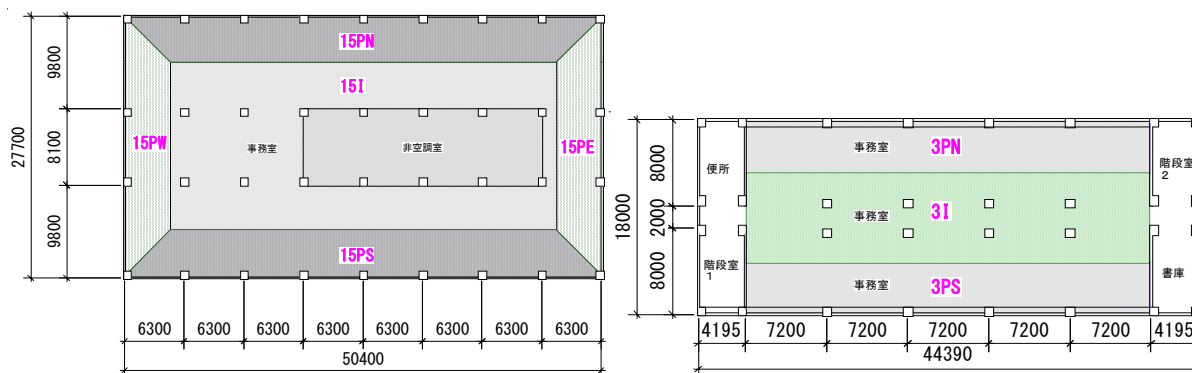


図 2.1.2 熱負荷シミュレーションにおける建物モデルの基準階平面
(左 : 15,000m²モデル、右 : 3,000m²モデル)

上記の年間積算値は、さらに、インテリアゾーンとペリメータゾーン別に、冷房は冷房、暖房は暖房どうして、室負荷と外気負荷を合算し(つまり、a)+c)、および、b)+d)をつくる)、予測すべき年間空調負荷とした。結局、本研究における年間空調負荷(ゾーン床面積あたりの数値で表すことにする)は、以下の4種類に絞込み、これらに対して空調負荷の簡易な予測式を策定することとした

- ①LC, I=インテリアゾーンの年間冷房負荷[kWh/(m²・年)]
- ②LH, I=インテリアゾーンの年間暖房負荷[kWh/(m²・年)]
- ③LC, P=ペリメータゾーンの年間冷房負荷[kWh/(m²・年)]
- ④LH, P=ペリメータゾーンの年間暖房負荷[kWh/(m²・年)]

(1.2.2) 重回帰分析による年間空調負荷の簡易予測式の策定

上記の①~④のそれぞれのシミュレーションデータに対して、地域別に重回帰分析を適用し、重回帰式を求め、相関が強い説明変数のみをピックアップして簡易予測式を策定した。以下に、その予測式を示す。説明変数 X_i の名称は表 2.1.2に、偏回帰係数 A_i , B_i , C_i , D_i

の数値(地域別)は表 2.1.3に示す。

$$L_{C, I} = A_0 + A_1X_1 + A_2X_2 + A_3X_3 \quad (5)$$

$$L_{H, I} = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 \quad (6)$$

$$L_{C, P} = C_0 + C_1X_1 + C_2X_2 + C_3X_3 + C_4X_4 + C_5X_5 + C_6X_6 \quad (7)$$

$$L_{H, P} = D_0 + D_1X_1 + D_2X_2 + D_3X_3 + D_7X_7 \quad (8)$$

このような予測式から得られる計算値(予測値)と元々のシミュレーションによる計算結果(精解値)との比較を、式別に図 2.1.3～図 2.1.6に示す。これらの図には予測値の平均絶対誤差 ε [kWh/(m²・年)] も示した。ペリメータでは誤差がやや大きくなるが、簡易法としては満足できるのではなかろうか。なお、予測式の負荷の単位にはkWhを用いているので、予測式から与えられる計算値を式(4)の L*に適用するためには、下式のように単位を MJ に変換し、さらにペリメータの面積、AI[m²]、とインテリアの面積、AP[m²]、を勘案しなければならない。

$$L^* = 3.6 \times \{L_{C, I} + L_{H, I}\} + A_P(L_{C, P} + L_{H, P}) \quad (9)$$

表 2.1.2 予測式の説明変数

変数	変数の内容	単位
X1	1日の空調時間	h
X2	1日の内部発熱量	Wh/m ²
X3	空調時の設定温度(暖房:22℃、冷房℃からの差)	℃
X4	外壁の熱貫流率	W/(m ² K)
X5	窓の熱貫流率	W/(m ² K)
X6	窓面積比	-
X7	外皮の平均熱貫流率	W/(m ² K)

表 2.1.3 偏回帰係数の一覧

負荷の種類	係数	東京	旭川	那覇
①インテリアの冷房負荷	A ₀	1.24E+01	1.16E+01	1.61E+01
	A ₁	3.28E-01	-5.34E-01	3.24E+00
	A ₂	2.25E-01	2.25E-01	2.25E-01
	A ₃	-2.95E+00	-1.46E+00	-4.30E+00
②インテリアの暖房負荷	B ₀	-4.39E+00	-1.16E+01	-1.77E+00
	B ₁	4.33E+00	8.28E+00	8.16E-01
	B ₂	-1.70E-04	-1.70E-04	-1.70E-04
	B ₃	1.98E+00	1.72E+00	6.35E-01
③ペリメータの冷房負荷	C ₀	3.65E+01	3.23E+01	1.89E+01
	C ₁	6.81E-01	-5.71E-01	4.12E+00
	C ₂	1.83E-01	1.53E-01	2.15E-01
	C ₃	-4.70E+00	-2.17E+00	-5.71E+00
	C ₄	-1.54E+01	-1.25E+01	-4.53E+00
	C ₅	-6.99E+00	-5.84E+00	-1.28E+00
	C ₆	3.75E+01	6.28E+00	4.06E+01
④ペリメータの暖房負荷	D ₀	-1.00E+01	-2.55E+01	-2.01E+00
	D ₁	5.48E+00	1.08E+01	9.00E-01
	D ₂	-2.75E-02	-4.46E-02	-2.72E-03
	D ₃	3.58E+00	3.54E+00	9.03E-01
	D ₇	1.10E+01	2.07E+01	8.53E-01

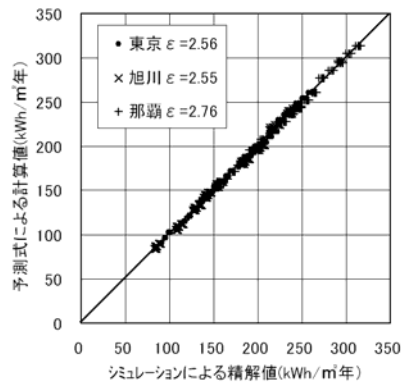


図 2.1.3 インテリアの年間冷房負荷の比較

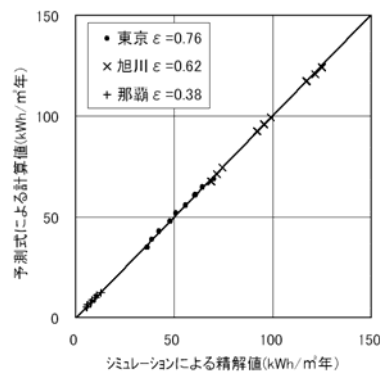


図 2.1.4 インテリアの年間暖房負荷の比較

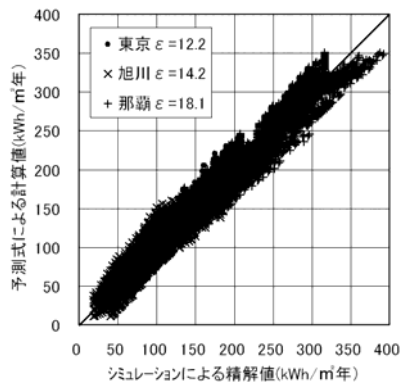


図 2.1.5 ペリメータの年間冷房負荷の比較

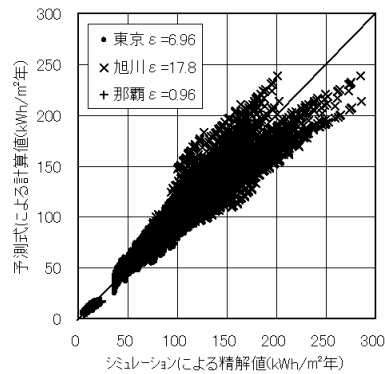


図 2.1.6 ペリメータの年間暖房負荷の比較

(1.2.3) 年間熱負荷の簡易予測式の応用性に関する検証

上記の予測式は、図 2.1.2に示すように、基準階の平面が長方形の建物モデルを想定し、その建物における様々な熱負荷が予測されるように策定されている。しかし、現実には様々な平面形状の建物が存在し、ペリメータ負荷とインテリア負荷の重みもモデルとして想定した建物のそれとは異なることが予想される。このような懸念を勘案して、この予測式の応用性を検証する意味で、一例ではあるが、平面形状がL字型であるIビル(図 2.1.7参照)を用いて、基準階における本予測式による計算値とシミュレーションによる精解値を比較した。図 2.1.8と図 2.1.9に比較結果を示すように、予測値は冷房でやや大きめに計算されるが、全体としては満足できる精度と考える。

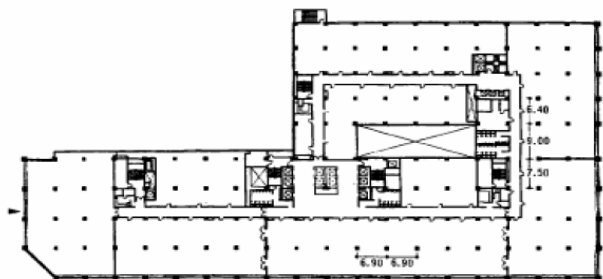


図 2.1.7 平面がL字型の建物モデル (Iビル)

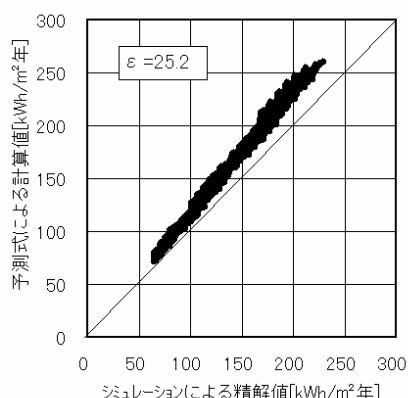


図 2.1.8 Iビルにおける年間冷房負荷の比較

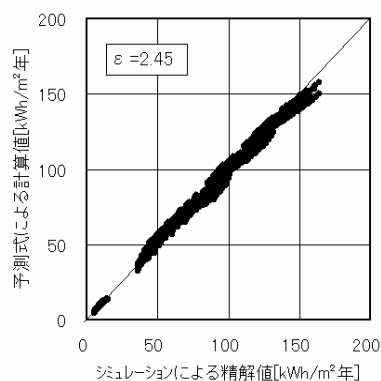


図 2.1.9 Iビルにおける年間暖房負荷の比較

(1.3) エネルギー消費量の計算法とその妥当性の検討

(1.3.1) 検討概要

STEP-2 で示したように、本計算法においては、「CEC/AC 目標値」を設定することで空調のエネルギー量を求めようというものであり、この値を適切に設定することが精度の向上には必要である。本研究では、「デザイン BECS for Windows Ver.3.3.20061205(1)」(以下、dBECS)を用い、各種省エネ手法を導入した空調システム毎の CEC/AC 値の試算を行った。なお CEC/AC は本来、省エネ基準で定められた内部発熱量と空調時間の下で算定される数値であるから、本計算法のように内部発熱密度や空調時間を延長した条件で算定される CEC/AC と一致しない可能性があり補正值に関する検討を行った。

(1.3.2) モデルビルを用いたCEC/ACに関する検討の概要

表 2.1.4に示すモデルビルを対象に、表 2.1.5に示す各種省エネ手法を採用した空調システムの各種省エネ手法に対応する CEC/AC 値を得た。図 2.1.10にその計算結果を示す。

表 2.1.4 モデルビル概要

用途・建設地	事務所・東京
規模	延床10,126.58m ² 、地上11F 地下1F PH1F

表 2.1.5 検討ケース計算条件

ケース	名称	概要
基準	CAV,CWV	ガス:冷温水発生機、電気:ヒートポンプチャラー
1	外気カット	基準ケース+外気カット(立ち上り1時間)
2	外気冷房	基準ケース+外気冷房
3	全熱交換機	基準ケース+全熱交換器(ファン追加)
4	VAV,VWV	基準ケース+ VAV,VWV
5	全省エネ	1+2+3+4(熱源機器容量の適正化)

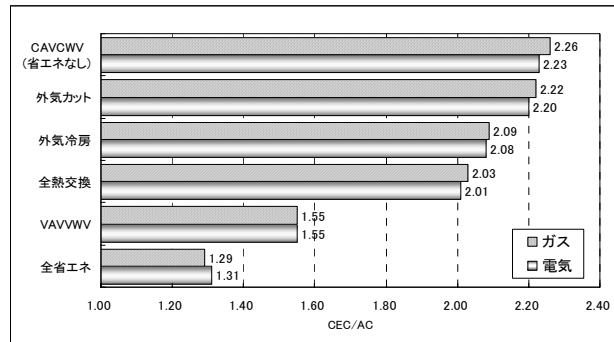


図 2.1.10 モデルビルにおけるCEC/ACの計算値

(1.3.3) 内部発熱密度及び空調時間を変化させた場合の検討

次に、内部発熱密度と空調時間を変化させた場合の CEC/AC 値について検討を行った。

本来 CEC/AC 値は、省エネ法によって定められた条件(表 2.1.6、No.4)によって算出される値である。一方、任意に内部発熱密度及び空調時間を設定できる本計算法に対し、固定条件(省エネ法条件)で算出された CEC/AC 値を自由な内部使用条件によって算出した CEC/AC*(変動条件) にどのような差異が生ずるか確認した。

変化させる内部発熱密度と空調時間の計算バリエーションを表 2.1.6に示す。

表 2.1.6 内部使用条件 ※人の発熱量：119W/人（作業指数3）

No	空調時間	内部発熱密度	内部発熱密度の内訳		
			照明	人	機器
1	10時間(8-18)	高	25W/㎡	0.2人/㎡	30W/㎡
2	13時間(8-21)				
3	16時間(8-24)				
4	10時間(8-18)	中	25W/㎡	0.2人/㎡	20W/㎡
5	13時間(8-21)				
6	16時間(8-24)				
7	10時間(8-18)	低	15W/㎡	0.1人/㎡	15W/㎡
8	13時間(8-21)				
9	16時間(8-24)				

図 2.1.11に内部発熱密度・空調時間の変更と CEC/AC 値の関係を示す。結果を要約すると以下ようになる。

- ① CEC/AC は、内部発熱密度の高低と空調時間の長短に影響を受ける。
- ② 内部発熱密度が同一の場合、空調時間の延長に伴い CEC/AC 値が増加する。
- ③ 空調時間が同一の場合、内部発熱密度の低下に伴い CEC/AC 値は増加する。

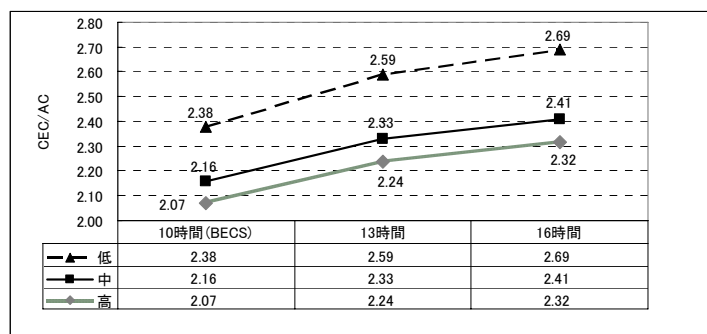


図 2.1.11 内部発熱密度・空調時間の変更がCEC/ACに及ぼす影響

(1.3.4) CEC/ACの補正方法の検討

前述のように、CEC/AC 値は内部発熱密度の高低と空調時間の長短に影響を受ける。

従って、本計算法に用いるCEC/AC 値は、これらのパラメーターによる何らかの補正が必要であり、本検討では以下の式に基づく検討を行った。

$$CEC/AC^* = CEC/AC \times \alpha \times \beta \quad (\text{式 10})$$

ここに、

$$CEC/AC^* = E^* / L^*$$

E* = 内部使用条件を任意に設定した場合のエネルギー消費量

L* = 内部使用条件を任意に設定した場合の仮想空調負荷

CEC/AC : 省エネ法固定条件によるCEC/AC値

α : 空調時間の補正係数 (表 2.1.7)

β : 内部発熱密度の補正係数 (表 2.1.8)

表 2.1.7 空調時間の補正係数

内部発熱密度	空調時間		
	10時間 (BECS)	13時間	16時間
高	1.00	1.08	1.12
中 (BECS)	1.00	1.08	1.12
低	1.00	1.09	1.13
補正係数	1.00	1.08	1.12

表 2.1.8 内部発熱密度の補正係数

内部発熱密度	空調時間			
	10時間 (BECS)	13時間	16時間	補正係数
高	0.96	0.96	0.96	0.96
中 (BECS)	1.00	1.00	1.00	1.00
低	1.10	1.11	1.12	1.11

補正法に基づいたCEC/AC*の比較を表 2.1.9に示す。

表 2.1.9 CEC/ACの精算値と補正法による推定値の比較

No.	内部発熱密度	空調時間	dBECSによる CEC/AC*	補正法による CEC/AC*
1	高	10時間	2.07	2.074
2		13時間	2.24	2.239
3		16時間	2.32	2.322
4	中	10時間	2.16	2.160
5		13時間	2.33	2.333
6		16時間	2.41	2.419
7	低	10時間	2.38	2.398
8		13時間	2.59	2.589
9		16時間	2.69	2.685

(1.3.5) 年間エネルギー消費量に関する検討

本計算法によって空調のエネルギー消費量を算出し、以下の検討を行った。

検討①: 基準条件下(10 時間、中密度)における省エネ手法毎の dBECS 計算結果(精算値)と本計算法の結果(概算値)の比較による計算精度の確認

検討②: 基準空調システムに対して dBECS 計算結果(精算値)と内部発熱密度及び空調時間を変更して試算した本計算法の結果(概算値)との比較による計算精度の確認

i) 検討①の結果

本計算法による結果(図 2.1.12)は、電気・ガス両方式ともに 10%程度過大に算出され、結果は安全側の評価であると言える。

ii) 検討②の結果

本計算法によって算出した空調のエネルギー消費量(概算値)及び同条件で dBECS により算出した精算値を図 2.1.13に示す。

本計算法による結果は、精算値と比較して空調時間(10 時間)で非常に良い一致をみた。また、13 時間、16 時間についても、内部発熱(低)条件では概ね精算値に一致するが、内部発熱の増加に伴い、やや大きな結果(10%~20%)となった。

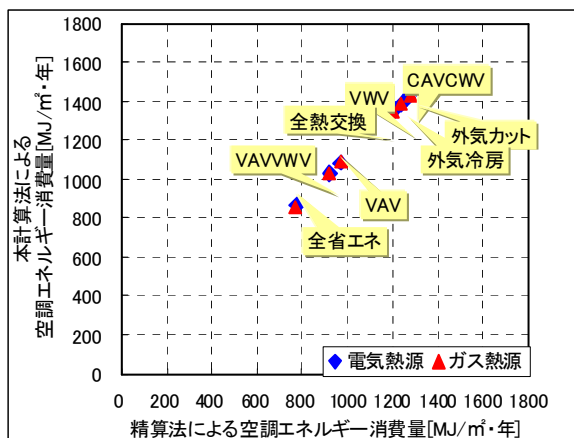


図 2.1.12 省エネ手法毎の精算値と概算値との比較

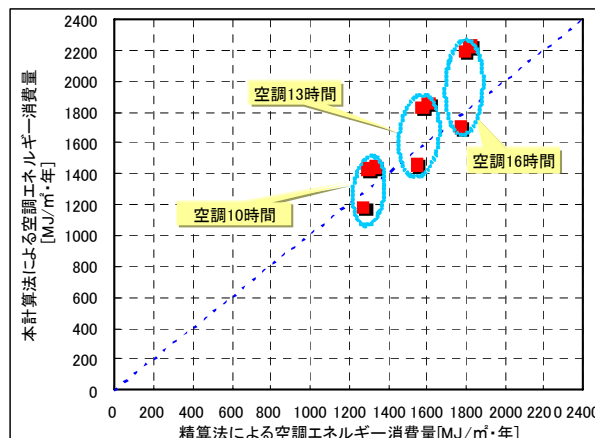


図 2.1.13 年間空調消費エネルギーの概算値と精算値の比較

(1.4) CO₂排出量の計算手法の検討

(1.4.1) 計算式

本計算法における一次エネルギー量を CO₂ 排出量に換算する方法を以下に示す。

< 電気熱源の場合 >

$$C = E \times a \times c1 \quad (\text{式 11})$$

< ガス熱源の場合 >

$$C = b \times E \times a \times c1 + (1 - b)E \times c2 \quad (\text{式 12})$$

ただし、C:CO₂排出量[kgCO₂/m²・年]

E:一次エネルギー消費量[MJ/m²・年]

a:電気換算係数 0.1[kWh/MJ]

※省エネ法昼間:9.97[MJ/kWh]の逆数

b:ガス熱源の場合の電気の使用比率

c1:電気のCO₂排出係数

c2:ガスのCO₂排出係数

電気熱源の場合は、(式 11)に示すとおり、算出された一次エネルギー消費量を二次エネルギー換算した後、CO₂ 排出係数を乗ずればよいが、ガス熱源の場合(式 12)は、一次エネルギー量を二次エネルギー量に変換する際に、電気(ポンプや送風機など)とガス(熱源機器)のエネルギー消費量を分離する必要がある。

図 2.1.14は図 2.1.11の計算結果をもとにガス熱源方式における電気とガスの使用比率を示した結果である。図 2.1.14から搬送動力の少ない VAV、VWV 方式を採用した条件ではガス消費の割合がやや増加するものの、ガスの使用比率:電気の使用比率はほぼ 1:1 となり式(12)中の b は約 0.5 を示すこととなる。この事例は、他の事務所ビル一般を代表する結果ではなく、より多くの実績データの解析や計算結果の精査により b の値を決定すべきであるが、以下本稿ではこの事例に基づき仮に b=0.5 の値を採用した場合の結果を示す。

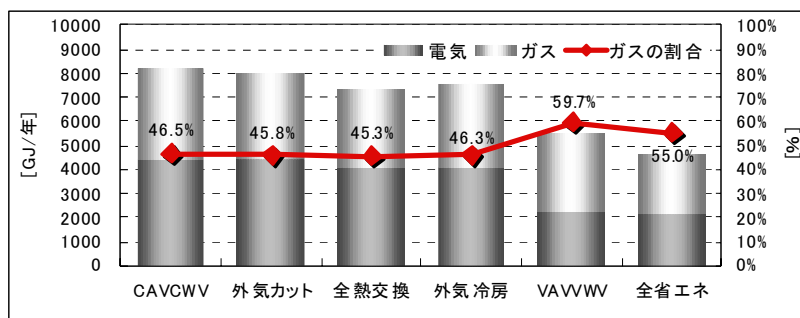


図 2.1.14 ガス熱源の場合の、一次エネルギー量に占めるガスの割合

(1.4.2) CO₂排出量のオーダーチェック

以下の方法により、本計算法によって算出される CO₂ 排出量のオーダーチェックを行った。

検討①:「本計算法(概算値)」と「dBECS(精算値)」との比較

検討②:「本計算法(概算値)」と「実在建物の実績値」との比較

なお、ここでは特定の電気事業者をモデルとしていないため、環境省・経済産業省の「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル(平成 18 年 11 月)」に示された CO₂ 排出係数(0.555[kg-CO₂/kWh])を使用して各試算を行った。また、平成 19 年 3 月 23 日付けで発表された環境省報道発表資料「平成 17 年度の電気事業者別排出係数の公表について」では、一般電気事業者及び特定規模電気事業者ごとの排出係数が示されており、本計算法はこれに対応する CO₂ 排出量の算定も可能である。

i) 検討①の結果

電気熱源、ガス熱源方式ともに、本計算法による結果は精算値に比して 10%程度過大な結果となったが、概算法の精度としては概ね良好な結果といえよう。

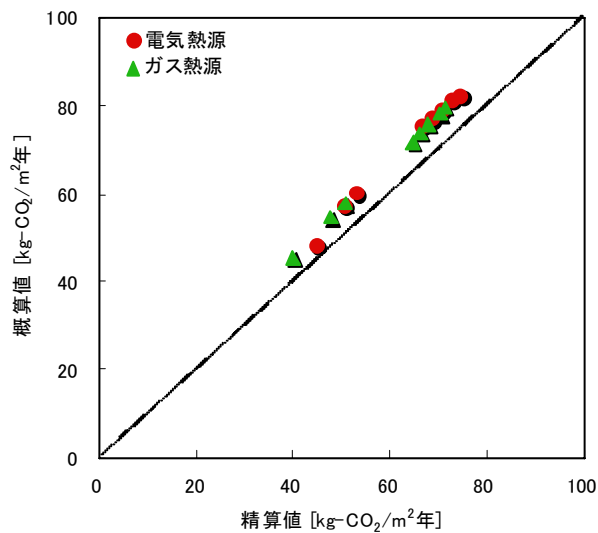


図 2.1.15 「概算値」と「精算値」との比較

ii) 検討②の結果

北海道、東京、沖縄に実在する建物の空調のエネルギー消費量実績値から換算したCO₂排出量を基に、本計算法によるCO₂排出量のオーダーチェックを行った。

本計算法に用いたCEC/AC目標値には各建物の設計値を採用し、空調時間も実情報に基づいているが、その他の建築情報については詳細が不明のため、表 2.1.10に示す通りそれぞれ妥当と思われる数値を設定した。

表 2.1.10 計算に用いた試算条件

	北海道Aビル	東京都Bビル	沖縄県Cビル
外壁熱通過率[W/K・m ²]	0.5	0.5	1.5
窓壁熱通過率[W/K・m ²]	1.7(複@12mm)	1.7(複@12mm)	5.0(単版)
窓面積比[%]	40%	40%	40%
内部発熱密度[W/m ²]	標準条件	標準条件	標準条件
空調時間[h](実績)	10.5	11.0	8.5
空調設定温度[°C]	標準条件	標準条件	標準条件
CEC/AC目標値(設計値)	0.47	0.89	1.14

結果を図 2.1.16に示す。いずれの地域・建物においても、本計算法によるCO₂排出量のオーダーに大きな問題はないといえよう。

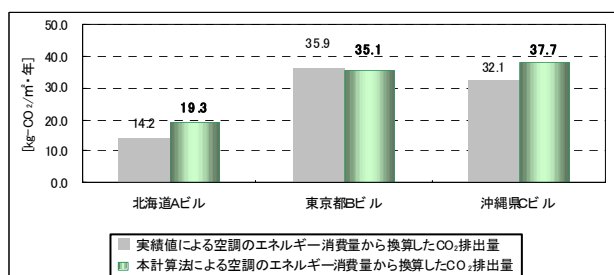


図 2.1.16 「概算値」と「実績値」との比較

(1.5) まとめ

建築物の企画段階や基本設計段階において LCCO₂ 評価を行うことを想定して、空調エネルギー消費量を簡易予測する手法を提案し、そのための年間空調負荷(仮想空調負荷)の簡易予測式について検討した。この予測式は、最上階の予測式の作成や地域の数を増大させるなどの課題が残っているが、一定精度を有していることが分かった。また CEC/AC を目標値に設定してエネルギー消費量及びCO₂排出量を簡易に算出する手法を提案した。本計算法による計算結果は、精算法よりもやや過大に算出されるが(10~20%程度)、計算結果は安全側の評価となり、計算手法の簡便性を考慮すれば十分に意義のある手法であると考えられる。

今後の課題として、内部発熱密度や空調時間などの使用条件に係る自由度を増すことや多様な空調システム、建物用途にも対応可能とすることなどがあげられる。

【註】「デザイン BECS for Windows Ver.3.3.20061205(1)」とは、BECS の固定条件(運転時間、内部発熱スケジュール、設定室温等を変更できる空調システムシミュレーションシステムである。

【参考文献】

- 1) 空気調和・衛生設備の環境負荷削減対策マニュアル, 空衛学会, 2001.
- 2) 長井達夫ほか, 熱負荷空調ソフトウェアの現状と将来(F), 空衛学会, 2006
- 3) 環境省・経済産業省:「温室効果ガス排出算定・報告マニュアル Ver.1.1」平成 18 年 11 月
- 4) (財) 建築環境・省エネルギー機構:「建築物の省エネルギー基準と計算の手引き(平成 18 年度省エネ基準対応)平成 18 年 9 月 20 日
- 5) 田辺新一、梅主洋一郎他: 空調設備におけるファクター4の研究(その2) 機器性能向上による環境負荷削減効果の検討、平成 17 年度空気調和・衛生工学会講演論文集C-64

(2) 換気設備

ここでは、空気調和設備以外の換気設備の年間エネルギー量の算定方法について示す。

(2.1) 算定式の構造

予測式は、空気調和設備以外の換気設備ごとに入力電力と稼働時間を掛け合わせる形とする。算定式は以下となる。

$$E_{VT} = \sum_{i=1}^n I_{Vi} \times T_i \quad \dots (式 1)$$

ここで

EVT	: 空気調和設備以外の換気設備の総年間消費電力量 kWh/年
I _{Vi}	: 換気設備iの入力電力 kW
T _i	: 換気設備iの年間駆動時間 h/年
i	: 算定対象の換気設備
n	: 算定対象の換気設備の数

(2.2) デフォルト値に関する検討

ここでは、事務所を対象として、実績データの解析に基づいて換気設備のデフォルト値を用意する。デフォルト値は詳細な設計検討が出来ない場合に用いる目的で設定するもので、若干大きめの値となるようにしている。

図 2.1.17に A～D の4つの事務所ビルの空気調和設備以外の換気設備の年間消費電力量 7 サンプルを延べ床面積で除した消費電力量 EV を示す。換気設備は、機械室や駐車場に設置されているため、空調面積よりも延べ床面積との相関が高いと判断し、分母に設定した。また Cビルについては3年分、Dビルについては2年分のデータがあり、C-1、D-1のように分類して図中に示した。少ないサンプルではあるが、Bビルは他のビルに比較して消費エネルギー量が小さく、他のビルでは、ビル間で大きな差異は出ていない結果となっている。これらデータの平均値は 9.5kWh/m² で、標準偏差は 4.5 を示している。

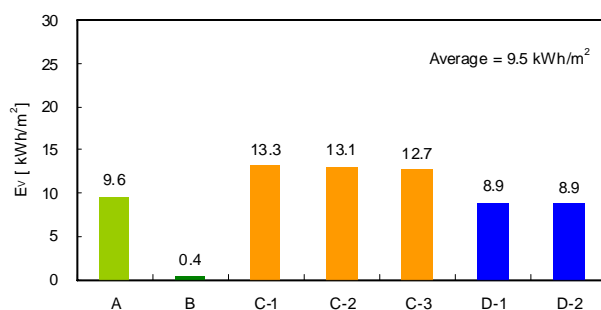


図 2.1.17 事務所ビルの年間消費電力量を延べ床面積で除した値 (4ビル、7サンプル)

図 2.1.18に上記ビルの CEC/V の値を示す。Bビルは CEC/V の値も小さくなっており、省エネルギー型の設計に十分な注力がなされていると考えられる。これら平均は 0.52 であり、基準値の 1.0 と比較して小さい値を示している。これは B 以外のサンプルの母集団が省エネルギーに対し、一定の配慮を行っているからである。

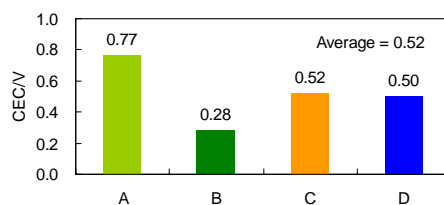


図 2.1.18 各建築の CEC/V 値

図 2.1.19に図 2.1.17の結果を用いて CEC/V=1.0 相当に割り戻した各ビルの年間消費電力量 EV を示す。CEC/V=1.0 相当に割り戻すことで、一般的なビル (CEC/V=1.0 程度と考えると考えられる) の年間消費電力量程度になると想定した。これらデータの平均値 17.8 をデフォルト値として設定する。この値は、既往の研究と比較してオーダーが同じで、かつ若干大きめとなっている。なお、標準偏差は 10.6 と大きく、ばらつきには B ビルの影響が強い。

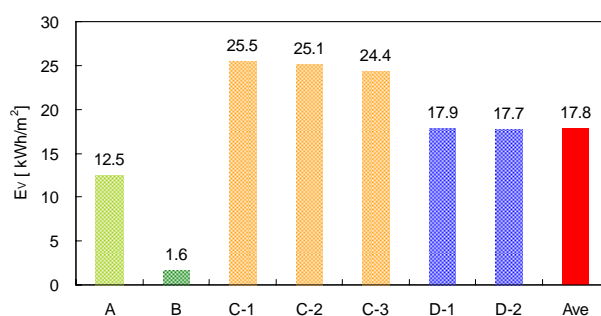


図 2.1.19 CEC/V=1.0相当の年間消費電力量を延べ床面積で除した値

(2.3) まとめ

本節において換気設備を対象として、年間エネルギー消費量の算定式を示し、また事務所ビルの実績データに基づいて、詳細な設計検討が出来ない場合のデフォルト値として17.8kWh/m²年を示した。本検討においてデフォルト値には、単相電力で稼働する換気設備のデータが取得されていないが、三相稼働の換気設備と比較するとその値は小さいと考えられる。しかしながら、サンプル数が決して多くないため今後の実績データの蓄積と解析およびその精査が望まれる。

2.1.3 給水設備・給湯設備

(1) 給湯設備

(1.1) ホテルにおける実測データに基づく解析

(1.1.1) CEC/HWの計算結果

東京都に建つホテルについて、給湯設備の消費エネルギーの試算例とする。計算方法は、既存の CEC/HW による方法を採用し、実測例と比較する。(一次エネルギー換算係数は 9760 kJ/kWh)

i. 計算条件

- ・室条件:全 396 室・シングル 198 室、ツイン 198 室、全客数 594 名。
- ・共用系統:Wホテル新館系統に共用系統は含まれていない。
- ・先止配管は 30A が 1m、25A が 1m、20A が 3m とする。捨て湯回数を 2 回/日とする(配管の保温が高くないことと客の回転が早いことより)。
- ・貯湯槽は 5 m³×2 基と 4 m³×2 基で合計 18 m³。
- ・仮想熱源として貯湯槽加熱能力より、132,000×2+110,300×2 kcal/h= 合計 563 kW
- ・行き蒸気温度 120℃、還り水は 85℃と設定。
- ・配管は全て機械室やパイプシャフトにあるものとし、ゾーン 3 を選択。
- ・配管は全て保温仕様 3 とし、バルブ・フランジは省略する。
- ・貯湯槽周囲や熱源周りの配管は不明なので、100A が 100m×2 とする。
- ・ボイラー効率:ガス焚蒸気ボイラー・定格効率 0.79、熱交換器効率は 1.0 とする。
- ・CEC/HW 基準値:Ix=15.4 より基準値は 1.7 となる。
- ・循環ポンプ動力:機器表より高層階 0.25kW、低層階 0.25kW である。

ii. CEC/HW の計算結果

表 2.1.11 CEC/HW計算結果 [GJ/年]

給湯負荷	3,531
給湯配管損失	609
先止配管損失	106
一次側配管損失	304
貯湯槽損失	7
ポンプ動力負荷	58
ボイラー損失	1,211
合計	5,827

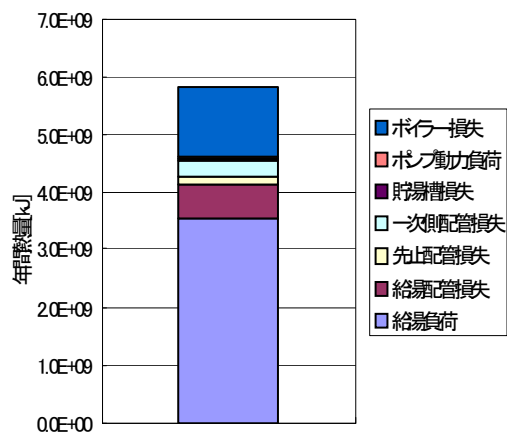


図 2.1.20 CEC/HW計算結果

(1.1.2) 実測結果との比較

配管系統はWホテルと同等とし、CEC/HW 計算法に則って、2004年メータ推移値を用いて、表2.1.12に示すような設定により各月の計算を行った。

表 2.1.12 実測結果とCEC/HW計算との整合

給水温・給湯温	給水温・給湯温の表より10日・20日・月末の平均値を各月で設定
給湯量	推移表よりW103とW123の合計
日給湯熱量	4.2*給湯量*(給湯温-給水温)で計算
消費蒸気量	推移表よりS101とS105の合計
供給熱量	蒸気消費量に2 kgf/cm ² の飽和蒸気の潜熱2,202 kJ/kgfを乗じて計算
日数	2004年は閏年なので2月は29日までである
月平均外気温	アメダス電子閲覧室より東京2003、2004年の各月平均値を入力
空調室内気温	CEC/HW計算のデフォルト設定:6~9月は26℃、他は22℃を採用
機械室等気温	外気温と空調室気温との算術平均
先止配管損失	CEC/HW計算表より係数を参照し、日数と温度差を乗じる
給湯配管損失	CEC/HW計算表より係数を参照し、日数と温度差を乗じる
一次側配管損失	CEC/HW計算表より係数を参照し、日数と温度差を乗じる
貯湯槽損失	CEC/HW計算表より係数を参照し、日数と温度差を乗じる
ポンプ消費	メータ推移表よりE313とE317の高層・低層貯湯槽動力の合計に、一次エネルギー換算係数9,760 kJ/kWhを乗じて求める

i. 実測結果に基づく計算結果(2004年)

図 2.1.21に、消費蒸気量から換算した供給熱量とCEC/HWの計算による消費量、供給熱量に対する計算による消費量の比を示す。概ね計算による消費量の方が数0~17%大きい。年合計では、蒸気消費量による供給熱量は2,270 GJ/年、CEC/HW計算では2,359 GJ/年となり4%程度計算のほうが大きい結果となった。

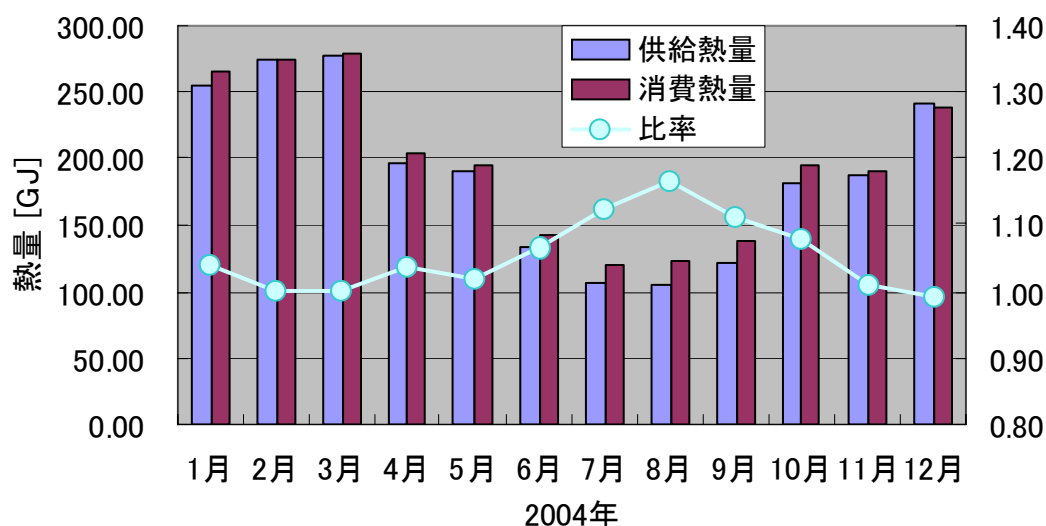


図 2.1.21 2004年のWホテル供給熱量とCEC/HW計算結果

このとき、計算結果に基づいて、ボイラー効率を0.79とした場合のCEC/HW=2.27となる。表2.1.11と上記計算結果の年合計を比較すると、給湯温、給水温がCEC/HWの設定値と異なるため多少の差異が見られるが、計算法は同等であるため、給湯負荷以外は概ね一致している。

ii. 実測結果に基づく計算結果(2003年)

2004年の場合と同様に、消費蒸気量から換算した実消費熱量と CEC/HW の計算消費量、実消費量に対する計算消費量の比を求めると、概ね±10%程度の誤差となっている。2003年合計では、蒸気消費量による実消費熱量は 2,444 GJ/年、CEC/HW 計算では 2,507 GJ/年となり 3%程度計算のほうが大きい結果となった。

(1.1.3) 結論

以上より得られた知見を下にまとめる。

① CEC/HW 計算法に則って実測値による貯湯槽供給熱量と比較すると、年間 4%程度、月別では 2004年では 0~17%、2003年では -10~10%の誤差で求められ、給湯システムの消費エネルギーや LCCO₂ 評価の際に、CEC/HW 計算法は十分な精度をもつことを確認できた。

② Wホテルの CEC/HW 値は、標準設定による計算では 1.65(基準合格)、実測給湯量から 43℃換算給湯量換算による計算では 2.17、給湯温・給水温を実測結果から引用すると 2.27、となった。CEC/HW の基準合否には給湯負荷が大きな影響を持つが、消費エネルギーは給湯量が大きくなると当然大きくなる。

(1.2) 給湯消費エネルギー詳細計算の試算

(1.1)より CEC/HW を用いて、給湯設備による消費エネルギーを妥当に推定できることがわかったので、詳細計算の試算に CEC/HW 計算を用いて検討する。

(1.2.1) 循環配管・一次側配管の保温強化

CEC/HW における保温仕様 1~3 の保温厚さとその出典を表-3 に示す。保温仕様 2 と保温仕様 3 は保温厚に大きな差はないが、保温仕様 1 は保温強化の場合である。

表 2.1.13 保温仕様1~3の詳細

呼び径	40	50	125	
保温仕様1	30mm以上	40mm以上	50mm以上	空気調和・衛生工学会 建築・設備の省エネルギー技術指針
保温仕様2	25mm以上	25mm以上	30mm以上	空気調和・衛生工学会規格 HASS010-2000
保温仕様3	20mm以上		25mm以上	建設大臣官房官庁営繕部監修の機械設備工事共通仕様書(平成5年版)

(注) 保温材は、熱伝導率 0.044 W/(m・K) 以下の材とする。

(1.2.2) 熱源の効率向上

熱源の定格効率向上の影響について、同様に試算を行った結果、熱源の定格効率を 5% 変化させた場合、各保温仕様においても 5%以上の消費エネルギー低減になった。CEC/HW の計算式からもうかがわれるが、熱源効率を N%向上すると消費エネルギーは N%以上低減することになる。

(1.3) 給湯システムによる年間消費エネルギーの簡易推定法

(1.3.1) 中央熱源方式の場合

ア CEC/HW 基準値

CEC/HW 基準の算定方法を図示すると、図 2.1.22 のようになる。

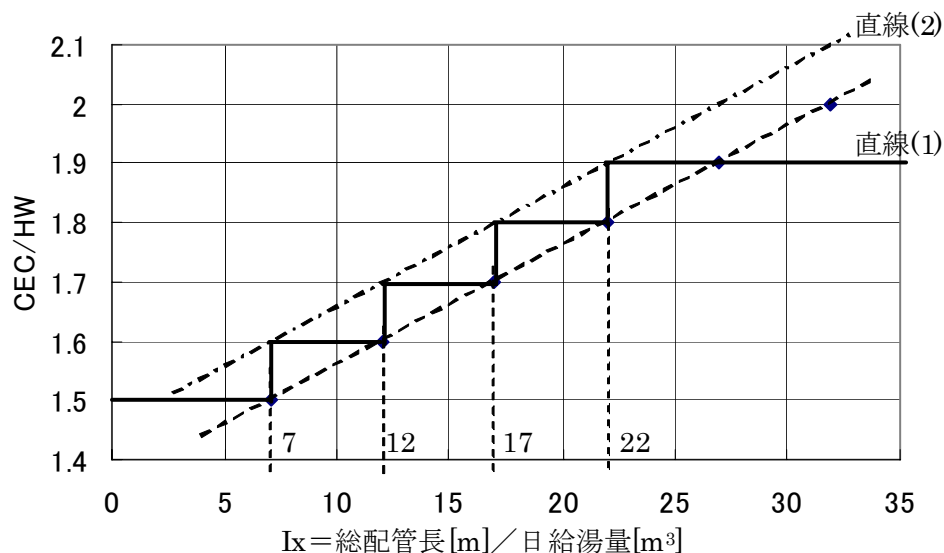


図 2.1.22 Ix を用いて CEC/HW の基準値を求める

イ CEC/HW による給湯用途消費エネルギーの試算方法

CEC/HW は消費エネルギーを仮想給湯負荷で除したものであり、CEC/HW 値に仮想給湯負荷を乗じると消費エネルギーになる。上式で CEC/HW を概算し、仮想給湯負荷を乗じることによって消費エネルギーを概算できることになる。手順としては次の通りとなる。

- (1) 循環配管、一次側配管の長さを合計して ΣL [m] を求める。
- (2) 日給湯量 [m³] を求める。
- (3) $I_x = \text{日給湯量} / \Sigma L$ より $CEC/HW = 0.02I_x + 1.36$ で求める。
- (4) 日給湯量 $\times (43 - \text{年間平均給水温}) \times 4.2 \times 365$ [kJ/年] で仮想給湯負荷とする。
- (5) $CEC/HW \times \text{仮想給湯負荷}$ で年間消費エネルギー [kJ/年] を概算できる。

ウ 設計仕様による消費エネルギー算定式の作成

表 2.1.11 に示すビジネスホテルの計算例及びこれまでの計算事例から、給湯消費エネルギーは主として配管の保温仕様と熱源機器効率によって定まることが分かっている。詳細は CEC/HW 計算法に任せ、その方がわずかでも算定式より小さくなるように、上記の算定式を修正する。

CEC/HW は I_x の線形式で近似できることが知られているので、(1.1) のビジネスホテルを対象に、給湯配管長を事例通り ($I_x = 11.94$) とその 2 倍 ($I_x = 22.61$) にした場合を計算する。保温仕様 1~3 および熱源定格効率 $\eta = 0.78, 0.83, 0.88$ の合計 18 通りの計算解より、各設計条件において、CEC/HW を I_x の直線式で記すと表 2.1.14 のようになる。

表 2.1.14 ビジネスホテルを対象としたIxとCEC/HWの関係式

仕様	$\eta = 0.78$		$\eta = 0.83$		$\eta = 0.88$	
1	$=0.0105 \times I_x$	+1.3447	$=0.0099 \times I_x$	+1.2644	$=0.0094 \times I_x$	+1.1941
2	$=0.0147 \times I_x$	+1.3485	$=0.0139 \times I_x$	+1.2684	$=0.0130 \times I_x$	+1.1995
3	$=0.0154 \times I_x$	+1.3465	$=0.0144 \times I_x$	+1.2677	$=0.0136 \times I_x$	+1.1977

CEC/HW=(a×Ix+C)/η の形に近似できることがわかる。このとき C は保温仕様によらずほぼ一定と想定できる。さらに W ホテルの事例についても同様の計算を行い、上記の算定式を求めた。算定式のほうが大きくなるように、多少の係数調整を行い、次式を提案する。

$$CEC/HW = \frac{a \cdot I_x + 1.06}{\eta} \dots(1)$$

ここで、a は保温仕様 1 で 0.011、保温仕様 2・3 で 0.016 となる。

エ 給湯システムの運転時間による検討

保温仕様が仕様 1 の場合は a=0.011、2・3 の場合は a=0.016 とおき、熱源の定格効率 η を用いて CEC/HW の簡易算定式は、

$$CEC/HW = \frac{a \cdot I_x + 1.06}{\eta} \dots(2)$$

である。これに仮想給湯負荷を乗じると給湯による年間消費エネルギーとなる。

ホテルや病院では給湯設備は 24 時間運転となる場合が多いが、物販店舗や飲食店では夜間に停止する場合もあり、消費エネルギーを妥当に評価するには上式に運転時間の影響を加味する必要がある。そこで、「建築物の省エネルギー基準と計算の手引き」による店舗の計算例で検討する。運転時間を 24、21、18、15、12 時間の 5 通り、Ix=8.34、15.64 (計算例)、30.25、44.85 の 4 通り、熱源効率 η = 0.78、0.83、0.88 の 3 通りについて、CEC/HW の試算を行った。この結果より、例えば停止時間比を r とおいて、表 2.1.11 にある CEC/HW の比率との関係を図示すると、図 2.1.23 のようになる。Ix によって縦軸の比率は大きく異なることがわかる。

図 2.1.23 には各点を 2 次関数による近似式を示している。すなわち、

$$CEC/HW = f \times \frac{a \cdot I_x + 1.06}{\eta} \dots(3)$$

とにおいて、係数 f を停止時間比 r の 2 次関数とし、r=0 のとき f=1 を考慮して、次式で近似する。

$$f = p \cdot r^2 + q \cdot r + 1.000 \dots(4)$$

各係数 p、q を表 2.1.15 に示す。R² 値も大きいので、十分な近似式と思われる。

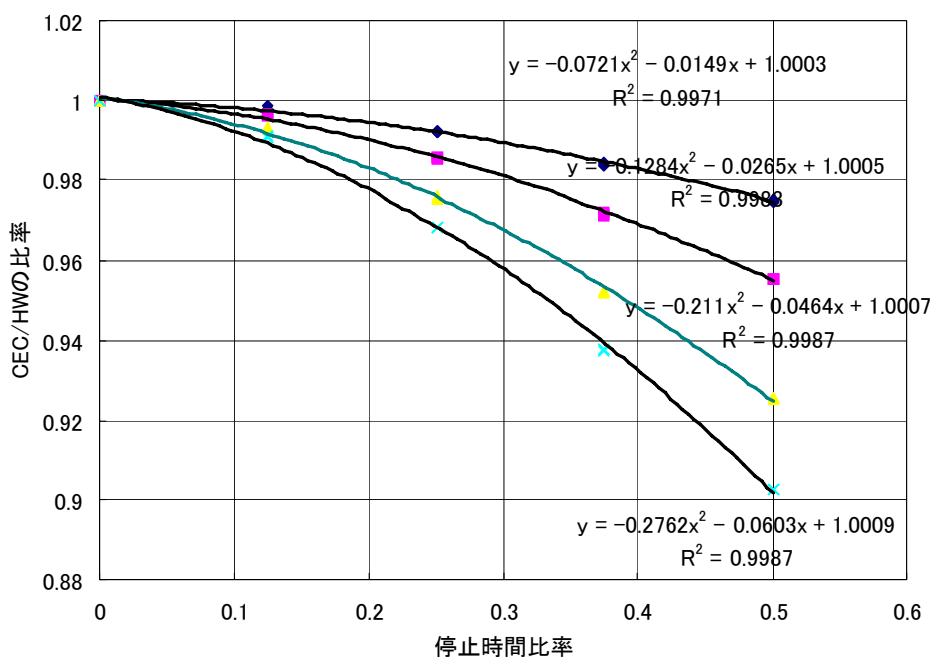


図 2.1.23 停止時間比とCEC/HWの比率

表 2.1.15 CEC/HWの比率の近似式

I_x	8.34	15.64	30.25	44.85
2次項の係数p	0.0721	0.1284	0.2110	0.2762
1次項の係数q	0.0149	0.0265	0.0464	0.0603
R^2 値	0.9971	0.9983	0.9987	0.9987

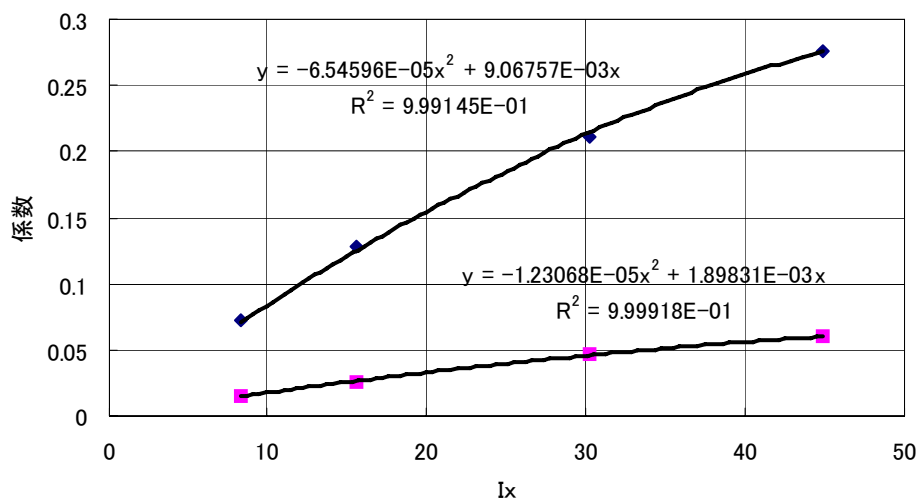


図 2.1.24 I_x と係数p、qの関係

このとき、係数 p 、 q と I_x との関係を図 2.1.24に示す。原点を通る 2 次関数でよく近似できることが分かる。これらを次式に示す。

$$\left. \begin{aligned} p &= 6.54596 \times 10^{-5} \cdot I_x^2 - 0.00906757 \cdot I_x & (R^2 = 0.9991) \\ q &= 1.23068 \times 10^{-5} \cdot I_x^2 - 0.00189831 \cdot I_x & (R^2 = 0.9999) \end{aligned} \right\} \dots(5)$$

すなわち、停止時間がある場合は、 I_x より上式から p 、 q を求めて(4)式に代入して f 値を定め、さらに(3)式から CEC/HW を求めればよい。

オ CEC/HW の計算精度

(3)～(5)式による CEC/HW の近似値と相対誤差を計算すると、相対誤差は 0.0009～0.31%となった。

カ CEC/HW による簡易推定の手順

以上の検討を元に、給湯用途に関わる消費エネルギーの算定手順を示す。

(1) 簡易計算の適用条件

- ・ I_x が 5～30 程度の通常の配管計画であること
- ・保温仕様 1～3 に該当する妥当な保温がなされていること
- ・年間を通して熱源効率が大きく変化しない熱源設備であること(ヒートポンプ系の熱源では困難であろう)

(2) 43℃換算の日給湯量 M [m^3 /日]を求める。

(3) 総配管長(先止配管を除く) ΣL [m]を求める。

(4) 設計仕様より保温仕様 1～3 を選択する。保温仕様 1 の場合は $a=0.011$ 、保温仕様 2・3 の場合は $a=0.016$ とおく。

(5) 年間平均水温 t_w より、年間の仮想給湯負荷を次式で算定する。

$$QHS = 4.2 \times 365 \times M \times (43 - t_w)$$

【補足】年間平均水温は「建築物の省エネルギー基準と計算の手引き」に計算方法が記されているので、それを参照する。また簡易な方法ではあるが、年間平均水温は建物計画地の年間平均気温とおおよそ等しいので、気象庁の電子閲覧室で近隣のアメダス観測点を選定し、10 年程度の年間平均気温の平均を求めて代用してもよい。

(6) 指標 $I_x = \Sigma L / M$ より求める。

【補足】用途別の I_x の参考値としては、2002 年度の届出実績やケーススタディの範囲内では、概ねホテルでは 5～13、病院では 20～27、店舗では夜間停止を行うシステムとして、 I_x は病院と同等である。

(7) 給湯システムの運転スケジュールを設定する。

- ・24 時間運転を基本として年間のシステム停止日数が 10 日程度以下の場合は、連続運転として CEC/HW の補正係数 $f=1.0$ とおく。
- ・1 日のうち給湯システムを停止する時刻を設定する場合は、年間のシステム停止日数が何日であっても停止時間比 $r = \text{停止時間[時間]} / 24 \text{ 時間}$ を求めて補正係数 f を計算する。まず(6)で求めた I_x を用いて次式で係数 p 、 q を求める。

$$\begin{cases} p = 6.546 \times 10^{-5} \cdot I_x^2 - 0.009068 \cdot I_x \\ q = 1.231 \times 10^{-5} \cdot I_x^2 - 0.001898 \cdot I_x \end{cases}$$

停止時間比 r を用いて次式で補正係数 f を決定する。

$$f = p \cdot r^2 + q \cdot r + 1.000$$

(8) 熱源定格効率 η より、次式から CEC/HW を求める。

$$CEC/HW = f \times \frac{a \cdot I_x + 1.06}{\eta}$$

(9) 年間の給湯用途に関わる消費エネルギーは、 $QHS \times CEC/HW$ [kJ/年] で求められる。

キ 建物用途別 I_x の参考値

a 省エネルギー計画書による実態調査結果

2002年度に提出された省エネルギー計画書より、建物用途別 CEC/HW 値のデータを抜粋すると表 2.1.16 のようになる。

表 2.1.16 用途別のCEC/HW値

用途	件数	およその範囲	最頻値	平均値	基準値(当時)
事務所	なし	—	—	—	—
店舗	4件	1.3~1.5	1.35	1.38	1.7
ホテル	24件	1.2~1.6	1.45	1.37	1.5
病院	55件	1.3~1.7	1.65	1.54	1.7
学校	なし	—	—	—	—

排熱回収やコージェネレーションなどの熱源効率を向上させる工夫により、CEC/HW 値がかなり小さくなって、基準値を下回っている物件もある。特に店舗では夜間停止の影響により、CEC/HW はかなり小さくなる。

b 用途別の I_x の推奨値

上記の資料では物件の詳細がわからないので、安易に CEC/HW 値から I_x を推定想定できないが、平均値で見ると、事務所・学校を除いて、前述の直線(1) $CEC/HW = 0.02I_x + 1.36$ より、店舗 $I_x = 1.0$ 、ホテルで 0.5、病院で 9 となってしまう。最頻値を用いると、表 2.1.17 の通りである。

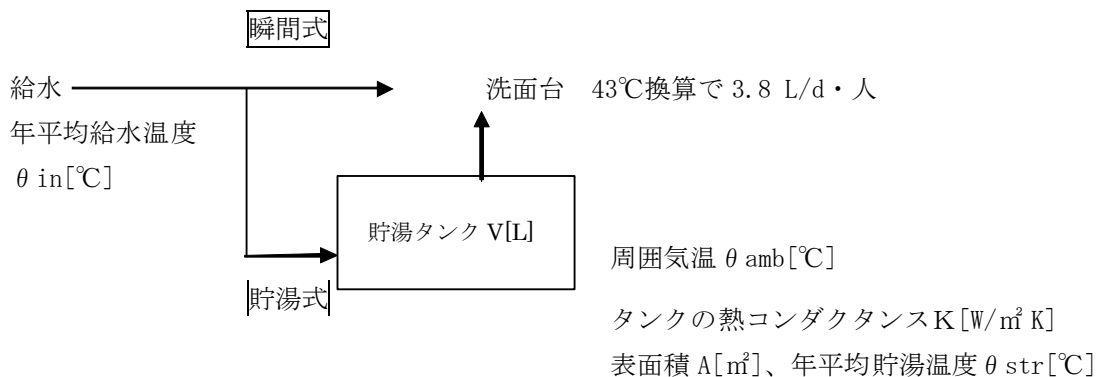
表 2.1.17 用途別 I_x の範囲

用途	最頻値の範囲	直線(1)による	簡易計算式($a=0.011 \cdot \eta=0.8$)
店舗	$1.3 < CEC/HW < 1.4$	$I_x = 2$ 程度	$I_x = 5$ 程度
ホテル	$1.4 < CEC/HW < 1.5$	$I_x = 2 \sim 7$	$I_x = 5 \sim 13$
病院	$1.6 < CEC/HW < 1.7$	$I_x = 12 \sim 17$	$I_x = 20 \sim 27$

店舗では夜間停止を行うことで I_x が大きくても消費エネルギーを抑えることができる。また、ホテルでは 10 以下、病院では 12~17 程度が望ましいことがわかる。用途別の I_x の参考値としては、2002年度の届出実績やケーススタディの範囲内では、概ねホテルでは 5~13、病

院では 20～27、店舗では夜間停止を行うシステムとして、 I_x は病院と同等と考えてよい。

(1.3.2) 局所給湯方式の場合



ア. 瞬間式の場合

43°Cの湯をつくる電気ヒーター(効率 100%)の消費電力を求める。

消費エネルギーE(電力二次エネルギー) = $3.8 \times \text{利用人数} \times (43 - \theta_{in}) \times 4.2 \times 365$ kJ/年

イ. 貯湯式の場合

ア. に貯湯タンクからの熱損失を加算する。

タンクからの熱損失 = $\text{タンク個数} n \times KA (\theta_{str} - \theta_{amb}) \times 365 \times 86400 \text{ 秒} \div 1000$ kJ/年

(2) 給水設備・排水設備

(2.1) 給水設備に関する消費エネルギーの予測

給水設備によるエネルギー消費はひとえに給水のためのポンプ動力であり、給水方式によって異なる。設備設計によって消費電力等は求められるが、ここでは高置タンク方式を用いた場合が最大消費電力となると仮定する。日給水量を V L/d・人、ポンプの流量を Q [m³/s]・効率を η [-]・電力を W [kW]とし、揚程を H [m]とする。このとき $W = 10QH / \eta$ [kW]で与えられる。そこで、日給水量を Q で除して運転時間とし、年間に換算して W を乗じて求めることができる。

電力消費 $E = 0.001 \times V \times \text{利用人数} \div Q \times W \times 365 = 0.365 \times V \times \text{利用人数} \times 10H / \eta$

(2.2) 排水設備に関する消費エネルギーの予測

通常は重力排水となるので電力消費は不要であるが、地下階や 1 階の排水を排水ポンプで揚水する場合は考慮する必要がある。日給水量の r 倍を揚水量とし、揚程を上記 H の q 倍とすると、消費電力は給水量と揚程に比例するため rqE と書ける。

(2.3) 雨水利用設備、排水再利用設備の場合

雨水利用、排水再利用がある場合は揚水量としては基本的に上記(1)と変わらない。雨水利用設備、排水再利用設備に搬送する場合の動力分と排水再利用に使われるブローア動力が加算される。給水量の ϕ % が雨水・排水再利用等でまかなわれるなどと設定し、揚程を適切

に仮定すれば搬送分は(1)と同様の式で求められる。ブロー一分は排水再利用設備の仕様から設定することとなる。

(3) 二酸化炭素排出量への換算手法

算出された二次エネルギー消費量を二酸化炭素排出量に換算する手法を以下に示す。

ここでは便宜上、環境省・経済産業省の「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル」に示された二酸化炭素排出係数を使用して各試算を行っているが、「他人から供給された電気の使用」に関しては、同マニュアルに記されている、「個別事業者ごとに公表されるものについては、当該排出係数を用いて算定を行って算定」を否定しているものではない。

都市ガスの場合

$$\cdot C = E \times c1 \dots(6)$$

電気(買電)の場合

$$\cdot C = E \times c2 \dots(7)$$

ただし、C:CO₂排出量[kgCO₂/年]

(注)二酸化炭素排出係数

都市ガス使用の場合 : 0.0506[kg-CO₂/MJ]

他人から供給された電気使用の場合 : 0.555[kg-CO₂/kWh]

出典:平成18年11月 環境省 経済産業省 温室効果ガス排出算定・報告マニュアル

2.1.4 照明・コンセント・輸送設備と変圧器損失

本項では、事務所ビル・商業施設における、照明・コンセント・輸送設備（エレベータ（以降「EV」）・エスカレータ）の年間のエネルギー消費量と、変圧器損失の予測方法を示す。

上記のエネルギー使用先のうち、照明とコンセントは、建物全体のエネルギー消費量に占める割合が大きいにもかかわらず、従来、消費実態の詳細が明らかでなかった。その理由の一つは、照明とコンセントのエネルギー消費量を分離して計測することが非常に困難なためである。公開されている資料・文献等のなかには、建物全体のエネルギー消費量に対する、照明とコンセントの占有率を報告しているもの^{参考文献1)}もあるが、照明のエネルギー消費量は照明方式や設計照度などによる影響が、コンセントのエネルギー消費量はOA機器などの設置密度による影響が大きいいため、単一の占有率を一律に適用することは妥当でないと考える。

従前の、エネルギー消費量を予測するために既に開発・公開されているツール^{参考文献2)}には、空調の年間エネルギー消費量は、各地の気象データを使って熱負荷計算を行い、詳細にシミュレーションして予測しているものの、照明とコンセントのエネルギー消費は、かなり簡易な方法を採用しているものが多い。このため、空調のエネルギー消費量の予測には、シミュレーションベースで詳細な予測ロジックが構築されてきたのに対し、照明とコンセントのエネルギー消費量の予測が、この域に達していないことが、エネルギー消費量予測システム（ツール）構築上の課題の一つであった。

したがって、今回はこの課題を少しでも解消することを意識しながら検討を行った。そのために、まず照明とコンセントを完全に分離して計測されたエネルギー消費実績データを取得し、その消費構造を分析することとした。そしてその分析結果と、省エネ法の「照明エネルギー消費係数(CEC/L^{参考文献3)})」の算定構造を利用し、かつ、主要な照明区画については光束法による簡易な照明設計を組み合わせる方法を検討した。

また、コンセントは3段階の負荷密度(W/m²)を設定し、これを用いる方法を検討した。

なお、照明とコンセントについては、汎用表計算ソフトを使用する、エネルギー消費量計算ツールの開発を試みた。

EVのエネルギー消費量の予測方法は、EVのエネルギー消費量が単独で計測された実績データと、省エネ法の「エレベータエネルギー消費係数(CEC/EV^{参考文献3)})」の計算法を利用し、EVの利用頻度や負荷率を考慮する方法を検討した。

エスカレータは、エスカレータのエネルギー消費量が単独で計測されたデータが入手できなかったため、メーカーへのヒアリング結果と(財)省エネルギーセンターの報告書^{参考文献4)}を参考に、EVと同様の方法を検討した。

その他、照明・コンセント・EF・エスカレータ以外に、年間のエネルギー消費量が比較的多いと考えられる変圧器の損失に着目し、その予測方法を検討した。

以下に各々の検討の概要を示す。

(1) 照明・コンセント

ここでは、事務所ビルと商業施設における照明とコンセントのエネルギー消費実績データの取得と、これらに基づく予測方法の概要を示す。

なお、予測方法は照明については CEC/L の算定構造(Σ 各照明区画の照明機器の入力電力×年間点灯時間×採用している照明制御等による補正係数)を利用することとしたため、照明の制御方法ごとの省エネ効果率が必要になる。そこで今回、より実情に近い省エネ効果率を把握するため、既存の文献等を調査した。コンセントについては、3段階の負荷密度(W/m²)を設定し、これを用いる方法を検討した。

また、検討した予測方法を検証するため、汎用表計算ツールを使用した計算ツールを開発したので概要を示す。当該ツールは、事務所の場合、全般照明方式とタスク・アンビエント照明方式について、商業施設の場合はベース照明方式について適用できる。このツールでは、照明の主要区画は光束法による簡易な照明設計を行うが、その他の区画については個別に原単位で積み上げる方法と、レントラブル比の統計値から簡易に計算する方法のどちらかを選択できるようにしている。

なお、計算結果から CO₂ 排出量を求めるときは、電気の CO₂ 排出原単位(たとえば環境省の原単位 0.555kg-CO₂/kWh)を乗じることで可能となる。

(1.1) 照明・コンセントエネルギー消費実績データの収集及び分析

以下、照明・コンセントのエネルギー消費実績データの収集(1.1.1)とその消費構造の分析(1.1.2)、並びに併せて実施した照明制御手法の省エネ効果率調査(1.1.3)について述べる。

(1.1.1) 事務所ビル及び商業施設の照明・コンセント実績データの収集

実績データは、新たに取得可能なデータの取得と既存の公表データの収集を行った。事務所ビルについては、未公表データを含めたデータとして、建築・環境省エネルギー機構(IBECE)の近年の省エネ建築賞受賞物件 10 件の中から、照明・コンセントの電力消費量データを有する 5 物件の詳細情報を取得した。このうち、照明・コンセントが分離できているデータは 3 件である。分離されていないデータについては、上記の残り 2 件に加え、N 社のテナントオフィスビルの 150 件のデータを得た。その他、既存の公表データとして、省エネルギーセンターのデータを収集した。商業施設については、新たに実績データは得られなかったが、スポットライトなど売り場における演出照明の消費量に占める割合に関して、予測法構築に際し不可欠な情報であるため、ベース照明・演出照明(スポット照明)に関する目視及び写真による実態調査を百貨店・スーパーマーケット、量販店の計 10 店舗を対象に実施した。

(1.1.2) 事務所ビル及び商業施設の照明・コンセント消費構造の分析

事務所ビルについて、上記(1.1.1)により得られたデータを総合して解析を行った。図 2.1.25 は、事務所ビルの延べ床面積と[照明+コンセント]年間電力消費量との関係である。

これより、事務所ビルの[照明+コンセント]電力消費量に総量については、述べ床面積と

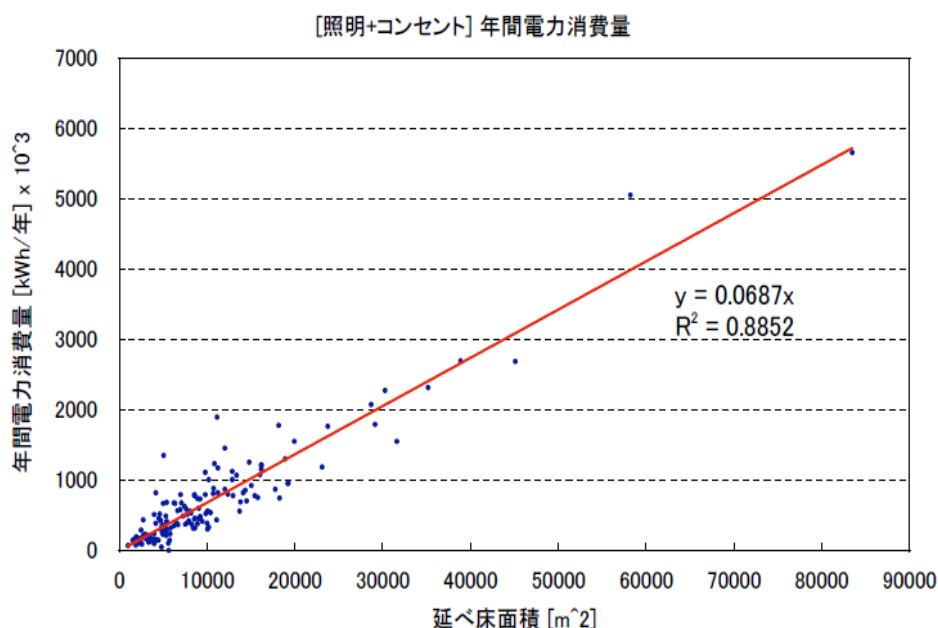


図 2.1.25 事務所ビルの延べ床面積と[照明+コンセント]年間電力消費量との関係

の相関が高いことがわかる。

図 2.1.26は、[照明]電力消費量と[コンセント]電力消費量の関係である。これより、事務所においては、照明電力消費量とコンセント電力消費量がほぼ同程度であることがわかる。既往の結果^{参考文献 1)}に比べ、コンセントの割合が大きくなっているのは、省エネ建築賞という対象建物の性格から、省エネ照明手法を多く採用していることとや、CEC/L の届出の効果により光源の効率化が進んで近々の建物は照明の消費効率が上がっていること等が理由であると考えられる。その他、OA 機器についての密度の違いの影響があると推察されたが、これについては明確な根拠は得られていない。

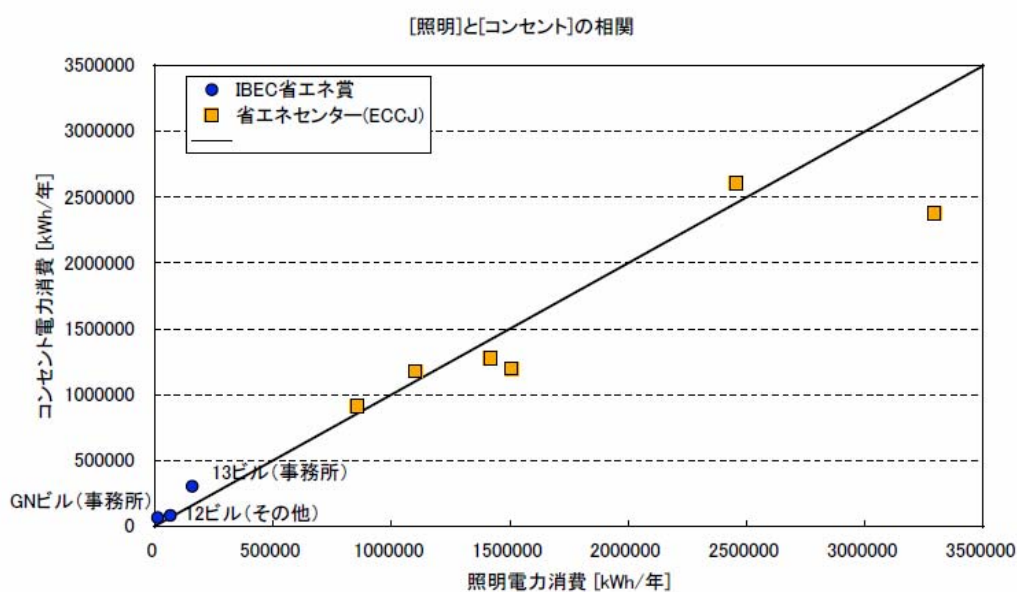


図 2.1.26 事務所ビルの[照明]電力消費量と[コンセント]電力消費量の関係

商業施設については、実態調査で得られた10施設の写真からベース照明と演出照明のそれぞれの消費電力密度(W/m²)を、推定した。表2.1.18は、ある施設の調査結果の集計例である。表中の基準面積(m²)とは、システム天井における1グリッドの面積に相当するもので、今回の商業施設の実態調査では、写真から全体の消費電力を推定する必要があったため、このような考え方を用いている。

表 2.1.18 商業施設実態調査からの消費電力密度の推定例

店舗名	B百貨店												トータル電力
	ベース照明						演出照明						
項目	照明1	照明1	照明2	照明2	基準面積	電力	照明3	照明3	照明4	照明4	基準面積	電力	(W/m ²)
フロア	(W/台)	台数	(W/台)	台数	(m ²)	(W/m ²)	(W/台)	台数	(W/台)	台数	(m ²)	(W/m ²)	
B1F	160	2	60	2	13	33.8	60	2	75	1	13	15.0	48.8
1F	200	2	60	1	13	35.4	60	1	0	0	13	4.6	40.0
2F	120	2	60	2	13	27.7	60	2	0	0	13	9.2	36.9
3F	100	2	60	2	13	24.6	60	3	0	0	13	13.8	38.5
4F	100	2	60	2	13	24.6	60	3	0	0	13	13.8	38.5
5F	160	2	60	2	13	33.8	60	2	0	0	13	9.2	43.1
6F	100	2	60	2	13	24.6	60	3	0	0	13	13.8	38.5
7F	100	2	60	2	13	24.6	60	3	0	0	13	13.8	38.5
8F	100	2	60	2	13	24.6	60	3	0	0	13	13.8	38.5
9F	90	2	0	0	13	13.8	60	2	0	0	13	9.2	23.1
平均						26.8						11.7	38.4

商業施設のコンセント電力(W/m²)については、既往の文献^{参考文献4)}に示された百貨店の照明・コンセント一体の電力(W/m²)と上記照明の推定値を元に値を導いた。

(1.1.3) 照明設備の省エネ手法効果率調査

主要部位の省エネ照明制御の補正係数については、CEC/Lで設定されている補正係数^{参考文献3)}と過去5年間の建築学会、電気設備学会、空気調和・衛生工学会、照明学会の文献をレビューして得られた省エネ効果率に関する値の比較により現実的な値を検討した。調

表 2.1.19 既存の照明省エネ手法効果率に関する調査

物件	種別	導入手法	実績値			CEC/L		出典
			W/m ²	W/m ²	削減率 [%]	実績補正係数[-]	現行補正係数[-]	
Hビル	事務所	初期照度補正	18.6	5.9	31.7%	0.76	0.85	望月、迫、樋口、渡邊、伊藤、田辺：昼光導入空間における視的・熱的快適性及び省エネルギーに関する研究(その8)、ガラス建築オフィスHビルにおけるブラインド操作時の照明電力消費量、日本建築学会大会学術講演梗概集(北海道)、p. 383-384、2004年8月。
		ブラインド、照度センサ+調光						
		ブラインドなし	9.6	3.1	32.3%	0.76	0.90	
		水平	9.8	2.9	29.6%	0.77	0.90	
		30°	10.0	2.7	27.0%	0.79	0.90	
		55°	11.0	1.7	15.5%	0.87	0.90	
		遮蔽	11.8	0.9	7.6%	0.93	0.90	
	(夜間)	12.7	0.0	0.0%	1.00	0.90		
ハウス食品東京本社	事務所	初期照度補正			25.0%	0.75	0.61	瀬戸、川合、中右、堀田：ハウス食品東京本社ビルにおける照明制御システム、平成10年度照明学会第31回全国大会、p. 174、1998
		昼光利用						
		在室検知						
東京電力技術開発センター	研究所	初期照度補正			23.5%	0.77	0.77	岩淵、河野ほか：東京電力技術開発センターにおける照明制御システムの効果その2、平成10年度照明学会第31回全国大会、pp. 175-176、1998
		昼光利用						
		初期照度補正			22.0%	0.78	0.77	
		昼光利用						
		昼休み・残業時一斉消灯						
石川県庁舎	庁舎	昼光利用			10.0%	0.90	0.90	大竹、根岸：「石川県庁舎」における省エネ実験(その2)、平成14年照明学会第35回全国大会、p. 147、2002

※Hビルの削減率=削減分÷実績値
 ※Hビルの実績補正係数=[実績値]÷([実績値]+[削減分])
 ※CEC/L現行補正係数：CEC/Lに示されている補正係数
 ※Hビル以外の実績補正係数=100%-削減率%

査の結果、表 2.1.19のように、調査した実際の省エネ効果率にはかなりばらつきがあるため、事務所ビルについては現行の CEC/L の照明省エネ手法の補正係数のままが望ましく、商業施設については、実態をより反映していると考えられる執務時間外のタイムスケジュール調光制御について補正係数を追加して使用することが望ましいと考えられた。

(1.2) 照明・コンセントエネルギー消費量の予測法の概要

以下、照明・コンセントエネルギー消費量の予測法の概要を、事務所ビル(1.2.1)、商業施設(1.2.2)のそれぞれについて述べる。

(1.2.1) 事務所ビルの照明・コンセントエネルギー消費量の予測法概要

予測法構築にあたって、まず、メーカーの照明器具台数の算定法を入手した。これを元に、事務所ビルの照明消費の予測は、主要な部位(執務室)については、空間の寸法及び設計照度、4種類の照明器具選択に応じ、光束法により導いた全般照明/アンビエント照明の照明器具台数とタスク照明の在席率に基づき、任意の年間点灯時間、省エネ照明制御の補正係数を勘案して算定し、共用部については、照明のレベルにより電力(W/m²)を3段階で選択して平均年間点灯率を乗じ、何らかの制御を採用した場合、一定の省エネ補正係数を乗じることとした。事務所ビルのコンセント消費の予測については、主要な部位(執務室)のみとし、OA機器の設置密度(W/m²)を3段階で選択できるようにし、それぞれの段階に対応したコンセント使用率を乗じることとした。

(1.2.2) 商業施設の照明・コンセントエネルギー消費量の予測法概要

商業施設の照明消費の予測は、事務所ビルと同様に、空間の寸法及び設計照度、4種類の照明器具選択に応じ、光束法により導いたベース照明の照明器具台数と演出照明のグレードに基づき、任意の年間点灯時間、省エネ照明制御の補正係数を勘案して算定し、共用部については、照明のレベルにより電力(W/m²)を3段階で選択して平均年間点灯率を乗じ、何らかの制御を採用した場合、一定の省エネ補正係数を乗じることとした。商業施設のコンセント消費の予測については、これも事務所ビルと同様に主要な部位(売り場)のみとし、3段階のコンセント負荷密度(W/m²)で選択できるようにし、それぞれの段階に対応したコンセント使用率を乗じることとした。ただし、商業施設の場合はOA機器に対する使用は想定していない。

(1.3) 事務所ビル・商業施設の照明・コンセント消費詳細予測プログラムソフト作成

上記(1.2)の計算アルゴリズムに基づき、照明・コンセント専用消費量予測ツールのインターフェースを試作した。このツールでは、汎用表計算ソフトを使用し、CEC/Lの構造に近い枠組みを採用しつつ積み上げ方式による簡易計算を行うことができる。事務所ビルのタスク・アンビエント照明の場合の計算フローを図 2.1.27、画面イメージを図 2.1.28に、商業施設の場合の計算フローを図 2.1.29、画面イメージを図 2.1.30に示す。

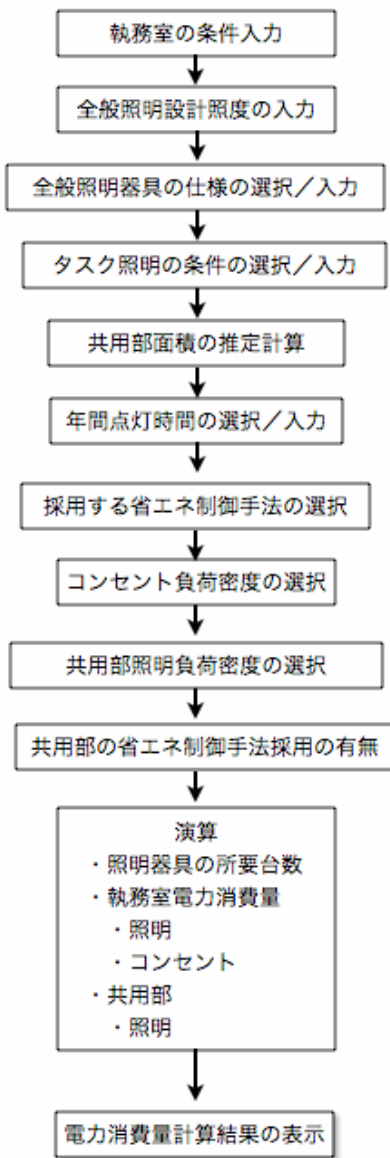


図 2.1.27 事務所ビル用照明・コンセント計算フロー

照明・コンセント年間電力消費試算シート 事務所ビル(T&A照明)版			
■ の部分を入力する。 ■ 斜体数値の部分は自動入力または自動計算される。			
■ 執務室条件			
開口	KL	8	m
実行高	YL	8	m
天井高さ	HC	2.4	m
作業面高さ	VPL	0.7	m
室内反射率			
天井面	8%	ref.1	0.8 [-]
壁面	7%	ref.2	0.7 [-]
床面	3%	ref.3	0.3 [-]
■ 照明設計条件			
アンビエント照明設計照度	E _s	30.0	lx
■ アンビエント照明器具条件			
電圧	100 V / 200 V		
PF(F) 2 2T			
ランプ光束	F _{imp}	6720	lm
器具の消費電力	W _{inp}	71	W
器具の種類 下面開放			
保守率	M _{inp}	0.69	[-]
照明器具取り付け高さ(床面から)	H _{imp}	2.4	m
■ タスク照明の条件			
机上スタンドの消費電力	W _{deskimp}	24.0	[W]
机ひとつ当たりの床面積	S _{desk}	15.3	[m ² /人]
在座率 (朝晩所高/ベル)	pa	70	[%]
■ 執務室・共用部の面積推定			
執務室の室数	N _{rom}	1.0	室
執務室の床面積合計	A _{of fce}	6.40	m ²
レシオラシ	R _{nt rate}	0.61	[-]
延べ床面積推定値	A _{total}	1049.2	m ²
共用部面積推定値	A _{com}	409.2	m ²
■ 照明電力消費量(執務室)計算の条件			
年間点灯時間の設定			
自動設定(初期値)			
就業日数、一日の就業時間を手入力			
年間の就業日数	N _{wdys}	248	日/年
土日祝日休			
二日の就業時間数	N _{whrs}	1.4	時間/日
年間の点灯時間	N _{of chrs}	30.00	時間/年
執務室			
共用部	N _{co mhrs}	30.00	時間/年
照明設備の制御による補正係数	F _{coef}	0.54	[-]
1) カード・センサー等による入室検知制御		0.80	[-]
2) 明るさ検知による自動点灯制御		0.80	[-]
3) 補正照度制御		0.85	[-]
4) タイムスケジュール制御		[-]	
5) 取光利用制御		[-]	
6) リーニング制御		[-]	
7) 遮断制御		[-]	
その他		1.00	[-]
■ 執務室のコンセント電力消費量計算の条件			
コンセント負荷密度	C _{tap}	20.0	[W/m ²]
コンセント年平均使用率	f _{tap}	40.0	[%]
■ 共用部の照明用電力消費計算の条件			
照明グレード			
テナントビル(低/中)	W _{in pcom}	10.0	[W/m ²]
共用部の照明設備制御による補正係数	F _{comp}	0.90	[-]
何らかの省エネ手法を採用している			
■ 計算結果			
■ 照明器具所要台数計算			
室指数	K _r	2.35	
照明率	J	0.785	[-]
所要台数	N _s	5.3	台
	N _{iss}	6	台
■ 年間電力消費量計算			
執務室			
アンビエント照明電力消費量推定値	E _{icomp}	7.0	10 ³ kWh/年
		25.0	GJ/年
タスク照明電力消費量推定値	E _{icdimp}	2.1	10 ³ kWh/年
		7.6	GJ/年
執務室			
コンセント電力消費量推定値	E _{ictap}	15.4	10 ³ kWh/年
		138.2	GJ/年
共用部			
照明+コンセント電力消費量	E _{iclowksp}	24.4	10 ³ kWh/年
= E _{icomp} + E _{ictap} + E _{icdimp}		87.9	GJ/年
共用部			
照明電力消費量	E _{icomp}	8.0	10 ³ kWh/年
		1080.0	GJ/年
建物全体			
照明のみ	E _{ictotal}	32.4	10 ³ kWh/年
		10887.9	GJ/年

図 2.1.28 事務所ビル用画面イメージ

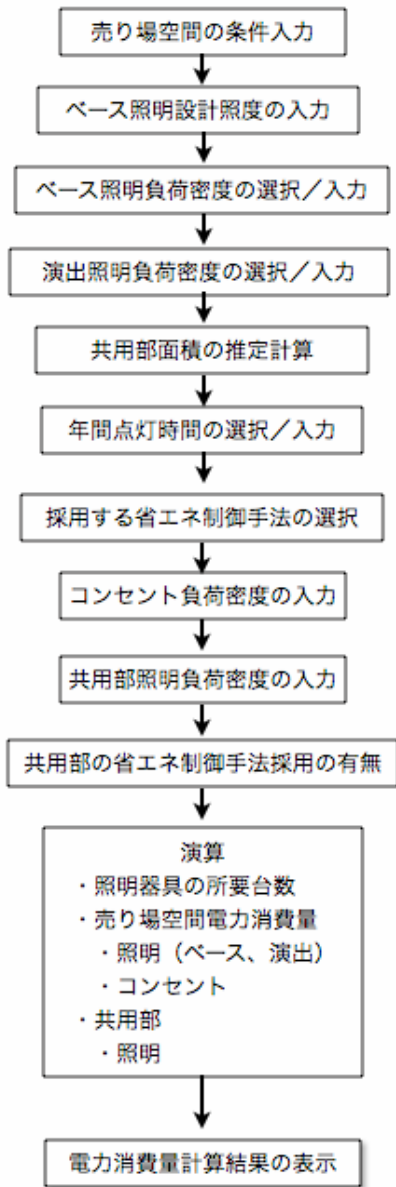


図 2.1.29 商業施設用照明・コンセント計算フロー

照明・コンセント年間電力消費試算シート ？ 店舗版 ？						
<input type="checkbox"/> の部分を入力する。 <input checked="" type="checkbox"/> 斜体数値の部分は自動入力または自動計算される。						
■ 売り場空間の条件						
間口	XL	8	m			
奥行き	YL	8	m			
天井高さ	HC	2.4	m			
作業面高さ	VFL	0.7	m			
室内反射率						
天井面	80%		ref_1	0.8	[]	
壁面	70%		ref_2	0.7	[]	
床面	30%		ref_3	0.3	[]	
■ ベース照明設計照度						
照明設計照度	Es	30.0	lx			
■ ベース照明用器具条件						
電圧						・100Vか200Vかどちらかを選択する。
<input checked="" type="radio"/> 100 V <input type="radio"/> 200 V						
Flx(H0.32 45W 8灯)						
ランプ光束	Fimp	946.0	lm			
器具の消費電力	Wimp	9.5	W			
器具の種類						
鏡面レール付き						
保守率	Mimp	0.69	[]			
照明器具取り付け高さ(床面から)	Himp	2.4	m			
■ 演出照明の条件						
専門店売り場(高レベル)	Sp tmp	2.0	[W/m ²]			
■ 売り場空間・共用部の面積推定						
売り場のある階数	Nrom	1.0	階			
売り場の床面積合計	Aoffice	64.0	m ²			
レナール比	Rnrate	0.61	[]			
基本床面積	Atotal	104.92	m ²			= 売り場床面積 / 基本床面積
共用部面積推定値	Acom	40.92	m ²			
■ 照明電力消費量(売り場空間)計算の条件						
営業時間の指定方法						
<input type="checkbox"/> 自動設定 <input checked="" type="checkbox"/> 商業専用施設(百貨店など) <input type="checkbox"/> 複合施設(駅ビルなど) <input type="checkbox"/> 営業の日数・時間を手入力						
年間の就業日数	Nwdsys	310	日/年			
週1日休み						
一日の就業時間数	Nwhrs	12	時間/日			
年間の点灯時間	Nstrhrs	4300	時間/年			
売り場空間	Nstrhrs	4300	時間/年			
共用部	Ncomhrs	4300	時間/年			
照明設備の制御による補正係数	Fceef	0.90	[]			
<input type="checkbox"/> 防カード・センサー等による入室検知制御 <input type="checkbox"/> 明るさ検知による自動点灯制御 <input type="checkbox"/> 適正照度制御						・採用した制御手法にチェックを入れる ・複数選択可。
<input checked="" type="checkbox"/> タイムスケジュール制御 <input type="checkbox"/> 制御なし <input checked="" type="radio"/> 営業時間内のみ <input type="radio"/> 営業時間外も調光制御						・タイムスケジュール制御をしない場合 ・営業時間内のみ調光制御する場合 ・営業時間外(従業員のための時間帯)も制御する場合
<input type="checkbox"/> 昼光利用制御 <input type="checkbox"/> ソーニング制御 <input type="checkbox"/> 局所制御 <input type="checkbox"/> その他						
■ 売り場空間のコンセント電力消費量計算の条件						
コンセント負荷密度	Ctap	25.0	[W/m ²]			
スーパーマーケットなど(高レベル)						
コンセント年平均使用率	ftap	40.0	[%]			
■ 共用部の照明用電力消費密度						
照明グレード						
複合商業施設(高レベル)	Wimpc om	20.0	[W/m ²]			
共用部の照明設備制御による補正係数	Fcomsp	0.9	[]			・採り入れている場合にチェックする。
<input checked="" type="checkbox"/> 何らかの省エネ手法を採り入れている						
計算結果						
■ 照明器具所要台数計算						
室指数	Kr	2.35				
照明率	U	0.580	[]			・照明率表より
所要台数	Ns	5.1	台			
	Nss	6	台			
■ 年間電力消費量計算						
売り場空間	■ 売り場空間					
	ベース照明電力消費量推定値	Eclimp	22.1	10 ³ kWh/年		・ベース照明のみ。
			79.4	GJ/年		・共用部は含まず。
	■ 売り場空間					
演出照明電力消費量推定値	Eled in p	47.6	10 ³ kWh/年		・演出照明のみ。	
			51.2	GJ/年		
共用部	■ 売り場空間					
	コンセント電力消費量推定値	Ectap	27.5	10 ³ kWh/年		・コンセントのみ。
			214.3	GJ/年		・共用部は含まず
共用部	■ 売り場空間					
	ベース+演出照明+コンセント電力消費量 = Eclimp + Eled in p + Ectap	Ebcwrksp	97.2	10 ³ kWh/年		
			349.9	GJ/年		
共用部	■ 共用部					
	照明電力消費量	Eccmsp	25.3	10 ³ kWh/年		※コンセントは含まず
			91.2	GJ/年		
共用部	■ 建物全体					
		Ectotal	122.5	10 ³ kWh/年		
			441.1	GJ/年		

図 2.1.30 商業施設用画面イメージ

(2) 輸送設備（EV・エスカレーター）

輸送設備（EV・エスカレーター）で対象とした建物用途は、EV については事務所ビル及び商業施設、エスカレーターについては殆どが商業施設であることから、商業施設のみとした。

以下、エレベータとエスカレータのエネルギー消費量に関する検討結果及び予測方法を示す。

(2.1) エネルギー消費量の計算法とその妥当性の検討

EV については、単独でエネルギー消費量が測定されている事例を収集し、これに基づき、省エネ法で定義されている「エレベータエネルギー消費係数」(CEC/EV)の分子(「エレベータ消費エネルギー量」)の算定式をベースとすることとした^{参考文献3)}。

エスカレーターについては、エスカレーター単独のエネルギー消費量を計量したデータが入手できなかったため、メーカーで使用されている駆動電動機の必要出力算定式と、既存の研究における予測法を参考に予測式を検討した。

(2.2) EV・エスカレーターエネルギー消費量予測法の概要

ベースとしたEVのCEC/L算定式を全ての建物に一律に適用することができるかどうかを検証するため、エレベータのエネルギー消費量が単独で計量されている建物について、CEC/EVの分子の算定値と実際のエレベータのエネルギー消費量の照合を行い、その結果より3段階の利用頻度の違いで補正係数を付与することとした。

これより、事務所ビルのEVの消費量については、
事務所ビルの消費量[kWh/年] = Σ 積載質量[kg] × 定格速度[m/分] × 速度制御方式係数(1/40) × 2000[h] × 利用頻度係数 × 電力回生係数
 とした。

商業施設については、EVの消費量の単独測定データが入手できなかったため、(財)省エネルギーセンターの研究報告書^{参考文献4)}を参考に、
商業施設のEVの消費量[kWh/年] = Σ 積載質量[kg] × 定格速度[m/分] × 10⁻⁴ × 年間運転時間[h/年] × エレベータ巻上機用電動機の年間平均負荷率
 とした。

ここでの補正係数(年間平均負荷率)は、利用頻度で3段階に設定している。

エスカレーターについては、EVの商業施設の場合と同様、消費量の単独測定データが得られなかったため、メーカーへのヒアリングにより得られた、メーカーで使用されている駆動電動機の必要出力算定式と、(財)省エネルギーセンターの研究報告書^{参考文献4)}を参考に、
商業施設のエスカレータの消費量[kW/年] = Σ 階高[m] × (1.3 × 乗客荷重[kg] × 定格速度[m/分] × 10⁻⁴ + 0.21) × 年間運転時間[h/年] × エスカレーター駆動用電動機の年間平均負荷率
 とした。ここでの補正係数(年間平均負荷率)も、利用頻度で3段階に設定している。

(3) その他設備に関する消費の状況

上述の設備以外のその他電気設備に関するエネルギー消費の実態を検討したところ、変圧器の損失の考慮は行うべきだが、それ以外については殆ど必要がないことがわかった。そこで、予測式を検討する対象は、変圧器の損失のみとした。また、今後設置される変圧器はすべて“トップランナー変圧器”とみなすこととした。予測式についての概要はここでは割愛する。

(4) 実績データと試算結果の比較による予測法の検証

事務所ビルについて、実際にエネルギー消費量が本項で対象とする照明、コンセント、EVの各用途別に単独で正確に計量されている建物をケーススタディの対象とし、上述の予測法のうち、照明、コンセント、EVの検証を行った。その結果、照明については共用部の照明の使用率、コンセントの使用率等を検討することで、精度良く一致することがわかった。また、EVについては精度良く予測値と実績値が一致することがわかった。

(5) 本項のまとめと今後の課題

本項では、事務所ビル及び商業施設を対象に、ある程度の精度を有し、かつ簡易な計算が可能な計算法として、照明・コンセント電力消費量の予測法構築及びその詳細計算ツールの作成、EV・エスカレータ電力消費量の予測法、変圧器損失の予測法の構築を行い、ある事務所を対象に、ケーススタディを実施してそれら予測法の検証を行った。

今後の課題としては、複数のケーススタディを試行して、様々なパラメーターを適正な形に収束させていくことが挙げられる。

【参考文献】

- 1) 白井・小峰・早川:業務用建築物におけるエネルギー消費と管理に関する研究 その2「熱源」「熱搬送動力」「照明」「コンセント」の消費先別エネルギー消費量の推定式、建築学会大会学術講演梗概集,2004
- 2) <http://www.eccj.or.jp/audit/esumt/index.html>
- 3) 建築物の省エネルギー基準と計算の手引 性能基準(PAL/CEC)、IBEC,2004
- 4) 平成16年度 ビルの省エネルギー対策検討委員会報告書、(財)省エネルギーセンター、2005
- 5) 平成15年度 建築物エネルギー消費報告書、日本ビルエネルギー総合管理技術者協会、2003

2.1.5 設備に係るエンボディドCO₂の推定法

2.1.1～2.1.4では、事務所ビルを対象としたLCCO₂算定方法に関する研究の一貫として、運用段階でのエネルギー量と、それに伴うCO₂の排出量の推定方法を示した。これと共に、ライフサイクルCO₂の評価のためには、建設段階などにおける設備資機材の製造に係るCO₂排出量(以降、エンボディドCO₂、embodied CO₂と略す)も評価する必要がある。本項では、設計の初期段階でエンボディドCO₂を簡易に推定する方法を簡潔にまとめて報告する。

(1) 既往の研究と本研究の位置付け

建築全体のLCCO₂に関して、これまで、独立行政法人 建築研究所や日本建築学会などによるLCAの研究成果¹⁾²⁾ほか が公開されているが、設備エンボディドCO₂に関しては、LCCO₂全体に占める割合が小さいことから、詳細な取り扱いを行っていない。これに対して、空気調和・衛生工学会による空調・衛生設備や、電気設備学会による電気設備のLCCO₂に関する研究が行われ、主要な設備機器や資材のエンボディドCO₂を計算することができる。しかし、設備容量や資機材数量などの詳細なデータを入力しなければ、答えを得ることができなかった。これに対して、本研究では、これまでの既往の研究を活用しながら、設計初期段階の少ない情報を基に、設計の選択枝の違いによりLCCO₂の増減が評価できる簡易評価手法の開発を目指している。

(2) エンボディドCO₂排出量の算定手順

エンボディド分の環境負荷(CO₂排出量、一次エネルギー消費)の算定フローを、空調設備を例にとり、図 2.1.31に示す。このフローに示す主要な手順を以下に示す。

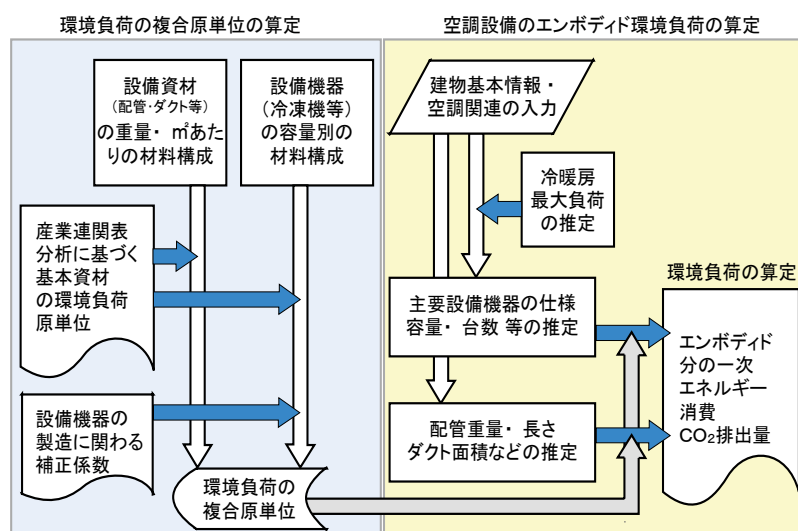


図 2.1.31 空調設備のエンボディド環境負荷の算定フロー

(2.1) 建物基本情報と設備関連の入力

建物の基本情報と空調設備の機器容量などを推定するための入力を表 2.1.20に示す。熱源方式として表 2.1.20に示す中央熱源の①電気方式、②ガス方式と③個別方式(AHP・GHP)の3つの方式、空調方式として、(a)~(f)に示す6つの方式の組み合わせによる選択を可能とした。

表 2.1.20 建物基本情報と空調設備関連の入力 (抜粋)

区分	項目	記号	単位	備考
建物基本情報	地域	Dist	-	寒冷地(旭川)、温暖地(東京)、(沖縄)より選択
	延床面積	Af	m ²	
	インテリア空調面積	Ai	m ²	
	ペリメータ空調面積	Ap	m ²	概ね奥行5mをペリメータと考える。
	駐車場面積	Apark	m ²	
	地上階階数	Nf	階	
	地下階階数	Nb	階	
	エレベーター台数	Nelv	台	
空調負荷算定のための情報	コア配置	-	-	センターコア、サイドコアのどちらかを選択
	主方位	-	-	0°:南-北、45°:南西-北東、90°:西-東、135°:北西-南東
	外壁熱貫流率	Kk	W/(m ² ・K)	0.5~2.5 の範囲で近似式を作成
	窓熱貫流率	Km	W/(m ² ・K)	1.5~6.0 の範囲で近似式を作成
	窓面積比	Rm	-	0.05~0.8 の範囲で近似式を作成
	冷房ピーク負荷算定			
	1日の空調時間	Hc	h	10~16 (CECの条件は10)
	1日の内部発熱量	Gc	Wh/(m ² ・day)	人体、照明、機器の一日の発熱量の積算値 360.5~1050.05 (CECの条件は600)
	設定温度	Tc	K	夏期26℃からの偏差 (-2~+2 CECの条件は0)
	暖房ピーク負荷算定			
	1日の空調時間	Hh	h	10~16 (CECの条件は10)
	1日の内部発熱量	Gh	Wh/(m ² ・day)	人体、照明、機器の一日の発熱量の積算値 360.5~1050.05 (CECの条件は600)
	設定温度	Th	K	冬期22℃からの偏差 (-2~+2 CECの条件は0)
熱源設備条件	熱源種別比率			3方式の合計で1とする
	①電気方式	Relc	-	電気方式は空冷チラーポンプを仮定、旭川は温水ボイラー併用とするがここでは省略。ガス方式は冷温水発生機を仮定。
	②ガス方式	Rgas	-	
	③個別方式	Runit	-	
空調設備条件	空調方式比率			6方式の合計で1とする
	(a)AHU	Ra	-	オールエア方式 熱源は①②に対応
	(b)AHU+FCU	Rb	-	インテリア:AHU、ペリメータ:FCU、熱源は①②に対応
	(c)AHU+マルチAHP	Rc	-	インテリア:AHU、ペリメータ:マルチAHP、熱源は①②に対応
	(d)AHP	Rd	-	ダクトタイプHPパッケージ、熱源は③に対応
	(e)マルチAHP	Re	-	電気マルチ型HPパッケージ、熱源は③に対応
	(f)マルチGHP	Rf	-	ガスマルチ型HPパッケージ、熱源は③に対応
衛生設備条件	給水設備			
	受水槽方式	Tank		FRP単板、FRP複板、SUSパネル単板より選択
	消火設備			
	スプリンクラー対象面積	Asp	m ²	
電気設備条件	受変電設備容量			
	受変電設備容量	Cv	kVA	入力が無ければ、延床面積より概算する
	その他			
	太陽電池	PV	kW	

表 2.1.21 建物基本情報と空調設備関連の入力 (抜粋)

空調方式		中央熱源方式		③個別熱源方式	
		①電気方式 ^{※1}	②ガス方式	電気方式	ガス方式
(a)AHU	Ra	○ ^{※1}	○		
(b)AHU+FCU	Rb	○	○		
(c)AHU+マルチAHP	Rc	△ ^{※2}	△	△	
(d)AHP	Rd			○	
(e)マルチAHP	Re			○	
(f)マルチGHP	Rf				○
		Relc	Rgas	Runit	

空調方式比率

熱源方式比率

※1 ○は、空調と熱源の組み合わせを示す。
 ※2 △は、熱源方式の併用を示す。
 ※3 地域:旭川の場合の①電気方式は、温水ボイラーを併用する。

(2.2) 冷暖房最大負荷の推定

表 2.1.20に示した空調負荷算定のための情報を基に、表 2.1.22に示した推定式、表 2.1.23-1～表 2.1.23-3に示した係数を用いて、建物全体の冷暖房最大負荷(C_{max}、H_{max})を推定する。なお、気候の差違を反映するために、寒冷地の代表として旭川、温暖地の代表として東京、亜熱帯地域の代表として那覇の3地域に対する推定式を作成した。

なお、冷房ピーク負荷は建物方位により影響を受けるため、図 2.1.32に示す建物方位による補正係数 K_{dir} を導入している。

この推定された冷暖房最大負荷を基に、熱源設備の容量が算定される。

表 2.1.22 冷暖房の最大負荷の推定式

冷房最大負荷	$C_{max}[W]=A_p \times C_{maxp} \times K_{dir} + A_i \times C_{maxi}$
ペリメータ冷房最大負荷	$C_{maxp}[W]=a+b \times K_k + c \times K_m + d \times R_m + e \times H_c + f \times G_c + g \times T_c$
インテリア冷房最大負荷	$C_{maxi}[W]=a+e \times H_c + f \times G_c + g \times T_c$
暖房最大負荷	$H_{max}[W]=A_p \times H_{maxp} + A_i \times H_{maxi}$
ペリメータ暖房最大負荷	$H_{maxp}[W]=a+b \times K_k + e \times H_c + f \times G_c + g \times T_c$
インテリア暖房最大負荷	$H_{maxi}[W]=a+e \times H_c + f \times G_c + g \times T_c$





表 2.1.23-1 冷暖房最大負荷を求める回帰式の一次近似係数（旭川）









地域	冷房負荷			暖房負荷		
	ペリメータ		インテリア	ペリメータ		インテリア
東京	サイドコア	センターコア		サイドコア	センターコア	
a:切片	5.25E+01	4.60E+01	1.26E+02	-1.53E+02	-1.62E+02	-8.57E+01
b:外壁熱貫流率	-6.32E+00	-5.03E+00		-9.26E+00	-7.04E+00	
c:窓熱貫流率	-2.29E+00	-1.52E+00				
d:窓面積比	9.04E+01	9.95E+01				
e:1日の空調時間	-2.62E+00	-2.42E+00	-3.91E+00	-5.89E-01	-5.63E-01	-1.55E+00
f:1日の内部発熱量	5.96E-02	5.34E-02	6.28E-02	1.50E-02	1.37E-02	2.47E-02
g:設定温度	-3.43E+00	-4.48E+00	1.57E+01	1.52E-01	6.20E-01	4.33E+00

表 2.1.23-2 冷暖房最大負荷を求める回帰式の一次近似係数（東京）

地域	冷房負荷			暖房負荷		
	ペリメータ		インテリア	ペリメータ		インテリア
東京	サイドコア	センターコア		サイドコア	センターコア	
a:切片	8.32E+01	8.41E+01	1.31E+02	-1.10E+02	-1.22E+02	-6.78E+01
b:外壁熱貫流率	-4.40E+00	-3.48E+00		-1.52E+01	-1.26E+01	
c:窓熱貫流率	-1.14E+00	-4.63E-01				
d:窓面積比	6.97E+01	7.09E+01				
e:1日の空調時間	-2.49E+00	-2.27E+00	-4.02E+00	-1.21E+00	-1.08E+00	-1.67E+00
f:1日の内部発熱量	5.08E-02	4.38E-02	6.29E-02	2.87E-02	2.45E-02	2.47E-02
g:設定温度	-1.75E+00	-2.76E+00	1.25E+01	6.50E+00	6.62E+00	9.53E+00

表 2.1.23-3 冷暖房最大負荷を求める回帰式の一次近似係数（那覇）

地域	冷房負荷			暖房負荷		
	ペリメータ		インテリア	ペリメータ		インテリア
	サイドコア	センターコア		サイドコア	センターコア	
東京						
a: 切片	9.53E+01	1.01E+02	1.33E+02	-3.46E+01	-3.86E+01	-3.79E+01
b: 外壁熱貫流率	-1.93E+00	-2.14E+00		-1.17E+01	-1.17E+01	
c: 窓熱貫流率	-6.52E-02	3.28E-01				
d: 窓面積比	7.66E+01	7.27E+01				
e: 1日の空調時間	-2.57E+00	-2.23E+00	-3.77E+00	-1.40E+00	-1.27E+00	-1.55E+00
f: 1日の内部発熱量	4.67E-02	3.97E-02	6.09E-02	2.87E-02	2.80E-02	2.47E-02
g: 設定温度	-1.43E+00	-2.53E+00	9.61E+00	2.15E+00	-1.06E+00	6.75E+00

	基準0°	45°	90°	135°
サイドコア				
冷房補正係数	1.00	1.04	1.07	1.04
センターコア				
冷房補正係数	1.00	1.02	1.04	1.02

注) 暖房ピークは、方位による補正は行わない

図 2.1.32 建物方位による補正係数 K_{dir}

(2.3) 機器容量・台数等の簡易推定

(2.2)で算定した冷暖房最大負荷(Cmax、Hmax)を基に「①:電気方式」、「②:ガス方式」の熱源は2台分割として熱源容量を求め、それに付属する熱源補機を自動算定する。「③:個別熱源方式」については、冷房能力28kWの屋外機を仮定して、台数を算定している。概算式を表2.1.24に示す。

表 2.1.24 空調設備関連の機器容量・台数等の簡易推定

区分	項目	記号	単位	パラメータ	概算式	備考	コード
熱源	建物全体の冷熱源容量	Ces	kW	床面積	$Ces = Cmax \times 1.1 / 1000$	余裕率1.1 個別方式を含む	
	建物全体の温熱源容量	Hes	kW	最大負荷	$Hes = Hmax \times 1.1 / 1000$		
	①電気方式 ^{注1)}						
	空冷チラーポンプ 容量	Chp	kW	熱源方式 比率 Relc	●冷房負荷で決まる場合 (判定条件: $Ces / 3.5 \geq Hes / 4.0$) $Chp = Ces \times Relc / 2$ ●暖房負荷で決まる場合(上記以外) $Chp = Hes \times Relc \times (3.5 / 4.0) / 2$	×2台 冷房COP=3.5 暖房COP=4.0 を仮定	→1-0201
	冷水1次ポンプ 流量	Q1c1	L/min		$Q1c1 = Chp \times (860 / 60 / 5) / 2$	×2台	→1-0601
	温水1次ポンプ 流量	Q1h1	L/min		$Q1h1 = Chp \times (860 / 60 / 5) / 2$	×2台	→1-0601
	冷水2次ポンプ 流量	Q1c2	L/min		$Q1c2 = Chp \times (860 / 60 / 5) / 3$	×3台	→1-0601
	温水2次ポンプ 流量	Q1h2	L/min		$Q1h2 = Chp \times (860 / 60 / 5) / 3$	×3台	→1-0601
					$\Delta T = 5K$ とする		
	②ガス方式						
	吸収冷温水発生機 容量	Cabs	kW	熱源方式 比率 Rgas	●冷房負荷で決まる場合 (判定条件: $Ces / 1.3 \geq Hes / 0.87$) $Cabs = Ces \times Rgas / Nabs$ ●暖房負荷で決まる場合(上記以外) $Chp = Hes \times Rgas \times (1.3 / 0.87) / Nabs$	×2台 冷房COP=1.3 暖房COP=0.87 を仮定	→1-0203
	冷却塔 流量	Qct	L/min		$Qct = Chp \times (16.6 \times 860 / 3024) / 2$ 冷却水流量: 16.6[L/USRT]	×2台	→1-0301
	冷却水ポンプ 流量	Qcwp	L/min		$Qcwp = Qct$	×2台	→1-0201
	冷水1次ポンプ 流量	Q2c1	L/min		$Q2c1 = Cabs \times (860 / 60 / 5) / 2$	×2台	→1-0601
	温水1次ポンプ 流量	Q2h1	L/min		$Q2h1 = Cabs \times (860 / 60 / 5) / 2$	×2台	→1-0601
冷水2次ポンプ 流量	Q2c2	L/min		$Q2c2 = Cabs \times (860 / 60 / 5) / 3$	×3台	→1-0601	
温水2次ポンプ 流量	Q2h2	L/min		$Q2h2 = Cabs \times (860 / 60 / 5) / 3$	×3台	→1-0601	
③個別方式							
トータル冷房容量	Cunit	kW	熱源方式	Cunit = Ces × Runit			
トータル暖房容量	Hunit	kW	比率 Runit	Hunit = Hes × Runit			
			空調方式比				
(d)AHP必要容量	Cunit1	kW	Rd	$Cunit1 = Cunit \times Rd / (Rd + Re + Rf)$			
	Hunit1	kW		$Hunit1 = Hunit \times Rd / (Rd + Re + Rf)$			
(e)マルチAHP必要容	Cunit2	kW	Re	$Cunit2 = Cunit \times Re / (Rd + Re + Rf)$			
	Hunit2	kW		$Hunit2 = Hunit \times Re / (Rd + Re + Rf)$			
(f)マルチGHP必要容	Cunit3	kW	Rf	$Cunit3 = Cunit \times Rf / (Rd + Re + Rf)$			
	Hunit3	kW		$Hunit3 = Hunit \times Rf / (Rd + Re + Rf)$			
空調	空調対象階数	Nt	階	地上階数 Nf 地下階数 N	$Nb \geq 2$ の場合、 $Nt = Nf + Nb - 1$ その他の場合、 $Nt = Nf$		
	空調対象面積	At	m ²	Ai, Ap	$At = Ai + Ap$		
	(a)AHU						
	AHU台数	Na	台	空調方式比	$Na = Nt$	AHUは各階1台 天井高さ2.6m	→1-0401
	AHU風量	Qa	m ³ /h	Ra	$Qa = At \times Ra \times 2.6m \times 11回/h / Na$	換気回数11回/h	
	(b)AHU+FCU						
	AHU台数	Nb1	台	空調方式比 率 Rb	$Nb1 = Nt$	AHUは各階1台 天井高さ2.6m	→1-0401
	AHU風量	Qb1	m ³ /h		$Qb1 = At \times Rb \times 2.6m \times 9回/h / Na$	換気回数9回/h	
	FCU台数	Nb2	台		$Nb2 = Ap \times Rb / (5 \times 6)$	奥行5m×幅6mに一台	→1-0501
	FCU容量	Cb2	kW		$Cb2 = 5.64$ (#600を仮定)		
	(c)AHU+マルチAHP						
	AHU台数	Nc1	台	空調方式比 率 Rc	$Nc1 = Nt$	天井高さ2.6m	→1-0401
	AHU風量	Qc1	m ³ /h		$Qc1 = At \times Rc \times 2.6m \times 9回/h / Na$	換気回数9回/h	
	マルチAHP容量	Nc2	台数		$Nc2 = Ap \times Rb / (5 \times 6 \times 10)$	奥行5m×幅6m×10スパン	→1-0403
	マルチAHP容量	Cc2	kW		$Cc2 = 28kW$ (10馬力を仮定)	毎に屋外機10馬力を想定	
(d)AHP容量							
	Cd	kW		$Cd = 50$	冷房能力50kW, 暖房能力60kWを仮定	→1-0402	
	Nd	台		$Nd = (Cunit1 / 50 + Hunit1 / 60)$ の大きい方	台数は切上げ整数値		
(e)マルチAHP容量							
	Ce	kW		$Ce = 28$	(冷房能力28kW, 暖房能力31.5kWを仮定)	→1-0403	
	Ne	台		$Ne = (Cunit2 / 28 + Hunit2 / 31.5)$ の大きい方	台数は切上げ整数値		
(f)マルチGHP容量							
	Cf	kW		$Cf = 28$	(冷房能力28kW, 暖房能力31.5kWを仮定)	→1-0404	
	Nf	台		$Nf = (Cunit2 / 28 + Hunit2 / 31.5)$ の大きい方	台数は切上げ整数値		

換気・衛生・消火・受変電・照明の設備機器容量・台数などの推定方法を表 2.1.25に示す。

換気設備は、比較的大量な換気が必要な諸室の面積を、延床面積に対する概略比率により簡易に推定することにより、換気風量を求めている。

衛生・消火・受変電設備は、延床面積より自動的に推定する方法により簡略化している。ただし、受変電設備容量が他の資料から推定できる場合には、直接、受変電容量を指定することも可能としており、これにより、電気設備関連の資機材量の推定精度が向上する。

照明の蛍光灯の本数に関しては、水銀の適正処理の観点から、LCW 評価で蛍光灯の本数を積算して評価できる仕組みを検討しており、LCCO₂の観点とは別に、蛍光灯の本数を積算することを可能とした。具体的には、運用段階における照明設備のエネルギー消費量を求めるために入力されている情報から、蛍光灯の本数を求める。

表 2.1.25 その他の設備関連の機器容量・台数等の簡易推定

区分	項目	記号	単位	パラメータ	概算式	備考	コード
換気	駐車場の換気風量	Vpark	m ³ /h	駐車場面積 A _{park} (m ²)	地下室がある場合のみ算定 V _{park} = A _{park} × 天井高6m × 10回/h	自走式駐車場を想定 ×2台(一種換気)	→1-0701
	機械室の換気風量	V _{mac}	m ³ /h	延床面積 A _f (m ²)	地下室がある場合のみ算定 V _{mac} = A _f × 0.3% × 天井高6m × 5回/h	延べ床面積の3%と仮定 ×2台(一種換気)	→1-0701
	電気室の換気風量	V _{elc}	m ³ /h		地下室がある場合のみ算定 V _{elc} = A _f × 1% × 天井高6m × 5回/h	延べ床面積の1%と仮定 ×2台(一種換気)	→1-0701
	倉庫等の換気風量	V _{str}	m ³ /h		地下室がある場合のみ算定 V _{str} = A _f × 0.3% × 天井高4m × 3回/h	延べ床面積の0.3%と仮定 ×2台(一種換気)	→1-0701
衛生	一日給水量	Q _{day}	L/day		延床面積 A _f (m ²)	Q _{day} = A _f × 65% × 0.2人/m ² × 100L/人	レタブル比65%、人員密度0.2人/m ² 、給水量100L/人・day
	毎時最大給水量	Q _{up}	L/h		Q _{up} = Q _{day} / 8 × 3.0	3.0は瞬時最大係数	
	受水槽容量	V _{tank}	m ³ /h	Q _{day} Q _{ctw}	V _{tank} = (Q _{day} × 貯水係数0.4 + Q _{ctw}) / 1000	FRP単板 FRP複板 SUSパネル単板	→2-0101 →2-0102 →2-0104
	揚水ポンプ 容量	Q _{pup}	L/min		Q _{pup} = (Q _{up} + Q _{ctw}) / (60min × 3)	×3台	→2-0301
	汚水ポンプ	-	-	地下階数 Nb > 0の場合	150L/min × 2台		→2-0303
	雑用水ポンプ	-	-		100L/min × 2台		→2-0303
	湧水ポンプ	-	-		100L/min × 2台		→2-0304
	便器	N _{wc}	個		延床面積 A _f (m ²)	N _{wc} = 0.00381 × A _f + 22.3	※1
	洗面器	N _{wb}	個		N _{wb} = 0.00296 × A _f + 20.6	※1	→2-0531
	給水箇所数	N _{cw}	箇所	N _{wc} , N _{wb}	N _{cw} = N _{wc} + N _{wb}		
	給湯箇所数	N _{hw}	箇所	N _{wb}	N _{cw} = N _{wb}		
	排水箇所数	N _{dr}	箇所	N _{wc} , N _{wb}	N _{dr} = N _{wc} + N _{wb}		
消火	屋内消火栓	N _{ih}	箇所	延床面積 A _f (m ²) 地上階数 N _f	A _f < 3000の時、N _{ih} = 0 A _f ≥ 3000の時かつA _f / N _f ≥ 2000の時、N _{ih} = 3 × N _f A _f ≥ 3000の時かつ2000 > A _f / N _f ≥ 750の時、N _{ih} = 2 × N _f A _f ≥ 3000の時かつ750 > A _f の時、N _{ih} = N _f	耐火構造を仮定	→2-0601
	屋内消火栓ポンプ	-	-	N _{pih}	N _{ih} > 0の時 300L/min × 1台		→2-0305
	スプリンクラーポンプ	-	-	スプリンクラー対象面積 A _{sp}	A _{sp} > 0の時 600L/min × 1台		→2-0305
受変電	受変電設備容量	C _v	kVA	延床面積 A _f (m ²)	C _v = 0.1233 × A _f	既知であれば入力データを用いる ※5	
照明	蛍光灯本数	N _{tlit}	本	-	室数 × [台数/室] × [蛍光灯本数/台]	照明の運用エネルギー算定ロジックより	

(2.4) 配管・ダクト等の設備関連資材の簡易推定

文献3を基に、空調方式毎の延床面積あたりの配管重量やダクト面積の推定式を表 2.1.26のように定めた。既存の BEAT-OFFICE¹⁾ および文献5を基に、給水箇所数あたりの給水管、受変電容量あたりの電気設備関連の資機材料の推定式を表 2.1.27に定めた。

表 2.1.26 空調設備関連の資材量の簡易推定

区分	項目	記号	単位	パラメータ	概算式	備考	コード
空調ダクト	(a)AHU	Adct	m ² -ダクト	延床面積 Af (m ²) 空調方式の比率 Ra~Rf	Adct=0.56×Af×Ra	※2、※4	→1-0901
	(b)AHU+FCU				Adct=0.42×Af×Rb		
	(c)AHU+マルチAHP				Adct=0.42×Af×Rc		
	(d)AHP				Adct=0.56×Af×Rd		
	(e)マルチAHP				Adct=0.29×Af×Re		
	(f)マルチGHP				Adct=0.29×Af×Rf		
換気ダクト	一般換気 (機械室・電気室・倉庫)	Avd1	m ² -ダクト	延床面積 Af (m ²)	Avd1=0.1×Af	※2を基に単純化、※4	→1-0902
	駐車場換気	Avd2	m ² -ダクト	駐車場の換気風量 Vpark (m ³ /h)	Avd2=0.01(m ² /(m ³ /h))×Vpark	モデル試算による ※4	→1-0902
排煙ダクト		Asmk	m ² -ダクト	延床面積 Af (m ²)	Asmk=0.1×Af	※2を基に単純化、※4	→1-0903
空調配管	冷温水配管 (SGP)	Wpac'	kg-配管	延床面積 Af (m ²) 空調方式別の床面積比率 Ra~Rf	Wpac'=2.13×Af×Ra	※2、※3	→1-1001
	(a)AUH				Wpac'=2.54×Af×Rb		
	(b)AHU+FCU				Wpac'=1.96×Af×Rc		
	(c)AHU+AHP				Wpac'=0		
	(d)空冷パッケージ				Wpac'=0		
	(e)マルチAHP				Wpac'=0		
	(f)マルチGHP	Wpac'=0					
	冷却水配管 (VLP)	Wpct'	kg-配管	延床面積 Af (m ²) 熱源方式の比率 Rabs	Wpct'=0	1.04はSGPの場合、1.41はVLPとした場合の補正係数 ※2、※3	→1-1002
	①空冷HP				Wpct'=(1.04×1.41)×Af×Rabs		
	②吸収冷温水発生機				Wpct'=0		
③個別方式							
ドレン管 (SGP)	Wpdr'	kg-配管	延床面積 Af (m ²) 空調方式の比率 Ra~Rf	Wpdr'=0.30×Af×Ra	※2、※3	→1-1003	
(a)AHU				Wpdr'=0.60×Af×Rb			
(b)AHU+FCU				Wpdr'=0.60×Af×Rc			
(c)AHU+マルチAHP				Wpdr'=0.30×Af×Rd			
(d)AHP				Wpdr'=0.86×Af×Re			
(e)マルチAHP				Wpdr'=0.86×Af×Rf			
(f)マルチGHP							
冷媒管 (SGP)	Wpdr'	kg-配管	延床面積 Af (m ²) 空調方式の比率 Ra~Rf	Wpdr'=0.4×Af×Rc×50%	(c)についてはペリメーターを50%と仮定 ※2、※3	→1-1004	
(c)AHU+マルチAHP				Wpdr'=0.15×Af×Rd			
(d)AHP				Wpdr'=0.4×Af×Re			
(e)マルチAHP				Wpdr'=0.4×Af×Rf			
(f)マルチGHP							
自動制御		Abms	m ² -延床	延床面積 Af (m ²)	Abms=Af×Rbms ・Rbms=1.0:大規模建物(10000≦Af) ・Rbms=0.7:中規模建物(5000≦Af<10000) ・Rbms=0.4:小規模建物(Af<5000)	Rbms は建物規模に応じた補正係数、※2	→1-1101

※1 BEAT-OFFICEによる推定式（衛生設備で利用）

※2 文献3による

※3 この値は直管部の重量であり、この重量よりバルブなどの付属品や支持材を含めた重量や環境負荷を推定する原単位を別途整備。

※4 この値はダクト面積であり、この面積よりダクトと共にダンパなどの付属品や支持材を含めた重量や環境負荷を推定する原単位を別途整備。

表 2.1.27 その他の設備関連の資材量の簡易推定

区分	項目	記号	単位	パラメータ	概算式	備考	コード
衛生配管	給水管(VLP管)	Wpcw'	kg-配管	給水箇所数 Ncw	$Wpcw' = 26.1 \times Ncw$	※2、※3	-2-0801
	給湯管(銅管)	Wphw'	kg-配管	給湯箇所数 Nhw	$Wphw' = 3.8 \times Nhw$	※2、※3	-2-0802
	排水用铸铁管 鉛管	Wppd'	kg-配管	排水箇所数 Ndr	$Wppd' = 10.0 \times Ndr$	※2、※3	-2-0803
	配管用炭素鋼鋼管 硬質塩化ビニル管(VP)				$Wppd' = 5.9 \times Ndr$	※2、※3	-2-0804
					$Wppd' = 20.2 \times Ndr$	※2、※3	-2-0805
					$Wppd' = 9.2 \times Ndr$	※2、※3	-2-0806
消火配管	屋内消火栓配管 配管用炭素鋼鋼管	Wpih'	kg-配管	屋内消火栓箇所数 Npih	$Wpih' = 150 \times Nih$	※1、※3	-2-0807
	スプリンクラー配管 スケジュール管	Wpsp'	kg-配管	スプリンクラー対象面積 Asp	$Wpsp' = 2.5 \times Asp$	※3	-2-0808

区分	項目	記号	単位	パラメータ	概算式	備考	コード
受変電設備	キュービクル	Wcv1	kg	受変電設備容量 Cv (kVA)	$Wcv1 = 1114.5 \times Ln(Cv) - 5021.6$	※4	-3-0101
	キュービクル基礎	Wcb1			$Wcb1 = 694.79 \times Ln(Cv) - 2717.6$		-3-0102
	3相トランス	Wtrt1			$Wtrt1 = 1.2309 \times Cv$		-3-0103
	単相トランス	Wtrs1			$Wtrs1 = 1.9424 \times Cv$		-3-0103
	コンデンサー	Wcond1			$Wcond1 = 0.0575 \times Cv$		-3-0104
	電線管	Wpip1			$Wpip1 = 222.04 \times Ln(Cv) - 834.59$		-3-0105
	ハンドホール	Whdh1			$Whdh1 = 0.4926 \times Cv^{1.2271}$		-3-0106
	受変電設備その他	Wetc1			$Wetc1 = (Wcv1 \sim Whdh1 \text{の合計}) \times 10\%$		-3-0109
幹線動力設備	動力盤	Web2	kg	受変電設備容量 Cv (kVA)	$Web2 = 1.7561 \times Cv$	※4	-3-0201
	電線管	Wpip2			$Wpip2 = 827.67 \times Ln(Cv) - 3958.9$		-3-0202
	電線・ケーブル	Wcab2			$Wcab2 = 0.6117 \times Cv$		-3-0203
	幹線動力設備その他	Wetc2			$Wetc2 = (Web2 + Wpip2 + Wcab2) \times 10\%$		-3-0209
電灯コンセント設備	盤類	Web3	kg	受変電設備容量 Cv (kVA)	$Web3 = 2.3493 \times Cv$	※4	-3-0301
	電線管	Wpip3			$Wpip3 = 3.0534 \times Cv$		-3-0302
	合成樹脂管	Wvp3			$Wvp3 = 0.2871 \times Cv$		-3-0303
	ハンドホール	Whdh3			$Whdh3 = 0.7351 \times Cv$		-3-0304
	電線・ケーブル	Wcab3			$Wcab3 = 3.5492 \times Cv$		-3-0305
	電灯・コンセント設備のその他	Wetc3			$Wetc3 = (Web3 \sim Wcab3) \times 10\%$		-3-0309
照明設備	蛍光灯器具	Wlit1	kg	受変電設備容量 Cv (kVA)	$Wlit1 = 12.711 \times Cv$	※4	-3-0401
	蛍光灯	Wlit2			$Wlit2 = Nlit \times 0.185[\text{kg/本}]$		-3-0402
	照明設備その他	Wetc4			$Wetc4 = (Wlit1 + Wlit2) \times 10\%$		-3-0409
電話設備	端子盤	Wtb5	kg	受変電設備容量 Cv (kVA)	$Wtb5 = 5.5182 \times Cv$	※4	-3-0501
	電線管	Wpip5			$Wpip5 = 4.337 \times Cv$		-3-0502
	ケーブルラック	Wcl5			$Wcl5 = 0.6383 \times Cv$		-3-0503
	ハンドホール	Whdh5			$Whdh5 = 2.5199 \times Cv$		-3-0504
	電線+呼び線	Wcab5			$Wcab5 = 0.6783 \times Cv$		-3-0505
	電話設備その他	Wetc3			$Wetc4 = (Wtb5 \sim Wcab5) \times 10\%$		-3-0509
昇降設備	昇降機設備	Welv	kg	昇降機台数 Nelv(台)	$Welv = Nelv \times 2,900[\text{kg/台}]$ (積載重量750kg-11人乗相当)	※4	-3-1400

※1 BEAT-OFFICEによる推定式

※2 文献3による

※3 この値は直管部の重量であり、この重量よりバルブなどの付属品や支持材を含めた重量や環境負荷を推定する原単位を別途整備。

※4 文献5を基に推定式を作成

※5 その他の電気設備として、拡声放送、インターホン、テレビ共聴、火災報知、防排煙、機械警備、避雷針などがあるが、設備資材としての割合が低いことから省略した。

表 2.1.28 建築設備のエンボディド分の環境負荷算定データベース

コード	評価項目	変数(X) の 単位	ライフサイクル設定			資材量(a・X+b)		エンボディド(a・X+b)			
			端材率	更新周期	修繕率	kg		エネルギー MJ		kg-CO ₂	
			% R1	年 N	%/年 R2	係数 a	定数 b	係数 a	定数 b	係数 a	定数 b
空調設備・換気設備											
1-0101	温水ボイラ+架台+基礎	kW		15	2	4.09	1198.86	51.47	13705.87	4.352	1167.541
1-0201	空冷HP+架台+基礎	kW		15	2	23.66	574.41	499.81	3581.51	41.439	328.778
1-0203	吸収冷温水発生機+架台+基礎	kW		20	2	11.31	3031.92	229.52	35050.69	18.992	2999.133
1-0301	角型冷却塔+架台+基礎	L/min		15	2	0.95	2853.81	10.34	9994.48	0.854	985.570
1-0401	AHU+架台+基礎	m ³ /h		15	2	0.20	1574.85	2.69	8441.15	0.227	787.387
1-0402	空冷HPパッケージ+架台+基礎	kW		15	2	42.90	196.22	511.61	873.11	43.710	79.594
1-0403	マルチ型AHP+架台+基礎	kW		15	2	37.21		669.12		55.282	
1-0404	マルチ型GHP+架台+基礎	kW		15	2	32.89	247.91	550.24	12494.64	46.027	1007.748
1-0501	FCU(床置)	kW		15	2	3.23	10.00	118.34	294.60	9.507	15.000
1-0601	空調用ポンプ+架台+基礎	L/min		15	2	0.19	486.16	1.74	3085.82	0.152	279.800
1-0701	送風機システム(床置)	m ³ /h		20	2	0.26	49.00	0.61	127.47	0.068	13.644
1-0901	空調ダクト	m ² -ダクト		30	2	11.39		171.67		13.683	
1-0902	換気ダクト	m ² -ダクト		30	2	9.76		133.77		10.817	
1-0903	排煙ダクト	m ² -ダクト		30	2	13.65		177.01		14.384	
1-1001	空調配管(冷温水配管SGP)	kg-配管	5	20	2	1.77		41.81		3.363	
1-1002	冷却水配管	kg-配管	5	30	2	1.34		25.89		2.103	
1-1003	ドレン管(排水管(SGP))	kg-配管	5	20	2	1.33		22.51		1.815	
1-1004	冷媒管(冷媒管(CUP))	kg-配管	5	30	2	1.63		66.65		5.436	
1-1101	自動制御(高グレード)	延m		10	2	1.83		32.13		2.610	
衛生設備											
2-0101	受水槽(FRP単板)+架台+基礎	m ³		20	2	944.82	1246.01	2009.40	8129.55	226.048	475.389
2-0102	受水槽(FRP複板)+架台+基礎	m ³		20	2	948.12	1207.56	2176.19	10071.88	237.912	613.549
2-0104	受水槽(SUSA 単板)+架台+基礎	m ³		20	2	941.08	1365.97	2185.07	7679.04	247.573	517.236
2-0301	加圧給水ポンプユニット+架台+基礎	L/min		15	2	0.48	1013.61	4.61	6781.47	0.399	610.165
2-0303	汚水ポンプ+着脱装置	L/min		10	2	0.09	19.08	2.01	322.28	0.165	26.599
2-0304	衛生ポンプ+架台+基礎	L/min		15	2	0.64	809.21	11.40	9251.67	0.946	790.390
2-0305	消火ポンプユニット+基礎	L/min		20	2	0.19	486.16	1.74	3085.82	0.152	279.800
2-0511	大便器(C・サイレンZ+FV)	箇所				28.90		625.44		45.080	
2-0531	手洗器(L:はめ込み大型+金具)	箇所				18.60		576.74		43.946	
2-0601	屋内消火栓(1号)単独型	箇所				57.38		1033.94		83.405	
2-0801	給水管(VLP)	kg-配管	5	20	2	1.44		28.34		2.282	
2-0802	給湯管(CP)	kg-配管	5	20	2	2.67		98.78		8.006	
2-0803	排水管(鋳鉄)	kg-配管	5	20	2	1.27		47.95		3.919	
2-0804	排水管(鉛)	kg-配管	5	20	2	1.29		33.45		2.647	
2-0805	排水管(SGP)	kg-配管	5	20	2	1.33		22.51		1.815	
2-0806	排水管(VP)	kg-配管	5	20	2	2.75		37.57		2.920	
2-0807	消火栓配管(屋内消火栓)	kg-配管	5	20	2	1.49		31.50		2.564	
2-0808	消火栓配管(スプリンクラー)	kg-配管	5	20	2	1.29		27.30		2.220	
電気設備											
受変電設備											
3-0101	キュービクル	kg		25	2	1.00		47.51		3.548	
3-0102	キュービクル基礎	kg		25	2	1.00		1.08		0.163	
3-0103	変圧器	kg		25	2	1.00		28.62		2.160	
3-0104	コンデンサ	kg		25	2	1.00		44.14		3.237	
3-0105	電線管	kg	5	25	2	1.00		13.42		1.099	
3-0106	ハンドホール	kg		25	2	1.00		2.05		0.276	
3-0109	その他	-		25	2						
幹線動力設備											
3-0201	動力盤	kg		25	2	1.00		47.51		3.548	
3-0202	電線管	kg	5	25	2	1.00		13.42		1.099	
3-0203	電線・ケーブル	kg	5	25	2	1.00		36.74		2.770	
3-0209	その他	-		25	2						
電灯コンセント設備											
3-0301	盤類(電灯動力盤+分電盤)	kg		20	2	1.00		47.51		3.548	
3-0302	電線管	kg	5	20	2	1.00		13.42		1.099	
3-0303	合成樹脂管	kg	5	20	2	1.00		15.71		1.193	
3-0304	ハンドホール	kg		20	2	1.00		2.05		0.276	
3-0305	電線・ケーブル	kg	5	20	2	1.00		36.74		2.770	
3-0309	その他	-		20	2						
照明設備											
3-0401	蛍光灯器具	kg		20	2	1.00		39.47		2.851	
3-0402	蛍光灯(照明CECのロジックより算定)	kg		3	2	1.00		74.07		5.121	
3-0409	その他	-		20	2						
電話設備											
3-0501	端子盤	kg		15	2	1.00		47.51		3.548	
3-0502	電線管	kg	5	15	2	1.00		13.42		1.099	
3-0503	ケーブルラック	kg		15	2	1.00		29.52		2.253	
3-0504	ハンドホール	kg		15	2	1.00		2.05		0.276	
3-0505	電線+呼び線(電線・ケーブルとする)	kg	5	15	2	1.00		2.77		36.736	
3-0509	その他	-		15	2						
3-0600	拡声放送設備	kg		15	2	1.00		58.03		4.147	
3-0700	インターホン設備	kg		15	2	1.00		81.33		5.791	
3-0800	テレビ共聴設備	kg		15	2	1.00		81.33		5.791	
3-0900	火災報知設備	kg		15	2	1.00		75.94		5.376	
3-1000	防排煙運動設備	kg		15	2	1.00		75.94		5.376	
3-1100	機械警備設備	kg		15	2	1.00		75.94		5.376	
3-1200	避雷針設備	kg		15	2	1.00		36.74		2.770	
3-1300	中央監視設備	kg		15	2	1.00		93.12		6.564	
3-1400	昇降機設備	kg		25	2	1.00		28.21		2.129	
3-9999	上記に含まれない資材	-									

※1 資材量,エンボディド一次エネルギー,エンボディドCO₂をYとすると,設備容量Xに対応したYは,表の係数aと定数bを用いて,Y=aX+bとして推定できる。

※2 初期建設分のエンボディドCO₂をY[kg-CO₂],更新周期をN[年],修繕率をR2とすると,ライフサイクル(建設・更新・修繕)でのエンボディド分のLCCO₂は,LCCO₂=Y×(1/N+R2) [kg-CO₂/年]で計算される。

※3 端材率R1は,廃棄物評価LCWの算定に用いる。

※4 太陽電池のエンボディドエネルギー,エンボディドCO₂は,太陽電池のエネルギーペイバック年数の試算値を基に,太陽電池の定格容量kWあたり,エンボディドエネルギー=5040MJ/kW,エンボディドCO₂=702kg-CO₂/kWとした。

(2.5) 初期建設に関わるエンボディ分の環境負荷算定

文献3と同様な方法で、環境負荷の複合原単位を整備した。この際、図 2.1.31に示す、「産業連関表分析に基づく基本資材の環境負荷原単位」として、文献4の値を用いた。

表 2.1.24～表 2.1.27に従って算定された資機材量を基に、各表の右列に記載したコードに従い、表 2.1.28の係数・定数を用いて、エンボディド CO₂ に換算する。

具体的には、資材量,エンボディド一次エネルギー,エンボディドCO₂をYとすると、設備容量Xに対応したYは,表の係数aと定数bを用いて、 $Y=aX+b$ として推定できる。

エンボディ分のライフサイクル環境負荷

初期建設分のエンボディCO₂をY[kg-CO₂]、更新周期を N[年]、修繕率をR2とすると、ライフサイクル(建設・更新・修繕)での環境負荷:LCCO₂は、下式で計算される。また、ライフサイクルエネルギー消費量も同様に算定できる。

$$LCCO_2 = Y \times (1/N + R2) \quad [\text{kg-CO}_2/\text{年}] \dots\dots\dots (\text{式 } 2.3.5.1)$$

【参考文献】

- 1) 小玉,澤地,中島: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
- 2) 日本建築学会:建物のLCA 指針,日本建築学会,2006.11
- 3) (社)空気調和・衛生工学会:空気調和・衛生設備の環境負荷削減対策マニュアル pp285～287,丸善,2001.3
- 4) 横山,横尾,岡:2000年産業連関表によるエネルギー消費量・二酸化炭素排出量原単位の算出と建物評価,日本建築学会 環境系論文集 No.589 P.75,2005.03
- 5) 西 師和:「事務所ビルにおけるLCCO₂の研究」、早稲田大学卒業論文、1996年度

2.2 建築物の資源投入量の把握による廃棄物排出量の算出手法の開発

2.2.1 研究開発の背景及び目的

建築業界においては多大な資源消費量、廃棄物発生量に加え、最終処分場の残余量の不足等の理由から、建設廃棄物の発生削減、リサイクル等の対策が求められている。このため、平成12年に建設リサイクル法が施行され分別解体等及び再資源化等の義務付けがなされるなど、具体的施策が推進されている。建設廃棄物の再資源化等率等の目標値の達成等の観点からは一定の成果が得られているといえるが、個別の建築物において、資源消費や廃棄物削減のための評価手法の整備や方策は現状で十分ではない。

本研究では、企画・計画、設計・積算といった建築ワークフローの上流段階において資材投入量を推計・把握し、当該建築物から将来排出される廃棄物量を精度よく算出・評価するために、標準的で汎用性のある「積算標準書式ベースのライフサイクルにおける廃棄物量(以下、LCW)算出ツール」を開発することを目的としている。

既往の検討で、(社)建築業協会による資材投入量及び廃棄物排出量の評価¹⁾や、日本建築学会の建物のLCA指針²⁾等でLCW算出ツールが提案されている。これらの研究では、建築物の投入資材のうち主要な資材について、整備されたデータ群から選択しLCWを算出するものであるが、主要でない資材は検討の対象外であること、評価に労力を要することなどの課題がある。

本プロジェクトで開発する算出ツールは、コスト積算のプロセスと連動して投入資材を把握可能なツールを開発するものであり、評価において新たな資材把握の検討が不要であること、資材の正確な把握が可能なことが既往の研究とは異なる利点である。

2.2.2 LCW算出ツール(プロトタイプ)の概要

(1) 適用範囲

本手法の適用範囲は以下とする。

- ・評価対象: 建築物単体
- ・算出値: 資材投入量、発生廃棄物量

ただし、廃棄物量は建設(または解体)現場において排出される建設廃棄物(固体に限る)とする。また、本研究では、以下の範囲に限定して開発を行い、プロトタイプとして提示することとした。

- ・用途: 集合住宅、事務所
- ・建築工事で取り扱う建築資材(設備工事で取り扱う資材、梱包材等の副資材は対象外)

(2) LCW算出ツール(プロトタイプ)の構成

LCW算出ツール(プロトタイプ)は、主として以下の要素で構成される。

・データシート

建築工事の工事種別毎に、仕様名を見出しとし、構成資材、資材量算出、廃棄物量算出に関するデータを収集・整理し、データシートとしてとりまとめた。

・修繕・更新に係る算出ルール

供用年数(年)、部分別の計画更新年数(年)の設定により、講じた対策の効果を検討可能とした(自己設定値)。また、対策の効果を比較する際の基準とするため、“供用年数 65 年、計画更新無し”の仮定条件を設定し、比較検討に供することとした(基準値)。

・廃棄物分類と分別・再資源化シナリオ

廃棄物分類は、廃棄物処理法の分類を基に、建設廃棄物処理の現状を鑑みて作成した。さらに、分別、処理において講じた対策を検討可能なよう、分別、処理の程度が異なる 4 段階のシナリオを設定した。

(3) LCWの算出フロー

図 2.2.1に LCW の算出フローを示す。

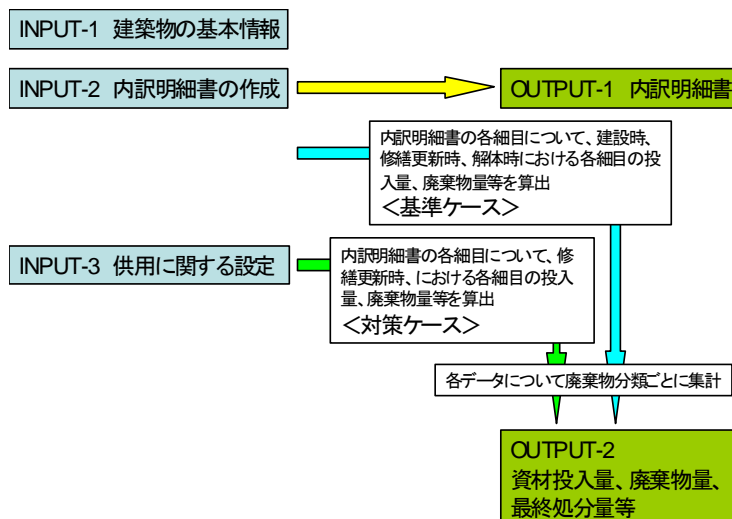


図 2.2.1 LCWの算出フロー

ツールのユーザーは、LCWの算出にあたり、以下を入力する。

① 建築物の基本情報(図 2.2.1の INPUT-1)

建築物の名称、延床面積、階数等

② 内訳明細書の記載事項の入力(図 2.2.1の INPUT-2)

コスト積算で行う内訳明細書作成と同様に、建築物の設計内容に従い、データシートの一覧から仕様を選択し、各仕様の使用数量を入力する。

③ 供用に関する設定(図 2.2.1の INPUT-3)

建築物の修繕・更新において対策を講じた場合の LCW 算出に必要な、供用年数(年)、部分別の計画更新年数(年)を設定する。

②の入力内容に基づき、内訳明細書が作成される(図 2.2.1の OUTPUT-1)。また、①から③の入力内容に基づき、各仕様の各ライフサイクル段階の投入量、廃棄物量等を算出し、廃棄物分類ごとに集計を行う(図 2.2.1の OUTPUT-2)。

各出力項目は、廃棄物分類毎の内訳及び小計、合計で示される。なお、これらは検討の目的に応じ、総量及び年あたり、年、単位面積あたりの値で示されるものとする。

2.2.3 LCW 算出に用いるデータシートの概要

(1) LCW 算出に用いるデータシートの概要

本プロジェクトで整備した、LCW 算出に用いるデータシートの例を表 2.2.1と表 2.2.2に示す。

LCW 算出に必要なデータとして、表で例示するように、①から⑨のグループにデータを分類し、整備した。「仕様(表の④)」が見出しとなり、関連するデータが整理されている。

以降、各グループのデータ構成と、その設定経緯を述べる。

(2) データシートのデータ構成及び設定経緯

①コード

仕様の整理のため、コード番号を付した。コードはローマ字 1 桁と数字 5 桁で構成され、ローマ字は仕様を抽出した資料の由来を示し、数字 5 桁は整理番号である。

②部分別分類

使用部位が異なる同一の仕様については、仕様の一覧を作成する作業において集約を行った。このため、使用が想定される建築物の部分(部位)にマークを付した。具体的には1または2の数字を記入しているが、部分により「⑦修繕・更新」で用いるデータが異なるため、記入された数字により「⑦修繕・更新」のデータを識別する。

③寸法

寸法、形状が異なる同様の仕様については、仕様の一覧を作成する作業において集約を行った。資材量、廃棄物量の算出において寸法は重要な要素であるため、一覧に掲載された仕様の寸法をデフォルト値とし、必要とする資材がデフォルト値と異なる場合は、寸法差などの補正値を算定して対応することが可能と考えられる。このため、「③寸法」では、長さ、幅、厚さ、直径などのディメンション情報を登録しており、実際に使用される資材との対比ができるよう配慮

表 2.2.1 LCW算出に用いるデータシートの例

①コード	②部分別分類	③寸法	④仕様	⑤施工単位	⑥材料								⑦修繕・更新	⑧回収率	⑨廃棄物量
					材料名	数量	単位	換算係数	質量換算値	質量単位	廃棄物分類	(廃棄物分類)			
K11101			床タイル張り 磁器質タイル 無釉100角 圧着張り 塗り目地	㎡	タイル	102	枚/㎡	0.077	0.26	kg/枚	D-2	D-2	1	4%	
					モルタル	0.0050	m ³ /㎡	0.077	1800	kg/m ³	B-1	D-2	1	4%	
K11102			床タイル張り モザイクタイル(磁器質) 無釉25角 圧着張り 塗り目地	㎡	タイル	11.5	枚/㎡	0.111	1.80	kg/枚	D-2	D-2	1	4%	
					モルタル	0.0050	m ³ /㎡	0.111	1800	kg/m ³	B-1	D-2	1	4%	
K11103			床タイル張り セツ器質タイル 無釉100角 圧着張り 塗り目地	㎡	タイル	11.2	枚/㎡	0.091	1.71	kg/枚	D-2	D-2	1	4%	
					モルタル	0.0050	m ³ /㎡	0.091	1800	kg/m ³	B-1	D-2	1	4%	
K11104			床タイル張り セツ器質タイル 無釉100角 圧着張り 1本目地	㎡	タイル	11.2	枚/㎡	0.091	1.71	kg/枚	D-2	D-2	1	4%	
					モルタル	0.0050	m ³ /㎡	0.091	1800	kg/m ³	B-1	D-2	1	4%	
K11105			内装壁タイル張り 内装タイル(陶器質) 施釉100角 (目地共サイズ) 接着剤張り	㎡	タイル	11.5	枚/㎡	0.167	0.92	kg/枚	D-2	D-2	1	4%	
					接着剤	1	㎡	0.167	0.8	kg/㎡	E-6	D-2	1	0%	
					白セメント	1	㎡	0.167	0.12	kg/㎡	A	A	1	0%	
K11106			内装壁タイル張り モザイクタイル(磁器質) 施釉60角(目地共サイズ) マスク張り	㎡	タイル	11.5	枚/㎡	0.143	1.05	kg/枚	D-2	D-2	1	4%	
					モルタル	0.0035	m ³ /㎡	0.143	1800	kg/m ³	B-1	D-2	1	5%	

した。

④仕様

仕様は、建築工事及び建設資材の価格情報誌 3)、4)に掲載されている細目(1万数千項目)から、仕様を集約し、千項目程度を一覧にした。

価格情報誌は、価格算定を目的としているため、色、テクスチャ等、価格に影響する差異があれば異なる仕様として整理されている。本ツールでは、投入資材の種類と量、建設時、解体時の廃棄物の種類、及びその量を把握するためのツールであるため、色、テクスチャ、寸法、形状、使用部位だけが異なる仕様については集約した。なお、寸法については資材量、廃棄物量に影響するため「③寸法」で管理している。

なお、材料の種類、施工の仕様が異なる場合は選択可能なよう、別の仕様として整理した。ここで、資材の投入及び排出のない、作業のみの仕様は除いた。

これらの項目を検討したところ、通常の積算行為においては見積りの取得により積算が行われている仕様やユニットを扱っていないなどの理由から、補完が必要であることがわかった。このため、モデル建築物2例のLCW試算(SRC造の事務所、RC造の集合住宅、2.3.7で詳述)の資材量算出のケーススタディにおける工法・仕様等から数百項目を追加した。

⑤単位

コスト積算における取扱単位(施工面積、質量等)を記入した。

⑥材料

各仕様を構成材料に分解し、投入資材量、廃棄物発生量算出に必要なデータを整理した。詳細は以下に示す。

・材料名

各仕様を構成資材に分解した。本ツールで管理する資材は、原則として標準歩掛りで把握できる資材名、あるいは現場搬入時の荷姿までとした。

表 2.2.2 LCW算出に用いるデータシートの例

①コード	④仕様	⑥材料 材料名	⑦修繕・更新				⑧回収率								⑨再生素質	⑩重量物量
			計画更新年数(年)	修繕周期(年)	更新係数(1回当りの係数)	修繕係数(1回当りの係数)	計画更新年数(年)	修繕周期(年)	更新係数(1回当りの係数)	修繕係数(1回当りの係数)	I	II	III	IV		
K11 101	床タイル張り 磁器質タイル 無釉100角 圧着張り 塗り目地	タイル モルタル	10	002	10	0.01	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5		
			10	0.02	10	0.01	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5		
K11 102	床タイル張り モザイクタイル(磁器質) 無釉25角 圧着張り 塗り目地	タイル モルタル	10	002	10	0.01	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5		
			10	0.02	10	0.01	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5		
K11 103	床タイル張り セツ器質タイル 無釉100角 圧着張り 塗り目地	タイル モルタル	10	002	10	0.01	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5		
			10	0.02	10	0.01	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5		
K11 104	床タイル張り セツ器質タイル 無釉100角 圧着張り 1本目地	タイル モルタル	10	002	10	0.01	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5		
			10	0.02	10	0.01	0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5		
K11 105	内装壁タイル張り 内装タイル(陶器質) 施釉100角(目地共サイズ) 接着剤張り	タイル 接着剤 白セメント	10	001			0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5		
			10	001			0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5		
			10	001			0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5		
K11 106	内装壁タイル張り モザイクタイル(磁器質) 施釉50角(目地共サイズ) マスク張り	タイル モルタル	10	001			0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5		
			10	001			0.9	0.9	0.9	0.9	0.5	0.5	0.5	0.5		

・数量及び単位

各材料の「⑤単位」に記入された単位あたりの投入数量及び単位。歩掛りや仕様書、カタログを基に記入されている。仕様書やカタログで値が把握出来ない場合は、Zeroemiツールの値を代用した。

・換算係数

「③寸法」で述べたように、本ツールでは、管理する仕様数を絞り込むためにデフォルトの寸法を定め、検討対象となる材料の寸法を入力するものとした。

ここでは、各資材の入力された寸法における投入資材量算出のための、デフォルト値に対する補正係数が記入されている。

・質量換算値及び質量単位

「数量及び単位」で示した各材料の単位あたりの数量及び単位は、“枚”や“個”など質量以外の単位であることも多い。このため、仕様書、カタログ、比重推計等から資材の単位当たりの重量を算出した値が記入されている。仕様書やカタログで値が把握出来ない場合は、Zeroemiツールの値を代用した。

・廃棄物分類

廃棄物分類は、建設時や修繕更新時の投入資材の端材等で発生する未使用材の廃棄物の場合の分類を“廃棄物分類”に、供用後に解体された際の廃棄物の分類が“(廃棄物分類)”に記入されている。供用後の廃棄物については現状の分別状況を考慮し、分別されずに他の廃棄物に混入(もしくは付着)したまま排出される場合は混入(もしくは付着)する相手の材料の廃棄物分類が記入されている。例えば、タイルの施工に用いられたモルタルは、単体では廃棄物分類は“B-1”であるが、解体後はタイルとともに排出されるため“D-2”とした。

なお、解体後の廃棄物分類は、解体現場での状況に即した分類であるが、中間処理場等、解体現場から搬送された後の段階で再資源化等のために分別されることが明らかな場合がある。例えば、コンクリート中の鉄筋は、解体現場からはコンクリートに混入した状態で搬出されると想定した分類としているが、中間処理場では鉄筋は分別・回収される場合がほとんどであると想定される。このような場合は、“搬出時の分類(中間処理後の分類)”のようにさらなる資源回収の可能性を検証できるよう配慮されている。

ここでの廃棄物分類の記入は、現状で一般的と考えられる分類状況を想定して記入されたものであり、異なる分別を行っている場合もありうる。このため、本ツールは、あくまでも一定の想定のもとに廃棄物を算出するものである。また、今後再資源化技術の進歩や施工内容の変化等により分別状況が大きく変わる場合が考えられる。その場合は、データの更新等の見直しが必要である。

・廃棄物発生段階

施工用の補助材等、施工時のみに廃棄物が発生する場合は“0”を記入した(この場合は投入資材量は無し)。それ以外の場合は“1”を記入した(この場合は施工時に端材が発生すると共に、投入された資材と同量の廃棄物が解体時に発生する)。

・ロス率

数量積算基準や標準歩掛り等で設定されている施工上必要な端材等の率をロス率とした。ロス率は、物量換算値とは分離して管理することとした。

例：“ロス率”が“2%”の場合、投入量 100 に対してロスは 2。施工時に必要な資材量(発注量)は 102 である。

なお、積算基準類で許容しているロス率は、生産者が個々に想定した考えとは異なる場合がある。また、ロス率はあくまで端材等として発生する率をさし、梱包材や仮設材等による発生物は対象外とした。

⑦修繕・更新

修繕・更新における資材投入量、廃棄物発生量の算出においては、ライフサイクルコスト算出の考え方に従い、基本的には材料の修繕率と更新年数によって置換回数を定めることとした。修繕率、更新周期の定義は以下とする。

- ・修繕率(%)：定期的に材料の定率(修繕率)分が置換
- ・更新周期(年)：当該材料の寿命によって置換

修繕率、更新周期の個々のデータは、「建築物のライフサイクルコスト」((財)建築保全センター、以降、「建築物のLCC」)に掲載されているデータベースの値を適用することとした。具体的には、表 2.2.2 中の計画更新年数、修繕周期、更新係数、修繕係数である。

「建築物のLCC」では、建築物に用いられる仕様について、LCC算出に必要なデータをまとめている。本研究では、各仕様に含まれる建材ごとにLCW算出に必要なデータを整理しているが、「建築物のLCC」では、仕様ごとにデータが設定されており、仕様に用いられる材料ごとのデータに分解することは、各仕様のデータの設定根拠に遡らなければ困難である。このため、「建築物のLCC」で設定された仕様毎のデータを、本研究のデータベースの類似の仕様の各材料の値にあてはめて代用することとした。この結果、本研究のデータベースでは、一つの仕様に使用される各材料の修繕率及び更新周期は同一となる。

躯体に使用される仕様を中心に、「建築のLCC」では、使用年数65年とし、修繕、更新は発生しないとするデータについては、本ツールにおいても修繕、更新は行わないものとした。評価対象となる建築物の供用期間が65年を超えた場合には、修繕、更新はこの限りではないが、現状ではデータがないため同様の方針とする。

なお、修繕、更新の周期や係数は、同一の仕様でも部位によって異なる。このため、本ツールでは複数の部位等を使用される仕様については、部位により異なるデータを使用することとした。ただし、本ツールでは全ての部位にそれぞれの場合に適切な修繕、更新に関するデータを収集することは出来なかったため、躯体、外部、内部等の使用場所毎に同一のデータを使用することとした。「②部分別分類」の欄に記入された数字(1または2)は、「⑦修繕・更新」で用意された修繕・更新に関するデータ(計画更新年数、修繕周期、更新係数、修繕係数の4つの値のセット)に対応する。

本ツールで扱う仕様について、「建築物のLCC」に掲載されたデータで対応できないものも多数あったが、仮の値を用い、計算に供することとした。仮のデータを用いた仕様については、

今後データを検討し、精度を向上させる必要がある。

⑧回収率

建設時や修繕更新時の投入資材の端材等で発生する未使用材の回収率(発生量に対する回収量、回収されない量は、分別不能で混合廃棄物として排出と想定)を“(未使用)廃棄物回収率”、供用後に解体された廃棄物の回収率を“(使用済)廃棄物回収率”に記入した。

回収率については、十分な検証がなされておらず、データの入手が困難であったため、本ツールでは、(未使用)廃棄物回収率を0.9(ただし、鉄筋についてはさらに高率で回収されていると想定されるため0.99とした)、(使用済)廃棄物回収率を0.5(湿式工法で他の材料と結合され、解体時に破損する部分が多いと想定される場合、分別回収が義務づけられている特定建設資材廃棄物、有価物であるため回収が期待できる鉄筋を除く)、または0.8(それ以外の場合)とした。

あくまで仮のデータであり、今後データが蓄積された場合には見直しが必要となる。

⑨再生資源

“再生原料カテゴリー”は、各材料の原料に再生資源を用いている場合は○を記入する。躯体に使用される仕様については“躯体”に、仕上に使用される仕様については“仕上”に記入するものである。現状では、再生原料の使用の有無が材料名だけでは判断できないため、将来の検討に備え枠組みのみ構築し、データは記入していない。今後、再生資源の利用が進み、データが整備された場合にデータを更新する必要がある。

また、木材及び主として木で構成される材料について“再生可能森林資源”に○を記入した。

さらに、グリーン購入法における環境配慮物品に該当する場合は“環境配慮”に“G”を、廃棄物処理法の特例における広域再生認定品に該当する場合は“広域認定品”にそれぞれ○を記入した。

⑩要管理物質

「⑩要管理物質」は、ツールの使用者の記入のために設けた欄であり、データは記入されていない。

PRTR 関連の資料を入手した場合、特別管理産業廃棄物が含まれることを確認した場合等に、使用者や作業従事者の安全管理、資源利用における安全管理等の観点から記録を残すことが可能なよう設けた欄である。

(3) 新規のデータの追加

本ツールでは、一般的に用いられている建築仕様について、資源投入量と廃棄物量を算出するデータを収集・整理する目的でデータを整備した。本ツールのユーザーが一覧にない仕様を用いた計画を実施し、資源投入量や廃棄物発生量を算出、検討する場合には、同様のデータを収集・整理すれば、本ツールで提案した方法により同様の検討を行うことが可能である。

(4) 展望

本ツールでは、一般的に用いられている建築仕様について、資源投入量と廃棄物量を算出するデータを収集・整理したが、本検討では、一通りの計算が可能となるよう、データを揃えることを優先したため、データの一般性、信頼性が低いものも含まれている。このため、データの根拠をデータと共に記録し、データの精度を確認できるようにしたが、今後、データの更新等により、精度の向上を図る必要がある。

また、環境負荷の低い仕様や材料等は、本ツールには含まれていない。これらの仕様のデータ収集は今後の課題とする。

2.2.4 廃棄物分類と分別・再資源化シナリオの概要

(1) 検討内容

本ツールにおいて建設廃棄物の標準的な取り扱い方を定める「分別・再資源化シナリオ(案)」の策定に必要な建築資材毎の個別のケース(要素ケース)について、建築資材毎に異なる処理フロー、マテリアルバランスに関する調査結果を元に、建設廃棄物の現場での分別、現場からの排出、中間処理、再資源化に至る一般的なケースを提案する。

また、中間処理、再資源化に関する再資源化率等の固有の数値、あるいは、小口回収のような新しい廃棄物物流方策等、既往の調査・研究成果で不足する情報に関しては、新たに調査する。

(1.1) 廃棄物分類の検討

建設廃棄物は、安定型廃棄物と管理型廃棄物に分類される。

各性状ごとの廃棄物分類に対し、実際の新築、解体工事現場においては、分別解体等に係る制度、新築時、解体時などによる対応の相違、リサイクルの推進、さらに、メーカーなどによる製品ごとのリサイクルルートへの搬出(広域再生利用指定、広域認定)などを背景として、様々な分別排出が行われている。ここでは、建設廃棄物の現場での分別、現場からの排出、中間処理、再資源化に至る一般的なケースの提案が求められる。

そこで、そうした状況を考慮した上で、実際の排出状況などを踏まえた分類として、下記の方法に基づく廃棄物分類を行うこととした。

- ① 安定型産業廃棄物と管理型産業廃棄物での区分を行う。枝番の設定は、広域認定、先進例などを示すこととした。(梱包などは含めない)
- ② 新築工事、解体工事の別に廃棄物の分別方法の対応が異なることを考慮した区分を行う。(未使用・使用済の別と表現)廃棄物分類(種目)が同じでも、処理方法が異なる場合は枝番を付して分類(内容)を追加。
- ③ どの程度までのリサイクル化の取組を行うかによっても分別解体等の程度が異なることを考

慮した区分を行う。

安定型産業廃棄物としては、表 2.2.3に示す、がれき類(4分類)、ガラス・陶磁器くず(8分類)、廃プラスチック類(7分類)、金属くず(6分類)、ゴムくず、その他、混合廃棄物の計7種類、28分類を行った。

なお、非飛散性アスベスト製品は種目から削除し、要管理物質(データシートの項目)での対応とする。

管理型産業廃棄物としては、表 2.2.4に示す汚泥、ガラス・陶磁器くず及びがれき(3分類)、廃プラスチック類(2分類)、金属くず、木くず(3分類)、紙くず、繊維くず(3分類)、廃油、その他(3分類)、混合廃棄物の計10種類、19分類を行った。

また、建設発生土についても分類に含めた。

(2) 分別・再資源化シナリオの検討

分別・再資源化シナリオは対策のレベルの異なる4段階を設定した。

各シナリオの設定方針を以下に示す。

- ・シナリオⅠ:建設リサイクル法に対応する程度の分別
- ・シナリオⅡ:シナリオⅠ+有価物の分別及び通常行われている程度の分別
- ・シナリオⅢ(未使用材):シナリオⅡ+広域認定の資材を分別
- ・シナリオⅢ(解体材):シナリオⅡ+現状の先進的な処理がされている資材を分別
- ・シナリオⅣ:完全分別(未普及技術の処理施設が整備された場合を想定)

なお、廃棄物の発生段階は、新築工事、解体工事に対応が大きく異なるため、それぞれ未使用廃棄時、使用済み廃棄時として2種類に区分し、それぞれ廃棄物分類として相当するものについて分類を行った。

表 2.2.3 安定型廃棄物の分類

廃棄物分類				
区分	種目	記号	内容	
安定型産業廃棄物	がれき類1	A	コンクリート塊	
	がれき類2	B-0	がれき類2	
			B-1	レンガくず、石くず、瓦くず
			B-2	瓦くず(陶器瓦、粘土瓦)
	がれき類3	C	アスファルトコンクリート塊、アスファルト塊	
	ガラス・陶磁器くず	D-0	ガラス・陶磁器くず	
			D-1	ガラスくず
			D-2	ALCくず、タイルくず、衛生陶器くず
			D-3	グラスウール製品
			D-4	けい酸カルシウム製品
			D-5	タイル、ブロック、衛生陶器
			D-6	ロックウール製品
			D-7	ALC
D-8			窯業系サイディング等	
廃プラスチック類1	E-0	廃プラスチック類1		
		E-1	塩ビ管・継手	
		E-2	床タイル(ポリオレフィン系床材)	
		E-3	タイルカーペット等塩化ビニル製品	
		E-4	FRP製品	
		E-5	熱可塑性樹脂製品(廃発泡スチロール、廃ビニール等)	
		E-6	熱硬化性樹脂製品(ウレタン、フェノール等)	
		E-7	押出発泡ポリスチレン製品	
金属くず1	F-0	金属くず1		
		F-1	鉄骨鉄筋くず、金属加工くず(躯体に用いられるもの)	
		F-2	鉄骨鉄筋くず、金属加工くず	
		F-3	鉄混合製品	
金属くず2	G-0	金属くず2		
		G-1	アルミくず	
		G-2	電線くず	
		G-3	ステンレス系、その他金属類	
ゴムくず	H	天然ゴムくず		
その他1	I	金属樹脂複合板		
混合廃棄物1	J	A~Hの混合廃棄物		

網掛けは広域認定等対応

廃棄物分類及び分別シナリオは、下記に示す廃棄物分類ごとの処理・利用方法の現状を踏まえて整理を行う必要がある。その結果、現場における分別シナリオは、表 2.2.5に示すように考えられる。さらに、対応する処理方法を表 2.2.6に示す。

表 2.2.4 管理型廃棄物の分類

廃棄物分類			
区分	種目	記号	内容
管理型産業廃棄物	汚泥	K	掘削工事から生じる泥場の掘削物および泥水(建設汚)
	ガラス・陶磁器くず及びがれき1	L-1	廃石膏ボード
		L-2	木毛セメント板
	ガラス・陶磁器くず及びがれき2	M	有機性のものが付着・混入したガラス・陶磁器くず
	廃プラスチック類2	N-1	壁紙くず等(塩化ビニル製)
		N-2	木粉入樹脂成形材
	金属くず3	O	鉛管、有機性のものが付着・混入した金属くず
	木くず	P-0	木くず
		P-1	木くず(木材)
		P-2	木くず(合板類)
		P-3	パーティクルボード
	紙くず	Q	壁紙くず、障子
	繊維くず	R-1	稲藁畳
		R-2	建材畳(化学畳等)
		R-3	その他
	廃油	S	機械重油
その他2	T-1	蛍光灯、水銀ランプ	
	T-2	冷凍・空調機器(メーカー再生・EPR)	
	T-3	ユニットもの(バス、キッチンなど)	
混合廃棄物2	U	J～Sの混合廃棄物	
その他	建設発生土	V	土砂及び専ら土地造成の目的となる土砂に準ずるもの

網掛けは広域認定等対応

表 2.2.5 廃棄物分類及びシナリオ

廃棄物分類		分別・再資源化シナリオ									
区分	種目	記号	内容	I		II		III		IV	
				未使用	使用済	未使用	使用済	未使用	使用済	未使用	使用済
安定型産業 廃棄物	がれき類1	A	コンクリート塊	A	A	A	A	A	A	A	A
	がれき類2	B-0	がれき類2	—	—	—	—	—	—	—	—
		B-1	レンガくず、石くず、瓦くず	J	J	B-0	B-0	B-0	B-0	B-1	B-1
		B-2	瓦くず(陶器瓦、粘土瓦)	J	J	B-0	B-0	B-2	B-0	B-2	B-1
	がれき類3	C	アスファルトコンクリート塊、アスファルト塊	C	C	C	C	C	C	C	C
	ガラス・陶磁器くず	D-0	ガラス・陶磁器くず	—	—	—	—	—	—	—	—
		D-1	ガラスくず	J	J	D-0	D-0	D-0	D-0	D-1	D-1
		D-2	ALCくず、タイルくず、衛生陶器くず	J	J	D-0	D-0	D-0	D-0	D-2	D-2
		D-3	グラスウール製品	J	J	J	J	D-3	J	D-3	D-3
		D-4	けい酸カルシウム製品	J	J	D-0	D-0	D-4	D-0	D-4	D-4
		D-5	タイル、ブロック、衛生陶器	J	J	D-0	D-0	D-5	D-0	D-5	D-5
		D-6	ロックウール製品	J	J	J	J	D-6	J	D-6	D-6
		D-7	ALC	J	J	D-0	D-0	D-7	D-0	D-7	D-7
		D-8	窯業系サイディング等	J	J	D-0	D-0	D-8	D-0	D-8	D-8
	廃プラスチック類1	E-0	廃プラスチック類1	—	—	—	—	—	—	—	—
		E-1	塩ビ管・継手	J	J	E-0	J	E-1	E-1	E-1	E-1
		E-2	床タイル(ポリオレフィン系床材)	J	J	E-0	J	E-2	E-5	E-2	E-5
		E-3	タイルカーペット等塩化ビニル製品	J	J	E-0	J	E-3	E-3	E-3	E-3
		E-4	FRP製品	J	J	E-0	J	E-0	E-4	E-0	E-4
		E-5	熱可塑性樹脂製品(廃発泡スチロール、廃ビニール等)	J	J	E-0	J	E-0	J	E-0	E-5
		E-6	熱硬化性樹脂製品(ウレタン、フェノール等)	J	J	E-0	J	E-0	J	E-0	E-6
		E-7	押出発泡ポリスチレン製品	J	J	E-0	J	E-7	E-5	E-7	E-5
	金属くず1	F-0	金属くず1	—	—	—	—	—	—	—	—
		F-1	鉄骨鉄筋くず、金属加工くず(躯体に用いられるもの)	J	J	F-0	F-0	F-0	F-0	F-1	F-1
		F-2	鉄骨鉄筋くず、金属加工くず	J	J	F-0	F-0	F-0	F-0	F-2	F-2
		F-3	鉄混合製品	J	J	F-0	F-0	F-0	F-0	F-3	F-3
	金属くず2	G-0	金属くず2	—	—	—	—	—	—	—	—
		G-1	アルミくず	J	J	G-0	G-0	G-0	G-0	G-1	G-1
		G-2	電線くず	J	J	G-0	G-0	G-0	G-0	G-2	G-2
		G-3	ステンレス系、その他金属類	J	J	G-0	G-0	G-0	G-0	G-3	G-3
ゴムくず	H	天然ゴムくず	J	J	J	J	J	J	J	H	
その他1	I	金属樹脂複合板	J	J	J	J	I	J	I	I	
混合廃棄物1	J	A~Hの混合廃棄物	J	J	J	J	J	J	J	J	
管理型産業 廃棄物	汚泥	K	掘削工事から生じる泥場の掘削物および泥水(建設汚)	U	U	U	K	U	K	U	K
	ガラス・陶磁器くず及びがれき1	L-1	廃石膏ボード	U	U	U	U	L-1	L-1	L-1	L-1
		L-2	木毛セメント板	U	U	U	U	L-2	U	L-2	L-2
	ガラス・陶磁器くず及びがれき2	M	有機性のものが付着・混入したガラス・陶磁器くず	U	U	U	U	M	M	M	M
		廃プラスチック類2	N-1	壁紙くず等(塩化ビニル製)	U	U	U	U	N-1	N-1	N-1
	N-2		木粉入樹脂成形材	U	U	U	U	N-2	U	N-2	N-2
	金属くず3	O	鉛管、有機性のものが付着・混入した金属くず	O	O	O	O	O	O	O	O
	木くず	P-0	木くず	—	—	—	—	—	—	—	—
		P-1	木くず(木材)	P-0	P-0	P-0	P-0	P-1	P-1	P-1	P-1
		P-2	木くず(合板類)	P-0	P-0	P-0	P-0	P-2	P-2	P-2	P-2
		P-3	パーティクルボード	P-0	P-0	P-0	P-0	P-3	P-2	P-3	P-2
	紙くず	Q	壁紙くず、障子	U	U	U	U	U	U	U	Q
	繊維くず	R-1	稲藁量	U	U	U	U	U	R-1	U	R-1
		R-2	建材量(化学量等)	U	U	U	U	U	R-2	U	R-2
		R-3	その他	U	U	U	U	U	U	U	U
	廃油	S	機械重油	U	U	U	U	U	U	S	S
	その他2	T-1	蛍光ランプ、水銀ランプ	U	U	U	U	T-1	T-1	T-1	T-1
		T-2	冷凍・空調機器(メーカー再生・EPR)	U	U	U	U	T-2	T-2	T-2	T-2
		T-3	ユニットもの(バス、キッチンなど)	U	U	U	U	T-3	T-3	T-3	T-3
	混合廃棄物2	U	J~Sの混合廃棄物	U	U	U	U	U	U	U	U
その他	V	建設発生土	V	V	V	V	V	V	V	V	

網掛けは広域認定等対応

表 2.2.6-1 廃棄物分類及び処理・利用方法

	処理・利用方法								備考	先進事例 (通常の処理・利用以外) (マテリアルバランス 整理の対象)
	シナリオⅠ		シナリオⅡ		シナリオⅢ		シナリオⅣ			
	未使用	使用済	未使用	使用済	未使用	使用済	未使用	使用済		
A	再生砕石化		再生砕石化		再生砕石化		再生砕石化		高品質再生骨材回収	
B-0			再生砕石化		再生砕石化		再生砕石化			
B-1					再生砕石化		再生砕石化			
B-2					広域認定等		広域認定等			
C	再生アスファルト化		再生アスファルト化		再生アスファルト化		再生アスファルト化			
D-0			再生砕石化		再生砕石化					
D-1							再生カレット化			
D-2							再生砕石化			
D-3					広域認定等		広域認定等		グラスウール原料化	
D-4					広域認定等		広域認定等		けい酸カルシウム原料化	
D-5					広域認定等		広域認定等		タイル、ブロック原料化	
D-6					広域認定等		広域認定等		ロックウール原料化	
D-7					広域認定等		広域認定等		ALC原料化	
D-8					広域認定等		広域認定等		窯業系サイディング原料化	
E-0			燃料化		燃料化		燃料化			
E-1					再生塩ビコンパウンド化		再生塩ビコンパウンド化			塩素回収
E-2					広域認定等		広域認定等			
E-3					再生塩ビコンパウンド化		再生塩ビコンパウンド化			塩素回収
E-4							セメント原料化		セメント原料化	
E-5							再生コンパウンド化		再生コンパウンド化	
E-6									燃料化	
E-7					再生コンパウンド化		再生コンパウンド化			
F-0			金属回収		金属回収					
F-1							金属回収			
F-2							金属回収			
F-3							金属回収			
G-0			金属回収		金属回収					
G-1							金属回収			
G-2							金属回収			注記: 塩ビ被覆材の現場剥離ケースの可能
G-3							金属回収			
H									鉄鋼原料化	
I					広域認定等		広域認定等		金属樹脂複合板原料化	
J	素材別回収 (→A~H, J~R)		素材別回収 (→A~H, J~R)		素材別回収 (→A~H, J~R)		素材別回収 (→A~H, J~R)			※混廃処理の分別・再資源化レベルの整理

表 2.2.6-2 廃棄物分類及び処理・利用方法

	処理・利用方法								備考	先進事例 (通常の処理・利用以外) (マテリアルバランス 整理の対象)
	シナリオⅠ		シナリオⅡ		シナリオⅢ		シナリオⅣ			
	未使用	使用済	未使用	使用済	未使用	使用済	未使用	使用済		
K				改良土		改良土		改良土		
L-1					広域認定等	石膏ボード原料	広域認定等	石膏ボード原料化		
L-2					広域認定等		広域認定等	木毛セメント原料化		
M					広域認定※素材別回収(→D-3~D-8)	再生砕石化	広域認定※素材別回収(→D-3~D-8)	再生砕石化		
N-1					再生塩ビコンパウンド化		再生塩ビコンパウンド化			塩素回収
N-2					広域認定等		広域認定等	木粉入樹脂成形材原料化		
O	金属回収		金属回収		金属回収		金属回収			
P-0	ボイラ燃料化		ボイラ燃料化							
P-1					製紙原料化 ボード原料化		製紙原料化 ボード原料化			バイオエタノール回収
P-2					ボイラ燃料化		ボイラ燃料化			バイオエタノール回収
P-3					広域認定等		広域認定等			バイオエタノール回収
Q								燃料化		
R-1						堆肥化 飼料化		堆肥化 飼料化		バイオエタノール回収
R-2						堆肥化 飼料化		堆肥化 飼料化		
R-3									(具体内容未設定)	
S							再利用			
T-1					水銀回収(水銀) 再生カレット化 (ガラス)		水銀回収(水銀) 再生カレット化 (ガラス)			
T-2					リユース 金属回収		リユース 金属回収			
T-3					広域認定等	素材別回収 (→A~H、J~R)	広域認定等	素材別回収(→A~H、J~R)		
U	素材別回収 (→A~H、J~R)		素材別回収 (→A~H、J~R)		素材別回収 (→A~H、J~R)		素材別回収 (→A~H、J~R)			※混廃処理の分別・再資源化レベルの整理
V	埋戻材(現場内 利用、現場間利 用)		埋戻材(現場内 利用、現場間利 用)		埋戻材(現場内 利用、現場間利 用)		埋戻材(現場内 利用、現場間利 用)			

(3) 再資源化率の検討

現場での分別解体等が行われた廃棄物等は、輸送、その他でロスが生じ、それらが別の再資源化又は処分に供されることになる。しかしながら、ここでは、中間処理施設における再資源化率として検討を行うこととする。

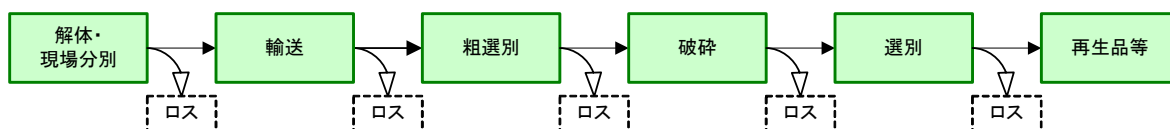
- ①処理・利用方法として分別シナリオに相当して、処理施設での処理方法を考慮し、素材回収率の整理として行った。この場合、分別による素材回収率などは考慮せず、回収分は全て再資源化施設での受入基準を満足するものとして考えた。
- ②広域認定及び広域再生利用指定などの取扱方法については、認定事業者へのアンケート結果をもとに、とりまとめを行った。
- ③先進事例(通常の処理・利用以外)については、特にわかる範囲での記載を試みた。但し、これらの処理・利用方法については、処理フロー及びマテリアルバランスは十分な整理ができていない。

検討のバウンダリーを表 2.2.7に、得られた再資源化率を表 2.2.8に示す。

再資源化率は、現状における値、及び現状における想定値で記入したが、技術の普及程度が異なる等の理由により精度にはばらつきがある。今後、社会状況の変化等によっても数字が変わるため、適宜データの更新が必要である。

表 2.2.7 検討のバウンダリー

木くず(解体木くず)の場合の簡易例



プロセス 項目		i 解体・ 現場分別	ii 輸送	iii 粗選別	iv 破碎	v 選別	vi 再生品等	...
a	資 材 量	a i =モデル建築 物別の解体直 前の残存量	a ii = a i - a i × β i	a iii = a ii - a ii × β ii	a iv = a iii - a iii × β iii	a v = a iv - a iv × β iv	a vi = a v - a v × β v	
b	ロス 率	b i =設定値	b ii =設定値	b iii =設定値	b iv =設定値	b v =設定値		
	:							

【検討対象範囲】

・輸送プロセスは含めない。

【廃棄物の名称】→

○ t・kg・m3

【その他投入物】→

○ t・kg・m3

【処理/リサイクルの名称】

→【生成物の名称】

○ t・kg・m3

→【その他排出物】

○ t・kg・m3

・中間処理における処理フロー、マテリアルバランスについてのみの評価として行う。

表 2.2.8 再資源化率（想定値）

再資源化率

廃棄物分類 区分	種目	記号	内容	シナリオ								中間処理 (先進)	
				I		II		III		IV			
				未使用	使用済	未使用	使用済	未使用	使用済	未使用	使用済		
安定型産業 廃棄物	がれき類1	A	コンクリート塊	100	100	100	100	100	100	65	65	80	
	がれき類2	B-0	がれき類2	0	0	100	100	100	100	0	0		
			B-1	レンガくず、石くず、瓦くず	0	0	0	0	0	0	100	100	0
			B-2	瓦くず(陶器瓦、粘土瓦)	0	0	0	0	100	0	100	0	0
	がれき類3	C	アスファルトコンクリート塊、アスファルト塊	100	100	100	100	100	100	100	100	80	
	ガラス・陶磁器くず	D-0	ガラス・陶磁器くず	0	0	50	50	50	50	0	0		
			D-1	ガラスくず	0	0	0	0	0	0	50	50	0
			D-2	ALCくず、タイルくず、衛生陶器くず	0	0	0	0	0	0	50	50	0
			D-3	グラスウール製品	0	0	0	0	100	0	100	80	0
			D-4	げいばんカルシウム製品	0	0	0	0	100	0	100	80	0
			D-5	タイル、ブロック、衛生陶器	0	0	0	0	100	0	100	80	0
			D-6	ロックウール製品	0	0	0	0	100	0	100	80	0
			D-7	ALC	0	0	0	0	100	0	100	80	0
			D-8	窯業系サイディング等	0	0	0	0	100	0	100	80	0
	廃プラスチック類1	E-0	廃プラスチック類1	0	0	40	40	40	0	40	0		
			E-1	塩ビ管・継手	0	0	0	0	100	100	100	100	80
			E-2	床タイル(ポリオレフィン系床材)	0	0	0	0	100	0	100	0	0
			E-3	タイルカーペット等塩化ビニル製品	0	0	0	0	80	80	80	80	0
			E-4	FRP製品	0	0	0	0	0	90	0	90	0
			E-5	熱可塑性樹脂製品(廃発泡スチロール、廃ビニール等)	0	0	0	0	0	80	0	80	80
			E-6	熱硬化性樹脂製品(ウレタン、フェノール等)	0	0	0	0	0	0	0	80	80
			E-7	押出発泡ポリスチレン製品	0	0	0	0	100	0	100	0	0
	金属くず1	F-0	金属くず1	0	0	100	100	100	100	0	0		
			F-1	鉄骨鉄筋くず、金属加工くず(躯体に用いられるもの)	0	0	0	0	0	0	100	100	80
			F-2	鉄骨鉄筋くず、金属加工くず	0	0	0	0	0	0	100	100	
			F-3	鉄混合製品	0	0	0	0	0	0	100	100	
金属くず2	G-0	金属くず2	0	0	100	100	100	100	0	0			
		G-1	アルミくず	0	0	0	0	0	0	100	100	80	
		G-2	電線くず	0	0	0	0	0	0	100	100	80	
		G-3	ステンレス系、その他金属類	0	0	0	0	0	0	100	100	0	
ゴムくず	H	天然ゴムくず	0	0	0	0	0	0	0	50	0		
その他1	I	金属樹脂複合板	0	0	0	0	100	0	100	80	0		
混合廃棄物1	J	A~Hの混合廃棄物	70	70	70	70	70	70	70	70	0		
管理型産業 廃棄物	汚泥	K	掘削工事から生じる泥場の掘削物および泥水(建設汚)	0	0	0	40	0	40	0	40	0	
	ガラス・陶磁器くず及びがれき1	L-1	廃石膏ボード	0	0	0	0	100	100	100	100	80	
			L-2	木毛セメント板	0	0	0	0	100	0	100	0	0
	ガラス・陶磁器くず及びがれき2	M	有機性のものが付着・混入したガラス・陶磁器くず	0	0	0	0	100	100	100	0	0	
			N-1	壁紙くず等(塩化ビニル製)	0	0	0	0	10	10	10	10	0
	廃プラスチック類2	N-2	木粉入樹脂成形材	0	0	0	0	100	0	100	80	0	
			O	鉛管、有機性のものが付着・混入した金属くず	80	80	80	80	80	80	80	80	80
	木くず	P-0	木くず	100	100	100	100	0	0	0	0		
			P-1	木くず(木材)	100	100	100	100	100	100	100	100	0
			P-2	木くず(合板類)	80	80	80	80	80	80	80	80	80
			P-3	パーティクルボード	0	0	0	0	100	0	100	0	80
	紙くず	Q	壁紙くず、障子	0	0	0	0	0	0	0	95	0	
			R-1	稲藁畳	0	0	0	0	0	95	0	95	80
			R-2	建材畳(化学畳等)	0	0	0	0	0	95	0	95	0
	繊維くず	R-3	その他	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
			S	機械重油	0	0	0	0	0	0	100	100	0
			その他2	T-1	蛍光灯、水銀ランプ	0	0	0	0	10	10	10	10
	T-2	冷凍・空調機器(メーカー再生・EPR)			0	0	0	0	96	96	96	96	0
	T-3	ユニットもの(バス、キッチンなど)			0	0	0	0	100	100	100	100	0
混合廃棄物2	U	J~Sの混合廃棄物	80	80	80	80	80	80	80	80	0		
その他	建設発生土	V	土砂及び専ら土地造成の目的となる土砂に準ずるもの	50	50	50	50	50	50	50	50	0	

2.2.5 修繕・更新シナリオ

本節では LCW 算定手法に具備すべき修繕・更新シナリオの考え方について述べる。

(1) 基本的な考え方

算出ツールにおいて実態に即した修繕・更新シナリオを設定するため、材料寿命等によらない所有者等の意思による計画更新を組み入れることが可能となるような、シナリオの枠組みを算定ツール上に作成した。通常の更新・修繕に係るパラメータとしては、修繕率・更新周期があるが、部位毎、あるいは室単位の改修にも対応させるために、建物用途、SI-非 SI の別、建築物の構成分類、室等の名称をツール上の情報として取り扱えるよう配慮した。

(1.1.1) 算出パラメータ

材料の修繕率と更新周期によって置換回数を定めるため、個別資材に対する修繕率・更新周期を、予め定める。

- ・修繕率(%) : 定期的な材料の定率(修繕率)分が置換
- ・更新周期(年) : 当該材料の寿命によって置換

(1.1.2) 建物用途、SI-非SIの設定

建物用途によって異なるデフォルト値を設定した。SI-非 SI の選択基準は、性能表示等による。

(1.1.3) 建築物構成分類の設定

躯体(外周壁・外皮)と内部空間(内装仕上げ・下地等)

(1.1.4) 室単位の更新への対応(オプション)

室単位毎に計算範囲を分割することや、各資材に対して、室名等の情報を付与することにより、室単位での更新周期の設定が可能となる。

(2) 基準ケースの設定

入力を簡便にするために、建物用途や評価対象期間、建物用途に合致した更新周期について標準的なものについては、「基準ケース」(デフォルト)として定め、同一の建築物に対して、「SI化する」、「建物寿命を長くする」等の LCW 削減に係る対策案との比較や、他の建築物との相互比較を行うことも可能となる。

(3) 修繕・更新シナリオの補正・自己設定と入力の簡便化への対応

修繕・更新シナリオによって、置換回数を算定する時に、想定する建物寿命・修繕周期と使用する材料・部材で定められる更新周期との関係で、材料の寿命と比べて供用する期間が短く計算

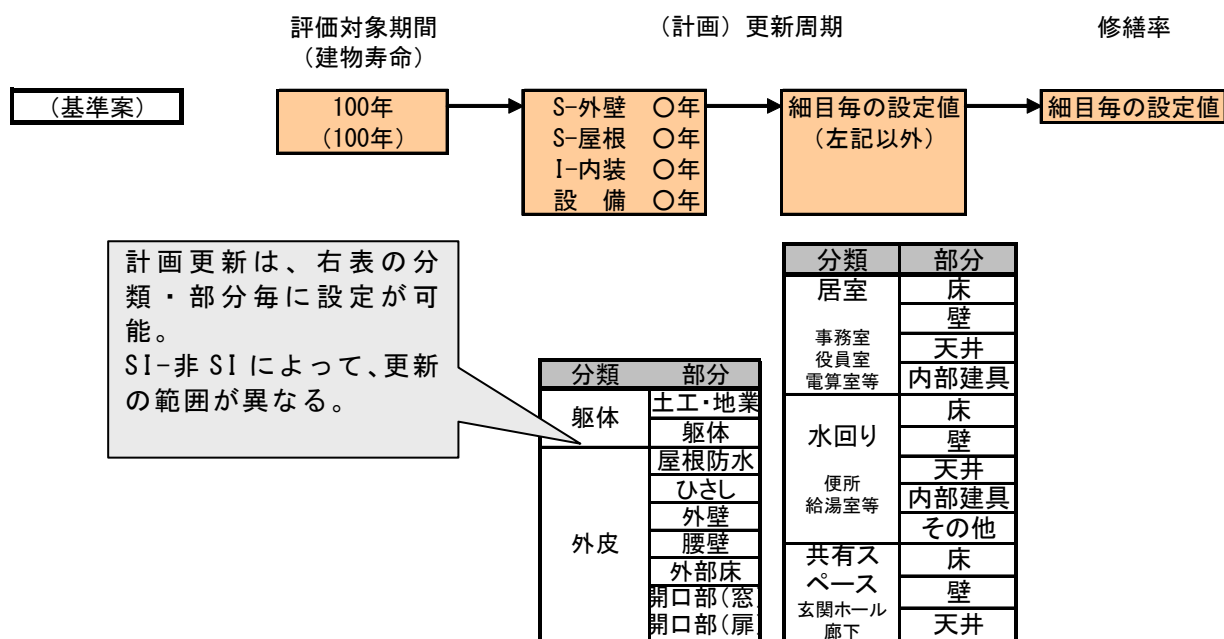


図 2.2.2 修繕・改修シナリオの基本的な考え方

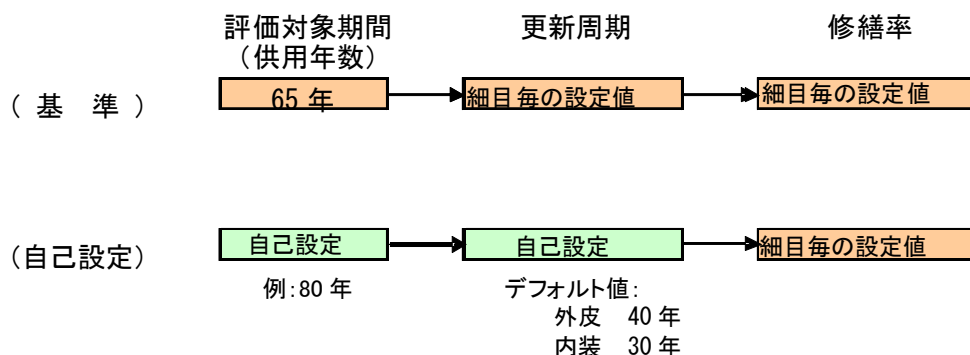


図 2.2.3 基準ケースと自己設定ケースの比較 (が基準ケース)

され、置換回数が過大となることが考えられる。このような場合には、材料・部材の更新時期を補正係数により調整できることとする。

使用する材料・部材の更新時期によっては、下地材と仕上げ材の関係のように、更新する場合に共に置換しなければならない場合(道連れ)が生じる。基準ケースでは、それぞれの部位で用いられる仕様のレベルで評価を行っているが、道連れを考慮した修繕・更新を計画する場合には、その計画による自己設定ができることとする。

また、将来において、自己設定ケースについてその考え方や具体的な方策について知見が累積した場合に、典型的な設定例については、入力の手間を減らすために、建物用途や評価対象期間、建物用途に合致した更新周期について代替案リストを作成し、階層構造によって簡便なシナリオ設定も可能である。

いずれの場合も、当該建築物に最適化した計画に基づく「自己設定ケース」であることから、LCW算定時において「基準ケース」と比較した効用について評価されるものとして取り扱う。

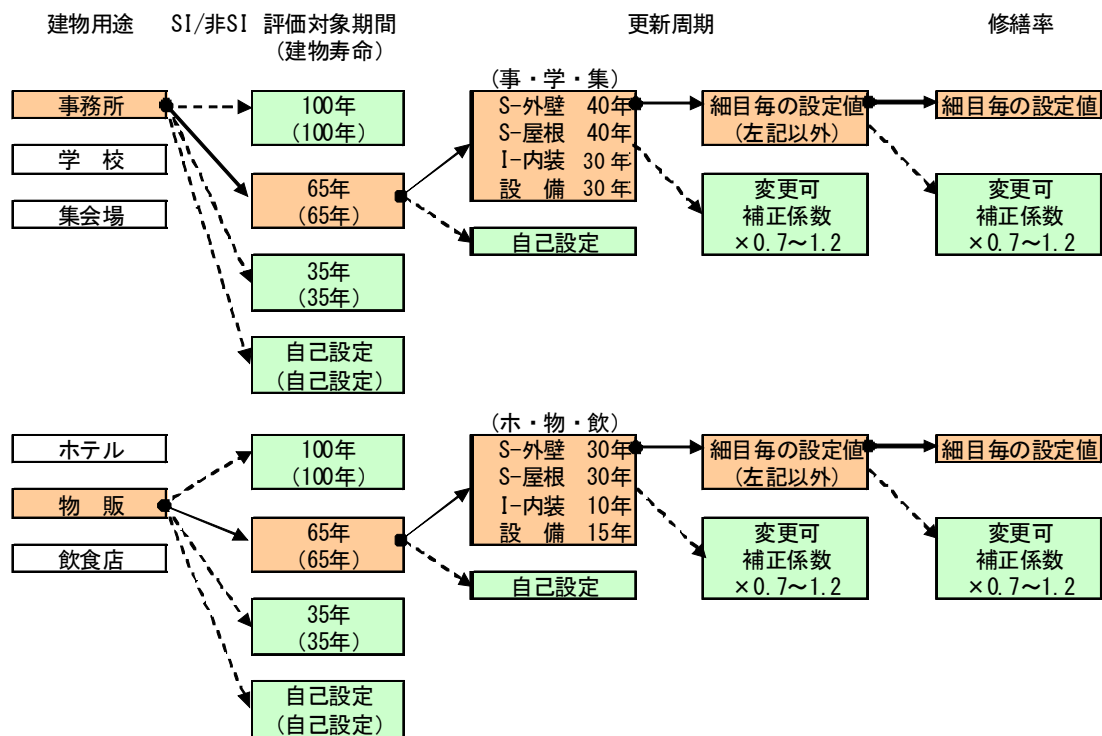


図 2.2.4 階層的シナリオ案 (が基準ケース)

2.2.6 廃棄物排出量(LCW)の算出プロセス

本手法により、各ライフサイクル段階における資材投入量及び廃棄物発生量を精度よく算出・評価することが可能となった。

また、再資源化量、最終処分量等の、建設廃棄物対策の指標となりうる量の算出も可能である。

表 2.2.9に本手法で算出する主な値をライフサイクル段階ごとに示す。

表 2.2.9 本手法で算出する主な値

		建設時	修繕・更新時	解体時
投入	資材投入量	○	○	—
	廃棄物発生量	○	○	○
排出	再資源化量	○	○	○
	混合廃棄物量	○	○	○
	最終処分量	○	○	○

各々の量の廃棄物分類毎の小計、総計について、延床面積あたりの質量(t/m²)、年間及び面積あたりの質量(t/m²・年)を算出する。

廃棄物発生量の削減等の対策への効果は、廃棄物発生量や再資源化量の対策前後の値の比較で確認できる。対策の内容等、分析目的に応じてどの値を用いるかを判断するのがよい。

各々の量の算出式を表 2.2.10に、更新回数の算出式を表 2.2.11に示す。

各材料について、表 2.2.10に示す計算内容の値を計算し、さらに廃棄物分類毎に集計し、1棟分の総計を算出する。計算内容の欄に*を付した値については、分別・再資源化シナリオ、修繕・更新シナリオにより値が異なるため、シナリオ毎に値が算出される。

表 2.2.10 各材料の計算内容及び計算式

計算内容	単位	計算式
建設時投入量	kg	=“換算係数”×“寸法”×“質量換算値”×“使用量”
建設時廃棄物発生量	kg	=“換算係数”×“寸法”×“質量換算値”×“使用量”×“ロス率”
建設時廃棄物回収量	* kg	=“建設時廃棄物発生量”×“回収率”
(建設時廃棄物分類)	*	=“廃棄物分類”
建設時廃棄物混廃量	* kg	=“建設時廃棄物発生量”-“建設時廃棄物回収量”
(建設時廃棄物混廃分類)	*	=J“建設時廃棄物分類”=A~DorU(“建設時廃棄物分類”=K~T)
更新時投入量	kg	=“建設時投入量”×“更新回数”
更新時未使用廃棄物発生量	kg	=“建設時廃棄物発生量”×“更新回数”
更新時未使用廃棄物回収量	* kg	=“更新時未使用廃棄物発生量”×“回収率”
(更新時未使用廃棄物分類)	*	=“廃棄物分類”
更新時未使用廃棄物混廃量	* kg	=“更新時未使用廃棄物発生量”-“更新時未使用廃棄物回収量”
(更新時未使用廃棄物混廃分類)	*	=J“更新時未使用廃棄物分類”=A~I)orU(“更新時未使用廃棄物分類”=K~T)
更新時使用済廃棄物発生量	* kg	=“更新時投入量”
更新時使用済廃棄物回収量	* kg	=“更新時投入量”×“回収率”
(更新時使用済廃棄物分類)	*	=“(廃棄物分類)”
更新時使用済廃棄物混廃量	* kg	=“更新時使用済廃棄物発生量”-“更新時使用済廃棄物回収量”
(更新時使用済廃棄物混廃分類)	*	=J“更新時使用済廃棄物分類”=A~I)orU(“更新時使用済廃棄物分類”=K~T)
解体時廃棄物発生量	kg	=“建設時投入量”
解体時廃棄物回収量	* kg	=“建設時投入量”×“回収率”
(解体時廃棄物分類)	*	=“(廃棄物分類)”
解体時廃棄物混廃量	* kg	=“建設時投入量”-“解体時廃棄物回収量”
(解体時廃棄物混廃分類)	*	=J“解体時廃棄物分類”=A~I)orU(“解体時廃棄物分類”=K~T)

表 2.2.11 更新回数の計算式

更新回数(基準値)	回	屋根防水、外壁、内装：“65年”/“更新周期”(切捨)+“修繕率”×“65年”
更新回数(自己設定値)	回	屋根防水、外壁：“評価期間(供用年数)"/“40年(事務所の防水、外壁の計画更新周期)”(切捨)+“修繕率”×“評価期間(供用年数)” 内装：“評価期間(供用年数)"/“15年(事務所の内装の計画更新周期)”(切捨)+“修繕率”×“評価期間(供用年数)”

2.2.7 モデル建築物を用いたLCWの試算

(1) LCW試算の目的

本ツールの開発にあたり設定した、LCW算出のプロセス、算出条件の効果を確認するために、図面及び内訳明細書を入手可能な建築物についてLCWの試算を行うこととした。ただし、設備機器、建設発生土は対象外とした。

(2) モデル建築物の概要

調査に用いるモデル建築物は、事務所および賃貸マンションの各 1 棟を設定した。モデル建築物としては標準的なものが望ましいが、標準的であるか否かの検討はその定義が曖昧で困難なことから行わないこととし、特異な構法や仕上げ等を用いていないことを確認し、モデル建築物として設定した。

モデル建築物の概要及び主な仕上げを表 2.2.12、表 2.2.13に示す。

表 2.2.12 モデル建築物の概要

用途	構造	階数 (地上)	階数 (地下)	建築 面積	延床 面積	基準階 面積	建物 形状 (平面)	軒高	階高	杭長	用途比率
事務所	SRC	8	0	350㎡	2,400㎡	350㎡	矩形	31.0m	3.5m	16m	事務所(100%)
賃貸マンション	RC	3	0	750㎡	1,440㎡	510㎡	L形	9.3m	2.9m	なし	賃貸住宅39戸(100%)

表 2.2.13 モデル建築物の主な仕上げ

用途	外装			内装		
	外壁	開口部	床	壁	天井	
事務所	石・一部タイル、複層塗材	カラーアルミサッシ、複層ガラス	石、タイルカーペット、OAフロア	石、タイル、中級クロス	岩綿吸音板、一部リブ付	
賃貸マンション	タイル、複層塗材	アルミサッシ(セミエアタイト)	フローリング、長尺塩ビシート	ビニルクロス、せっこうボード下地	ビニルクロス、せっこうボード下地	

(3) 試算条件

開発した LCW 算出ツールを用いて算出を行った。自己設定の場合の供用年数、計画更新年数は、供用年数:80年、計画更新年数(外皮):40年、計画更新年数(内装):30年とした。

なお、開発した LCW ツールの対象範囲が建築工事に限定されているため、試算も建築工事のみについて行い、設備工事は対象外とした。

(4) 試算結果

試算結果は以下であった。モデル建築物2棟の資材投入量を表 2.2.14、表 2.2.15にそれぞれ示す。また、廃棄物発生量、混合廃棄物量、再資源化量、最終処分量を表 2.2.16、表 2.2.17に示す。

表 2.2.14 モデル建築物(事務所)の投入量

建設時投入量(t)	更新時投入量(t)
5623.6	195.6

表 2.2.15 モデル建築物(賃貸マンション)の投入量

建設時投入量(t)	更新時投入量(t)
4170.2	229.8

さらに、修繕・更新時について、修繕・更新のタイミングを自己設定した場合の廃棄物発生量等を表 2.2.18、表 2.2.19に示す。

また、図 2.2.5、図 2.2.6にこれらの廃棄物発生量を延床面積、供用年数で除して係数化したグラフを示す。

表 2.2.16 モデル建築物(事務所)の廃棄物発生量、混合廃棄物量等

ライフサイクル 分別・廃棄シナリオ	建設時(t)				修繕・更新時(t)				解体時(t)			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
廃棄物発生量	113.9				202.0				5623.6			
混合廃棄物量	78.2	11.1	10.8	10.8	183.4	90.6	72.0	64.7	1522.4	1156.2	1150.4	1146.5
再資源化量	90.9	110.6	104.7	104.3	149.2	145.8	146.5	147.7	5168.5	5271.0	5271.5	3839.4
最終処分量	23.0	3.3	9.2	9.6	52.8	56.2	55.6	54.4	455.2	352.7	352.1	1784.2

表 2.2.17 モデル建築物(賃貸マンション)の廃棄物発生量、混合廃棄物量等

ライフサイクル 分別・廃棄シナリオ	建設時(t)				修繕・更新時(t)				解体時(t)			
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV
廃棄物発生量	67.8				239.5				4170.2			
混合廃棄物量	29.3	6.8	6.5	6.5	162.9	106.0	86.6	86.0	1092.7	866.1	849.4	846.8
再資源化量	59.5	66.0	59.5	59.5	195.8	210.8	201.2	195.9	3846.8	3908.8	3908.5	2847.6
最終処分量	8.3	1.8	8.2	8.3	43.7	28.7	38.3	43.5	323.3	261.4	261.7	1322.6

表 2.2.18 モデル建築物(事務所)の修繕・更新時(自己設定の場合)
の廃棄物発生量、混合廃棄物量等

ライフサイクル 分別・廃棄シナリオ	修繕・更新時(t)			
	I	II	III	IV
廃棄物発生量	202.9			
混合廃棄物量	183.6	94.1	73.8	66.0
再資源化量	152.8	149.6	150.2	151.9
最終処分量	50.1	53.3	52.7	51.0

表 2.2.19 モデル建築物(賃貸マンション)の修繕・更新時(自己設定の場合)
の廃棄物発生量、混合廃棄物量等

ライフサイクル 分別・廃棄シナリオ	修繕・更新時(t)			
	I	II	III	IV
廃棄物発生量	254.8			
混合廃棄物量	177.3	111.9	90.6	90.0
再資源化量	208.2	223.7	213.4	209.3
最終処分量	46.5	31.1	41.3	45.5

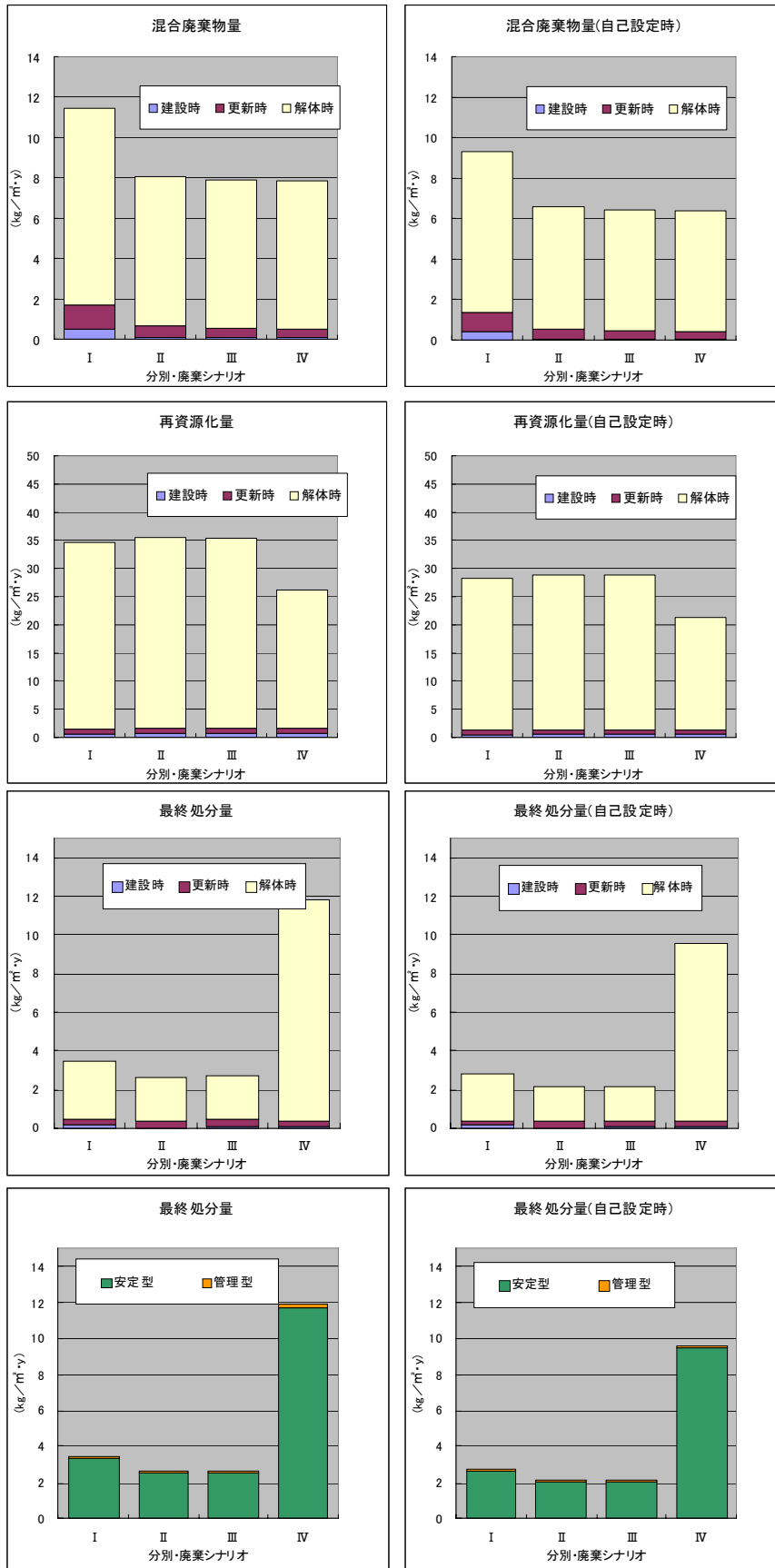


図 2.2.5 モデル建築物(事務所)の廃棄物発生量、混合廃棄物量等

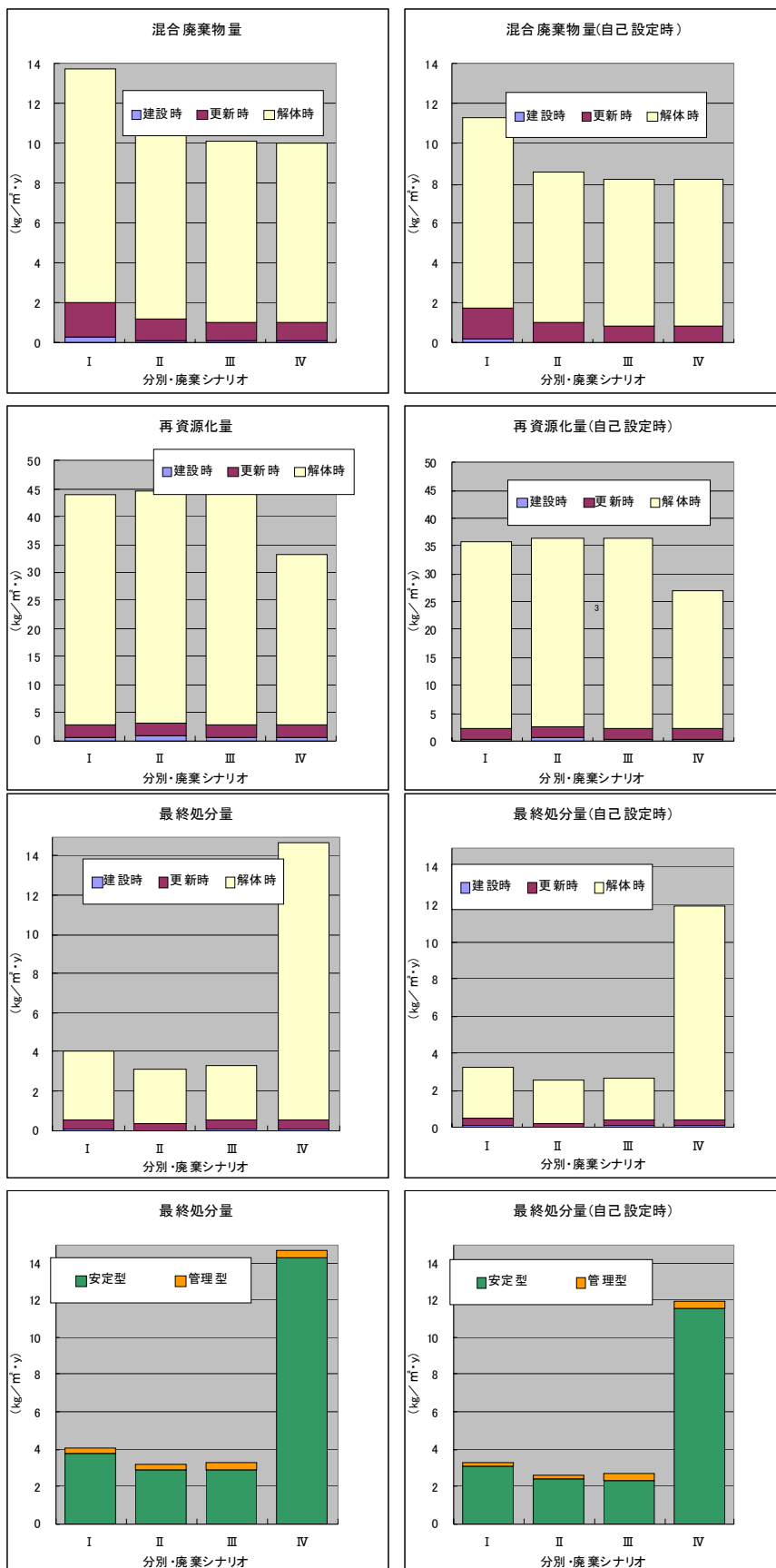


図 2.2.6 モデル建築物(賃貸マンション)の廃棄物発生量、混合廃棄物量等

(5) 考察及び今後の課題

(5.1) 投入量の把握について（投入資材の分析）

表 2.2.20、表 2.2.21 にモデル建築物 2 棟について、投入資材の種類と量を算出した結果を示すが、事務所、賃貸マンション共に本研究で設定した廃棄物分類のうち、26 種類の廃棄物分類にわたる建設資材を投入していた。本研究で用いたモデル建築物の構造種別は、事務所がSRC、賃貸マンションがRCであるが、いずれも質量ベースで投入量の約 90% がコンクリート系の材料であった。また、用途の違いについては、賃貸マンションで木質系材料、ユニット類が事務所に比べて多く用いられていることなどの特徴がみられた。

本ツールにより、投入資材の内訳を現状及び将来実行可能なリサイクル技術の適用に有効な分類で把握が可能となった。

今後、構造種別、用途、規模等による投入資材の傾向の違いについて、既往調査との比較検討を加えると共に、さらに事例を増やして試算を行うこと、設備機器に関する検討は今後の課題である。

(5.2) 分別・廃棄シナリオ及び廃棄物分類の設定効果について

モデル建築物 2 棟(事務所、賃貸マンション)の混合廃棄物量、再資源化量、最終処分量を分別・廃棄シナリオ毎に示した。

混合廃棄物量はシナリオ I とその他では大きく異なり、シナリオ II 以上を選択とすると、混合廃棄物量を 2～3 割削減することができる。シナリオ II 以上では、混合廃棄物の量はほとんど同程度であるが、内訳を見ると、排出される分類が異なっている。例えば、シナリオ II で“ガラス・陶磁器くず”の分類で回収されていた廃棄物が、シナリオ III、IVでは ALC くず、グラスウール製品などの、製品に近い分類で回収されることとなっている。

本来、労力をかけて分別を行う以上、高度な分別・廃棄シナリオの選択が再資源化の推進、最終処分量の削減等に結びつくのが望ましいが、シナリオ I から III については、再資源化量はやや増大傾向、最終処分量はやや減少傾向にあるものの、大きくは変わらない。一方、シナリオ IV については、他と比較して再資源化量は大きく減少、最終処分量は大きく増加している。これは、シナリオ IV の再資源化技術のそれぞれの再資源化率が低いことによる。同一の製品に戻すことから、再資源化率が低くなる、全ての含有資源を用いるのではなく、有用な一部の資源のみを取り出し再資源化している、などの理由がある。

今回の試算では、量を指標としたためシナリオ IV が最も不利な結果となった。再資源化にかかる使用エネルギーや、資源の価値、経済性等、評価の指標となりうる要因を検討し、今後多角的な評価を行えることが望ましい。

(5.3) 修繕・更新の算出ルールの効果について

本ツールでは、供用年数、外皮の計画更新年数、内装の計画更新年数を設定できることとしているが、本試算で行った設定(供用年数:80年、計画更新年数(外皮):40年、計画更

表 2.2.20 モデル建築物(事務所)の資材投入量と比率

廃棄物分類	建設時投入量(kg)	更新時投入量(基準)(kg)	更新時投入量(自己設定)(kg)	廃棄物分類	建設時投入量(%)	更新時投入量(基準)(%)	更新時投入量(自己設定)(%)
A	5,031,975.8	0.0	0.0	A	89.5	0.0	0.0
B-1	90,679.7	0.0	0.0	B-1	1.6	0.0	0.0
B-2	0.0	0.0	0.0	B-2	0.0	0.0	0.0
C	2,080.2	5,390.8	5,674.8	C	0.0	2.8	2.9
D-1	1,187.7	0.0	0.0	D-1	0.0	0.0	0.0
D-2	10,914.8	58,735.7	50,584.7	D-2	0.2	30.0	25.7
D-3	120.3	518.0	582.0	D-3	0.0	0.3	0.3
D-4	1,472.9	8,125.0	9,320.2	D-4	0.0	4.2	4.7
D-5	5,173.6	0.0	0.0	D-5	0.1	0.0	0.0
D-6	664.6	2,862.9	3,216.8	D-6	0.0	1.5	1.6
D-7	0.0	0.0	0.0	D-7	0.0	0.0	0.0
D-8	0.0	0.0	0.0	D-8	0.0	0.0	0.0
E-1	582.2	4,262.3	4,978.9	E-1	0.0	2.2	2.5
E-2	0.0	0.0	0.0	E-2	0.0	0.0	0.0
E-3	1,059.4	2,533.8	2,623.7	E-3	0.0	1.3	1.3
E-4	0.0	0.0	0.0	E-4	0.0	0.0	0.0
E-5	2,191.1	4,309.8	4,469.1	E-5	0.0	2.2	2.3
E-6	6,274.9	31,876.3	34,039.4	E-6	0.1	16.3	17.3
E-7	0.0	0.0	0.0	E-7	0.0	0.0	0.0
F-1	381,816.6	0.0	0.0	F-1	6.8	0.0	0.0
F-2	24,504.4	30,142.1	30,699.2	F-2	0.4	15.4	15.6
F-3	913.8	0.0	0.0	F-3	0.0	0.0	0.0
G-1	39,766.2	12,125.4	14,720.0	G-1	0.7	6.2	7.5
G-2	0.0	0.0	0.0	G-2	0.0	0.0	0.0
G-3	3,271.5	467.2	391.1	G-3	0.1	0.2	0.2
H	0.0	0.0	0.0	H	0.0	0.0	0.0
I	0.0	0.0	0.0	I	0.0	0.0	0.0
J	832.3	5,686.4	4,931.2	J	0.0	2.9	2.5
小計	5,605,481.7	167,035.6	166,231.2	小計	99.7	85.4	84.6
K	0.0	0.0	0.0	K	0.0	0.0	0.0
L-1	4,507.5	12,325.8	13,089.9	L-1	0.1	6.3	6.7
L-2	0.0	0.0	0.0	L-2	0.0	0.0	0.0
M	0.0	0.0	0.0	M	0.0	0.0	0.0
N-1	647.6	2,490.7	2,766.6	N-1	0.0	1.3	1.4
N-2	0.0	0.0	0.0	N-2	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.0	0.0	O	0.0	0.0	0.0
P-1	2,318.7	5,076.9	5,237.9	P-1	0.0	2.6	2.7
P-2	982.6	2,265.5	2,616.8	P-2	0.0	1.2	1.3
P-3	5,210.0	0.0	0.0	P-3	0.1	0.0	0.0
Q	0.0	0.0	0.0	Q	0.0	0.0	0.0
R-1	0.0	0.0	0.0	R-1	0.0	0.0	0.0
R-2	0.0	0.0	0.0	R-2	0.0	0.0	0.0
R-3	0.0	0.0	0.0	R-3	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0	S	0.0	0.0	0.0
T-1	0.0	0.0	0.0	T-1	0.0	0.0	0.0
T-2	0.0	0.0	0.0	T-2	0.0	0.0	0.0
T-3	2,116.1	0.0	0.0	T-3	0.0	0.0	0.0
U	2,371.2	6,452.2	6,528.3	U	0.0	3.3	3.3
小計	18,153.7	28,611.1	30,239.4	小計	0.3	14.6	15.4
計	5,623,635.4	195,646.7	196,470.6	計	100.0	100.0	100.0

表 2.2.21 モデル建築物（賃貸マンション）の資材投入量と比率

廃棄物分類	建設時投入量 (kg)	更新時投入量(基準) (kg)	更新時投入量(自己設定) (kg)
A	3,768,660.9	0.0	0.0
B-1	15,356.0	1,474.6	2,715.6
B-2	3,413.3	10,221.0	11,004.3
C	4,608.6	11,943.2	12,572.3
D-1	11,865.9	0.0	0.0
D-2	2,408.1	2,833.8	5,218.7
D-3	4.6	19.7	22.2
D-4	819.6	3,751.1	4,257.4
D-5	0.0	0.0	0.0
D-6	72.2	299.4	336.4
D-7	0.0	0.0	0.0
D-8	0.0	0.0	0.0
E-1	755.3	5,565.5	6,501.2
E-2	0.0	0.0	0.0
E-3	1,387.8	3,296.2	3,382.1
E-4	576.7	0.0	0.0
E-5	2,221.1	2,632.0	2,730.1
E-6	3,561.5	16,958.8	15,733.3
E-7	0.0	0.0	0.0
F-1	239,059.2	0.0	0.0
F-2	14,364.6	30,308.9	33,250.0
F-3	0.0	0.0	0.0
G-1	9,149.6	21,595.3	25,581.3
G-2	0.0	0.0	0.0
G-3	3,455.5	1,131.7	947.5
H	0.0	0.0	0.0
I	0.0	0.0	0.0
J	2,773.3	21,096.1	18,243.0
小計	4,084,513.6	133,127.2	142,495.4
K	0.0	0.0	0.0
L-1	3,831.4	10,477.1	11,126.5
L-2	0.0	0.0	0.0
M	0.0	0.0	0.0
N-1	1,387.2	5,335.2	5,926.1
N-2	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.0	0.0
P-1	32,997.9	4,956.2	5,113.5
P-2	9,292.5	21,487.5	24,449.7
P-3	16,848.0	38,843.1	40,030.8
Q	0.0	0.0	0.0
R-1	0.0	0.0	0.0
R-2	0.0	0.0	0.0
R-3	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0
T-1	0.0	0.0	0.0
T-2	0.0	0.0	0.0
T-3	15,742.8	0.0	0.0
U	5,568.5	15,621.4	15,474.9
小計	85,668.4	96,720.5	102,121.6
計	4,170,181.9	229,847.7	244,617.0

廃棄物分類	建設時投入量 (%)	更新時投入量(基準) (%)	更新時投入量(自己設定) (%)
A	90.4	0.0	0.0
B-1	0.4	0.6	1.1
B-2	0.1	4.4	4.5
C	0.1	5.2	5.1
D-1	0.3	0.0	0.0
D-2	0.1	1.2	2.1
D-3	0.0	0.0	0.0
D-4	0.0	1.6	1.7
D-5	0.0	0.0	0.0
D-6	0.0	0.1	0.1
D-7	0.0	0.0	0.0
D-8	0.0	0.0	0.0
E-1	0.0	2.4	2.7
E-2	0.0	0.0	0.0
E-3	0.0	1.4	1.4
E-4	0.0	0.0	0.0
E-5	0.1	1.1	1.1
E-6	0.1	7.4	6.4
E-7	0.0	0.0	0.0
F-1	5.7	0.0	0.0
F-2	0.3	13.2	13.6
F-3	0.0	0.0	0.0
G-1	0.2	9.4	10.5
G-2	0.0	0.0	0.0
G-3	0.1	0.5	0.4
H	0.0	0.0	0.0
I	0.0	0.0	0.0
J	0.1	9.2	7.5
小計	97.9	57.9	58.3
K	0.0	0.0	0.0
L-1	0.1	4.6	4.5
L-2	0.0	0.0	0.0
M	0.0	0.0	0.0
N-1	0.0	2.3	2.4
N-2	0.0	0.0	0.0
O	0.0	0.0	0.0
P-1	0.8	2.2	2.1
P-2	0.2	9.3	10.0
P-3	0.4	16.9	16.4
Q	0.0	0.0	0.0
R-1	0.0	0.0	0.0
R-2	0.0	0.0	0.0
R-3	0.0	0.0	0.0
S	0.0	0.0	0.0
T-1	0.0	0.0	0.0
T-2	0.0	0.0	0.0
T-3	0.4	0.0	0.0
U	0.1	6.8	6.3
小計	2.1	42.1	41.7
計	100.0	100.0	100.0

新年数(内装):30年)による計算結果では、投入資材量、廃棄物量等の総量に大きな影響はなかった。今後、資源の有効利用の観点等から、効率のよい修繕・更新計画に役立てるための設定条件等を改めて検討する必要がある。

(5.4) 廃棄物処理の現状に関する分析

本試算結果では、建設リサイクル法レベルの分別・廃棄シナリオⅠの場合、現状の通常のリサイクルのレベルを想定した分別・廃棄シナリオⅡの場合、先進的なリサイクル技術を取り入れた分別・廃棄シナリオⅢの場合の計算結果を比較すると、再資源化量ではⅠ、Ⅱ、Ⅲの間で大きな差はなかった。②でも述べたが、量のみを指標とすると、先進的な技術を取り入れても、最終処分量等は大きく変わらず、現状レベルである程度のレベルに達しているともいえる。

ただし、全体の90%程度を占めるコンクリート塊を例にとっても、現状のリサイクルは大半が路盤材等への利用に負っているが、路盤材としての利用先の受入量が今後も現状と同様のまま推移するとは考えにくく、新たなリサイクル手段の開発の必要性が求められているなど、あくまで現状の値であることに注意が必要である。

建築物のように長期にわたって供用するものについて評価を行うため、新築時での評価結果は、あくまで試算にすぎない。技術や社会状況の変化等により、ツールのデータを更新する等の対応が必要である。

2.2.8 今後の課題

ここでは、積算標準書式ベースのLCW算出ツールを開発し、建築物のライフサイクルを通じた投入資材、発生廃棄物の物量を精緻に把握するための算定標準を提案した。この成果は、BEAT-Bldgにおける環境負荷算出(特に材料製造に伴うCO₂排出量及び廃棄物排出量)の基礎となるデータを提供するとともに、将来的には建築物のより合理的な資源・廃棄物管理等に活用されることが期待される。

ただし、現在のデータシートについては、物量把握に係るデータを優先したため、要管理物質等の情報が未収録となっており、また、物量データに関しても、精度向上のため随時実態に即した更新が必要である。今後、データのメンテナンスを含めた継続的な取り組みが求められる。

また、現時点ではモデル建築物による試算のみであるが、数多くのLCW算出事例を収集・蓄積することにより、LCW評価データベース(レファレンス)構築を行うことを考えている。既に、Web版のプログラム開発を終えており、近く公開を予定している。

参考文献

- 1)「LCZeroemi 評価ツール」、(社)建築業協会ゼロエミ研究会、2004年8月
- 2)「建物のLCA指針」、(社)日本建築学会、2006年11月
- 3)「建築コスト情報」、(財)建設物価調査会、2005年冬号
- 4)「建設物価」、(財)建設物価調査会、2005年12月号
- 5)「平成17年版建築物のライフサイクルコスト」、(財)建築保全センター、2005年9月





第3章

開発設計段階における排出量 算出と低減技術選択のための 支援ツールの開発



第3章 開発設計段階における排出量算出と低減技術選択のための 支援ツールの開発

3.1 排出量算出支援ツールの開発

3.1.1 設計支援システム（BEAT-Bldg）の概要

(1) システムの特徴

今回開発した設計支援システム(BEAT-Bldg)は、既存の LCA ツールである旧建築研究所の BEAT および自立循環型住宅で開発された戸建住宅版の BEAT(仮称 BEAT-House)の一部を活用、大幅に改訂したものである。以下、今回の BEAT-Bldg の開発にあたり、新規に重点的な検討がなされた項目、このシステムで主に検討可能となる点を挙げる。

(1.1) CADと連動したLCAツールの開発

BEAT-Bldg は、CAD 出力のデータを LCA に結びつけたプログラムである。CAD で描かれたオブジェクトは、主要部材や内装材のインベントリデータと連動し、CAD での図面作成から、速やかな LCA 計算が可能となっている。また、ツール活用時における CAD データの不足に備えて、プログラム側で補足的な入力もできるようにしている。

(1.2) 計算対象

対象建物は事務所ビルとし、建築時(部材製造時と施工時)、運用時、修繕・更新時、解体・廃棄時のライフサイクル全体にわたるエネルギー消費、CO₂ 排出、廃棄物(LCW)を扱う。

(1.3) 物質循環に関する計算

部材と内装材については、CAD と連携した投入量の入力、エンボディド・エネルギーと CO₂ の計算、廃棄物量の種類別の計算が可能である。

設備のエンボディド・エネルギーと CO₂ は、延床面積などを入力し、電気、空調、衛生、換気設備などについて計算する。特に空調設備については、年間暖冷房需要によるピーク容量を用いた、簡素化された入力による計算方式を開発した。また、設備に関してはそれぞれに更新周期(年)が設定されており、設定された期間が過ぎると自動的に更新が行われ、その度にエンボディド・エネルギーと CO₂、廃棄物が計算される仕組みである。

廃棄物による負荷(廃棄物の量と処理時のエネルギー消費、CO₂ 排出)の計算には、4 段階の分別シナリオを新たに用意し、建設リサイクル法から完全分別まで、分別対策の程度に応じた計算が可能になった。廃棄物の指標には、廃棄物発生量、再資源化量、最終処分量を用い、各廃棄物を種類別に計算し、ユーザーが 4 種類の廃棄シナリオのひとつを選択すると、シナリ

オに応じた廃棄物の量および廃棄処理のエネルギーと CO₂ を計算する。なお、廃棄物による負荷の計算は、部材と内装材については建設時、修繕・更新時(毎年)、廃棄時を、設備については更新時、廃棄時をそれぞれ計算する。また、建設時に発生する廃棄物(残土処理など)は対象外としている。

施工時のエネルギー消費量と CO₂ 排出量については、上記の廃棄物の処理・輸送に関するものに加え、施工時における機械の利用に関して、延べ面積あたりのエネルギー消費量の原単位を用意し、計算している。

(1.4) エネルギー（運用時）に関する計算

照明、エレベーター、換気、変圧器の電力消費について、詳細な計算が可能である。特に照明については、基準階とその他の階に分けて詳細な設定を行い、様々な制御手法による省エネ効果が計算できるようになっている。

暖冷房需要については、建設地点(3 地点)のデータを用いた回帰予測式により、年間暖冷房需要を計算する。なお、ここで計算されたピーク需要が空調設備の容量決定に利用される。使用するエネルギー源(電気、都市ガス)の設定に応じてエネルギーと CO₂ を計算する。

なお、対象を事務所ビルとしているため、エスカレータの電力消費(商業施設では特に考慮される)、給水や給湯による負荷(ホテルに多い)は計算の対象外としている。

(2) プログラム全体の流れ

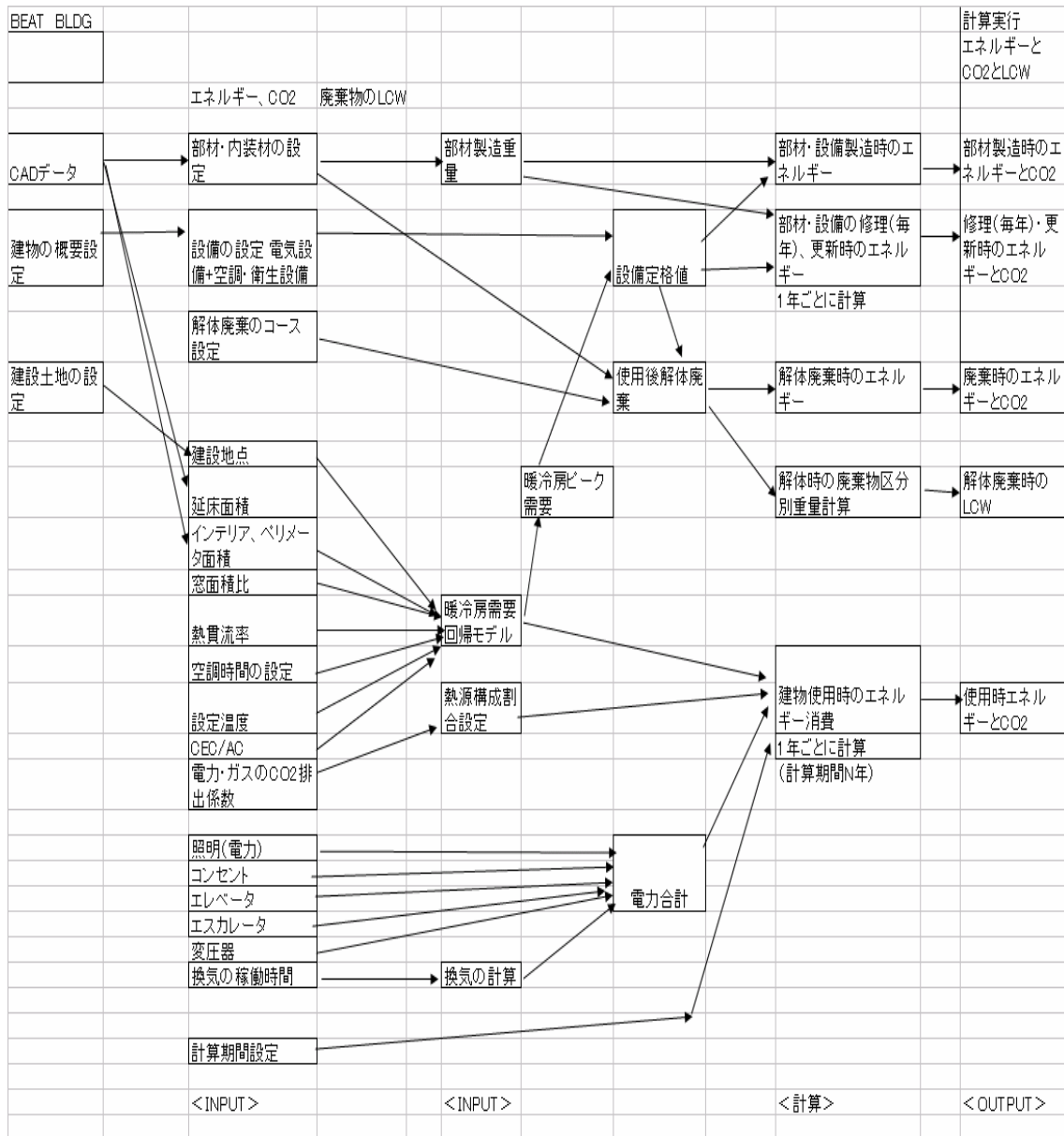


図 3.1.1 BEAT-Bldg全体の流れ

このプログラムは、上図の左端に挙げた項目の数値を入力すると、建物の条件に応じてライフサイクルの各段階で生じるエネルギー消費、CO₂ 排出量、廃棄物を計算し、右端の形式で出力するようになっている。なお、上図の入力項目と出力の対応関係は代表的なもののみを示してある。

(3) プログラムの画面構成と入力項目

BEAT-Bldg を起動すると、以下のようなメインメニューが立ち上がる。1から7の各入力画面へはここから分岐し、任意の順で入力を行うことができる。

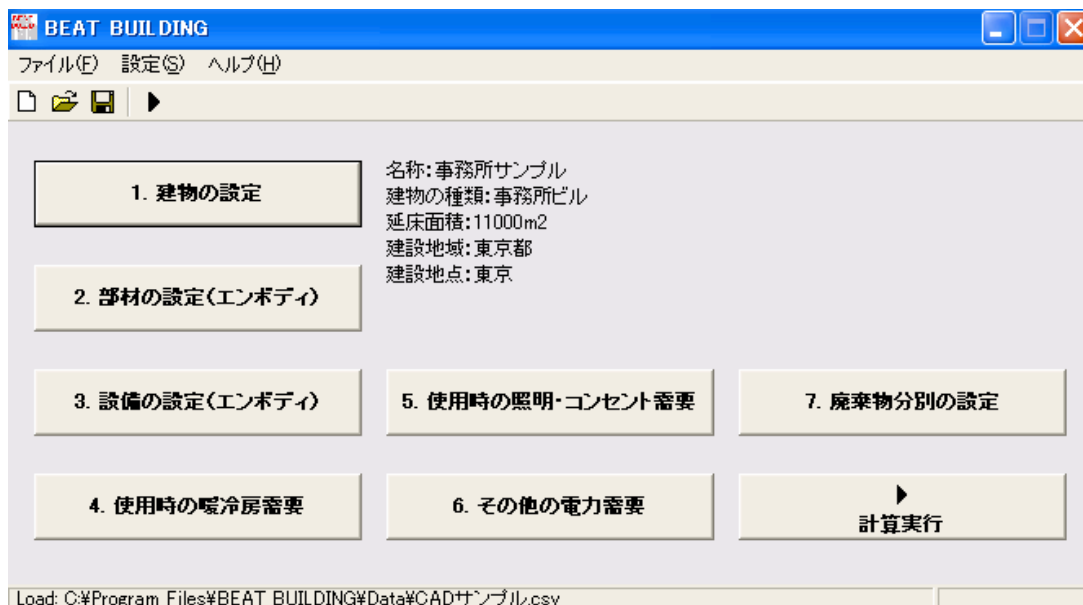


図 3.1.2 メインメニュー

今回新たに連携が可能になった、CADデータを利用する場合は、「ファイル」の「インポート」を選択し、必要なCADデータのCSVファイルを指定すると、自動的にCADデータが読み込まれる。なお、CADデータから受け取る入力値は、建物名称、作成日時、延床面積、空調ペリメータ面積、空調インテリア面積、部材量、内装材量である。

また、メニューバーの「設定」の内、「原単位確認」では、電力、ガスそれぞれのエネルギー源別の原単位の確認、個別の数値変更が行える。「部材原単位」では、部材、内装材、設備について同様の原単位の確認、数値変更が行える。なお、設備については、修繕率や更新周期の確認、設定も行える。

(3.1) 入力画面1：建物の設定

建物名称、建設地の設定、構法、延床面積、コア位置、空調ペリメータ面積、空調インテリア面積、地上階数、地下階数、レントブル比、建物の南方面角度の入力を行う。CADによる入力結果のインポートが可能であり、CADデータをインポートしない場合でも、この画面で入力が可能である。また、部材・内装材の量以外については、ここで修正入力ができる。

建設地点は、全国840箇所の地点から選択する。これは太陽光発電の太陽輻射量を決定するために利用される。

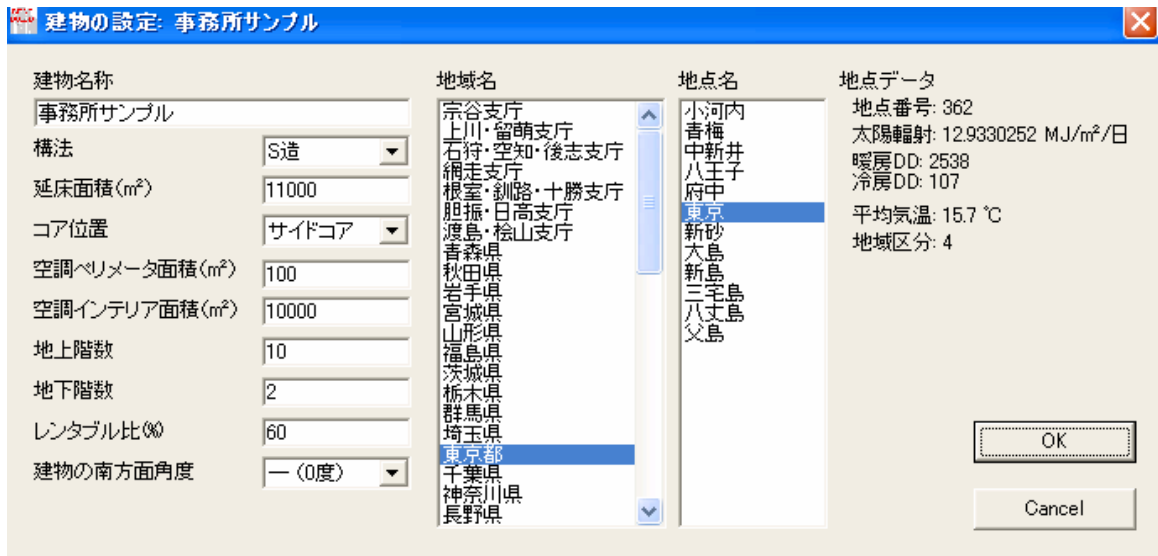


図 3.1.3 入力画面 1：建物の設定

(3.2) 入力画面 2：部材の設定（エンボディ）

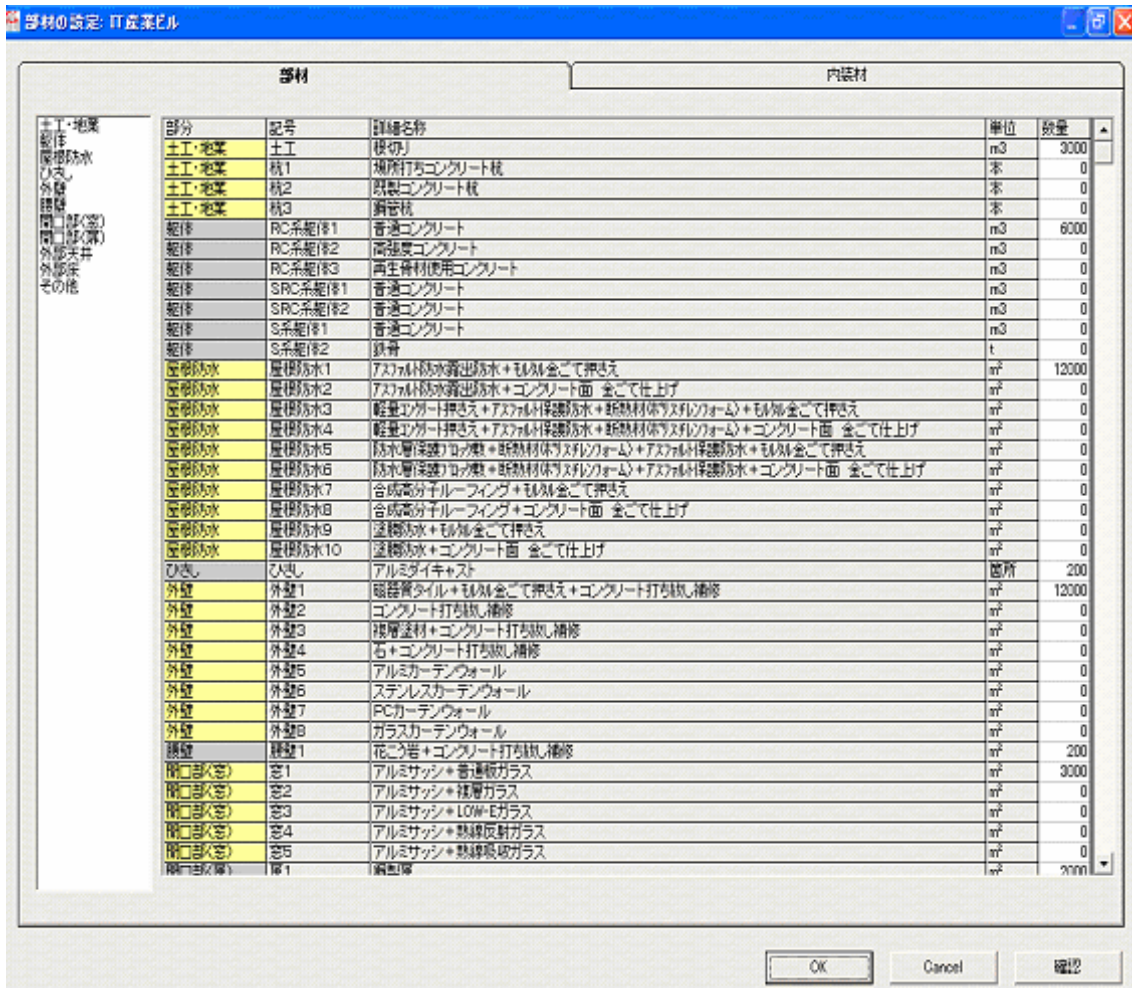


図 3.1.4 入力画面 2：部材の設定（エンボディ）

ここでは、製造時の部材・内装材の量の入力を行う。CAD による入力結果のインポートが可

能であり、また CAD データがない場合でも、ここで入力できるようになっている。その場合は、あらかじめ登録してある名称の部材を選択して、その重量、体積、台数などの単位で数値入力する。また、大半の項目については CAD からの入力が可能であるが、部材リストの「その他」など一部については、CAD 入力によらず、リストから直接、数値を入力する。

図 3.1.4 のような入力画面で、「部材」と「内装材」について画面を切替えて、建物の建設に使用される材料の数量、重量などを入力する。入力終了後、「確認」ボタンを押すと、以下の図 3.1.5 のような画面に切り替わり、それぞれの部材、内装材および設備の使用量に応じた、建設時と修繕更新時の・エネルギーと CO₂ 排出量の計算結果を一覧できる。



図 3.1.5 部材の設定の確認画面

分類	部分	記号	対応単位	解体時廃棄物				E消費量	CO2排出量	
				H	I	J	K			
躯体	土工・地業	土工	根切り	m3	0	0	0	0	180,000	180
		杭1	場所打ちコンク	本	0	10,297	0	0	5,148,433	5,148
		杭2	既製コンクリ		0	1,893	0	0	946,465	946
	躯体	杭3	鋼管杭	m3	0	10,260	0	0	5,130,137	5,130
		RC系躯体1	普通コンクリ		0	20	0	0	264,095	264
		RC系躯体2	高強度コンクリ		0	0	0	0	264,095	264
		RC系躯体3	再生骨材使用コ		0	0	0	0	264,095	264
		SRC系躯体1	普通コンクリ		0	536	0	0	272,952	273
		SRC系躯体2	普通コンクリ		0	32	0	0	274,660	275
		S系躯体1	普通コンクリ		0	471	0	0	278,457	278
		S系躯体	鉄骨		t	0	0	0	0	100,000
	屋根防水	屋根防水1	7スファルト防水露出	㎡	0	23	0	0	5,445	5
屋根防水2		7スファルト防水露出	0		0	0	0	1,620	2	
屋根防水3		軽量コンクリート押さ	0		0	0	0	24,370	24	
屋根防水4		軽量コンクリート押さ	0		16	0	0	20,845	21	
屋根防水5		防水層保護プロ	0		45	0	0	15,932	16	
屋根防水6		防水層保護プロ	0		35	0	0	12,176	12	
屋根防水7		合成高分子ルー	0		10	0	0	4,095	4	
屋根防水8		合成高分子ルー	0		3	0	0	339	0	
屋根防水9		塗膜防水+モル	0		11	0	0	4,194	4	
屋根防水10		塗膜防水+コン	0		3	0	0	438	0	
外皮	ひさし	ひさし	箇所	0	12	0	0	6,538	7	
	外壁	外壁1	磁器質タイル+	㎡	0	0	0	0	7,906	8
		外壁2	コンクリート打		0	0	0	0	524	1
		外壁3	複層塗材+コン		0	3	0	0	914	1
		外壁4	石+コンクリ		0	19	0	0	9,433	9
		外壁5	アルミカーテン		0	6	0	0	2,793	3
		外壁6	ステンレスカー		0	14	0	0	7,193	7
		外壁7	PCカーテンウ		0	48	0	0	24,064	24
		外壁8	ガラスカーテン		0	7	0	0	3,530	4
	腰壁	化粧岩+コン	㎡	0	19	0	0	9,433	9	
	開口部(窓)	窓1	アルミサッシ+	㎡	0	5	0	0	2,585	3
		窓2	アルミサッシ+		0	9	0	0	4,905	5
窓3		アルミサッシ+	0		9	0	0	4,905	5	
窓4		アルミサッシ+	0		6	0	0	3,358	3	
窓5		アルミサッシ+	0		6	0	0	3,101	3	
開口部(扉)	扉1	鋼製扉	㎡	0	8	0	0	4,298	4	
	扉2	ステンレス製扉		0	15	0	0	8,409	8	
	扉3	アルミ製扉		0	6	0	0	2,866	3	
	扉4	自動扉		0	12	0	0	6,699	7	
	扉5	軽量シャッター		箇所	0	39	0	0	20,165	20
	扉6	重量シャッター		0	108	0	0	57,002	57	
外部天井	外天井1	複層塗材+コン	㎡	0	4	0	0	910	1	
	外天井2	アルミスバンド		0	6	0	0	2,659	3	
	外天井3	コンクリート打		0	0	0	0	522	1	
	外天井4	けい酸カルシウ		0	1	0	0	698	1	
	外天井5	ロックウール吸		0	0	0	6	1,372	1	
外部床	外部床1	磁器質タイル+	㎡	0	18	0	0	9,300	9	
	外部床2	磁器質タイル+		0	68	0	0	29,096	29	
	外部床3	再生タイル+モ		0	7	0	0	6,619	7	
その他	外部雑	丸環	箇所	0	0	0	0	171	0	
		堅い	m	0	0	0	0	171	0	
		屋上自隠し	箇所	0	1,878	0	0	904,792	905	
		手すり	m	0	0	0	0	105	0	
		面格子	箇所	0	0	0	0	135	0	
		グレーチング	箇所	0	6	0	0	2,996	3	
		避難ハッチ	箇所	0	7	0	0	3,585	4	
		宅配ボックス	箇所	0	13	0	0	6,848	7	
		館名文字	箇所	0	948	0	0	506,966	507	
		アンテナ基礎	箇所	0	0	0	0	0	0	

図 3.1.6 部材の設定により計算を行うためのデータ
(図では、解体廃棄物についてはH~K部分のみを示している)

なお、この「確認」作業は各入力画面でも同様に可能である。(一部の画面では、計算画面中に最初から計算結果を示すようにしている。この場合でも確認ボタンで計算結果を確認できるようにになっている。)

各部材のデータとして、図 3.1.6に示すような単位使用量あたりのエネルギー投入量、CO₂排出量、廃棄時の区分別処理方法があらかじめ準備されており、これらを入力値と掛け合わせることでそれぞれの負荷量の計算を行っている。この一覧表は、CAD データからの表と、「その他」部分を除いて一致しており、数値データの大半は CAD データと連携している。

(3.3) 入力画面3：設備の設定（エンボディ）

(3.3.1)（電気設備、空調・衛生設備）の製造時の量の設定

電気設備、空調設備、衛生設備、換気設備および太陽電池について、エンボディド・エネルギーとCO₂の計算を行う。

電気設備に関しては、延床面積から受電設備容量を求める概算法、または、より精密に計算したい場合には受変電設備容量(kVA)を入力する詳細法という、2種類の計算方法が用意されている。

電気設備		衛生設備	
<input checked="" type="radio"/> 概算法(延床面積から受変電設備容量を概算)		受水槽形式	FRP単板
<input type="radio"/> 詳細法(以下で受変電設備容量を指定)		スプリンクラー対象面積(m ²)	4000
受変電設備容量(kVA)	0		

空調設備		換気設備	
熱源方式比率(%)		地下がある場合のみ	
電気	100	自走式駐車場面積(m ²)	500
ガス	0		
個別	0		
空調方式面積比率(%)			
オール空気	100		
AHU+FCU	0		
AHU+AHP	0		
空冷パッケージ	0		
マルチAHP	0		
マルチGHP	0		

太陽電池	
容量(kW)	10

図 3.1.7 設備の設定

上記の入力項目から計算される、電気設備のエンボディド・エネルギーとCO₂の諸量は以下の通りである。

①受変電設備

キュービクル、キュービクル基礎、変圧器(3相および2相)、コンデンサー、電線管(薄肉+厚肉)、ハンドホール、その他(前6者の10%増)

②動力設備

動力盤、電線管、電線ケーブル、その他(前3者の10%)

③電灯・コンセント設備

盤類(電灯動力盤+分電盤)、電線管、合成樹脂可撓管、ハンドホール、電線・ケーブル、その他(前5者の10%)

④照明設備

蛍光灯器具、その他(前者の10%)

⑤電話設備

端子盤、電線管、ケーブルラック、ハンドホール、電線+呼び線、その他(前5者の10%)

⑥昇降設備

ただし、エレベータの台数は、「その他の電力需要」のところで入力する。

また、上記以外の電気設備には、拡声放送設備、インターフォンなど 8 項目が検討されたが、全体の負荷量の中でその影響は微小であるため、省略している。

太陽電池に関しては、ここで設定した容量と、「入力画面1:建物の設定」で選択した建設地点の太陽輻射量を利用して、年間の発電量が計算される。また、太陽電池の生産時に投入されるのエネルギー量と CO₂ 排出量も計算している。

空調設備の容量の決定には、空調のピーク容量の計算結果を利用する。これは暖冷房需要計算と同様の方式により、3 地点(旭川、東京、那覇)における回帰分析結果と、建物の南方面角度を使用する。

上記の入力により、貯湯タンクなどの設備資材の定格容量値(x)と台数から資材重量を算出し、のエネルギー投入量と CO₂ 排出量、区別廃棄物重量を計算する。計算方法は、 $a+b \cdot x$ のような一次式を用い、容量(x)、係数(b)、定数(a)を準備した表を利用して計算する。

また、衛生配管設備、空調ダクト配管、冷却水配管などの計算、廃棄時の重量も計算する。

(3.4) 入力画面4：使用時の暖冷房需要

ここでは、建物使用時の暖冷房需要の計算に関する入力を行う。なお、年間暖冷房需要は回帰予測式により、インテリア部分とペリメータ部分について計算する。計算式は、旭川、東京、那覇の3地点のデータを用いたモデル式である。建設地がこれら3地点のどこに属するかにつ



図 3.1.8 使用時の暖冷房需要の設定

いては、「入力画面1：建物の設定」で選択した建設地点をもとに、北海道は旭川に、本州・四国・九州は東京に、沖縄は那覇にそれぞれ自動的に割り当てられる。また、空調ペリメータ面積と空調インテリア面積については、「入力画面1：建物の設定」で入力する。

(3.5) 入力画面5：使用時の照明・コンセント需要

ここでは、建物使用時の照明、コンセント需要に関して計算する。特に照明については、様々な制御手法による省エネ効果が詳細に計算できるようになっている。

入力は、基準階と基準階以外にわけて行う。まず全体（フロア面積、フロア数）を入力し、それぞれのフロアに対して照明・コンセントの設定を行う。なお、フロア面積や天井高など、ここでの入力値はCADからインポートされる値とは連動していないので、個別に入力する。

全体		基準階	基準階以外
フロア面積(m ²)		1000	900
フロア数		10	2

執務室		基準階	基準階以外
天井高(m)		2.4	2.4
作業面高さ(m)		0.75	0.75
室内反射率(%)			
天井面		80	80
壁面		70	70
床面		30	30
照明方式		全般照明	全般照明
設計照度(lx)		750	750
照明器具条件			
ランプ種類(FHF(Hf)32)		1灯	1灯
器具の種類		下面開放	下面開放
タスク照明			
机上スタンドのW数(W/台)		0	0
機の床面積(m ² /机)		15.3	15.3
在席率(%)		60	60

執務室(つづき)		基準階	基準階以外
年間点灯時間			
年間就業日数(日/年)		240	240
一日の就業時間(hr/日)		12	12
照明設備の制御手法			
制御手法を採用している面積割合(%)		70	70
カード・センサーによる入室検知制御		なし	なし
明るさ検知による自動点灯制御		なし	なし
適正照度制御		なし	なし
タイムスケジュール制御		なし	なし
昼光利用制御		なし	なし
ゾーニング制御		なし	なし
局所制御		なし	なし
コンセント負荷密度(W/m ²)		20	20

共用部		基準階	基準階以外
照明グレード(W/m ²)		20	20
何らかの照明設備の制御手法の採用		なし	なし

図 3.1.9 使用時の照明の設定

ここで「確認」ボタンを押すと図 3.1.10のような確認画面になる。

(3.6) 入力画面6：その他の電力需要

ここではエレベータ、換気、変圧器損失を計算する。なお、対象を事務所ビルとしているため、エスカレータの電力消費（商業施設では特に考慮される）は計算の対象外とした。

エレベータの電力需要の計算は、積載重量、定格速度、台数、利用頻度、電力回生の有無を入力して計算する。

換気の計算は、以下のような簡易計算による。

$$\text{年間換気用電力消費量} = 17.8 \text{ kWh} / \text{m}^2 \times \text{述べ床面積} (\text{m}^2)$$

(17.8kWh/m²はデフォルト値であり、入力により変更可能)



図 3.1.10 照明の設定 確認画面



図 3.1.11 その他の電力需要

変圧器の年間損失は以下のように計算する。

定格容量500kVA以下で負荷率が40%のとき、あるいは500kVA超過で負荷率50%のと

き、年間損失を簡易式から計算する。

上記以外の場合は、単相変圧器、3相変圧器にわけて計算する。単相／3相の区別、油入り／モールドタイプの区別を入力する。

(3.7) 入力画面7：廃棄物分別の設定

図 3.1.12のような入力画面により、廃棄物分別の設定を行う。廃棄物分別シナリオについて、1～4のうちからひとつを選択する。「シナリオによる分別の確認」で建設時、修繕更新時、解体時の各ステージに関して、実際の廃棄に関する計算結果を表示することができる。シナリオ1～4の内容は次頁の通りである。

廃棄物分別シナリオの設定 シナリオによる分別の確認

シナリオ1 建設時

↳ 建設リサイクル法で要求される程度の分別を現場で行う

OK

Cancel

■ 建設時

【コンクリートがら-1】
解体現場 → 4トン車 1台(290kg) 50km 運搬 → 中間処理場

【アスコンがら-1】
解体現場 → 4トン車 1台(24kg) 50km 運搬 → 中間処理場

【がれき類-1】
解体現場 → 4トン車 0台(0kg) 50km 運搬 → 中間処理場

【ガラスくず-1】
解体現場 → 4トン車 0台(0kg) 50km 運搬 → 中間処理場

【廃プラスチック類-1】
解体現場 → 4トン車 0台(0kg) 50km 運搬 → 中間処理場 → 10トン車 0台(0kg) 200km 運搬 → 再生工場

【廃プラスチック類-2】
解体現場 → 4トン車 0台(0kg) 50km 運搬 → 中間処理場 → 10トン車 0台(0kg) 100km 運搬 → 燃料利用

【金属くず-1】
解体現場 → 4トン車 0台(0kg) 50km 運搬 → 中間処理場

【木くず-1】
解体現場 → 4トン車 0台(0kg) 50km 運搬 → 中間処理場 → 10トン車 0台(0kg) 200km 運搬 → 再生工場

【木くず-2】
解体現場 → 4トン車 1台(812kg) 50km 運搬 → 中間処理場 → 10トン車 1台(812kg) 0km 運搬 → 焼却プラント

【石膏ボード-1】
解体現場 → 4トン車 0台(0kg) 50km 運搬 → 中間処理場 → 10トン車 0台(0kg) 200km 運搬 → 再生工場

【繊維くず-1】
解体現場 → 4トン車 0台(0kg) 50km 運搬 → 中間処理場 → 10トン車 0台(0kg) 200km 運搬 → 再生工場

【設備・機器-1】
解体現場 → 4トン車 0台(0kg) 50km 運搬 → 中間処理場

【泥-1】
解体現場 → 4トン車 0台(0kg) 50km 運搬 → 中間処理場 → 10トン車 0台(0kg) 200km 運搬 → 再生工場

【混合廃棄物-3】
解体現場 → 4トン車 5台(9858kg) 50km 運搬 → 中間処理場 → 10トン車 2台(9858kg) 400km 運搬 → 埋立処分

【広域認定-0】
解体現場 → 4トン車 0台(0kg) 0km 運搬 → 中間処理場

図 3.1.12 廃棄物分別の設定

シナリオ1: 建設リサイクル法で要求される程度の分別を現場で行う

シナリオ2: 建設リサイクル法で要求される程度の分別を現場で行う
有価物の分別を現場で行う
通常行われる程度の分別を現場で行う

シナリオ3: 建設リサイクル法で要求される程度の分別を現場で行う
有価物の分別を現場で行う
通常行われる程度の分別を現場で行う
広域認定対象資材の分別を現場で行う

シナリオ4: 可能な限りの資材の分別を現場で行う

製造時の部材と内装材の入力一覧に関しては、各シナリオに応じてあらかじめ解体時の解体配分割が与えられているため、速やかに廃棄物処理の計算が行えるようになっている。

(4) 計算実行

メインメニューから「計算実行」をクリックすると、即座に LCA 計算が行われ、結果は図 3.1.13 のように表示される。計算期間は自由に設定でき、期間中の LCA 計算を行って結果を表示する。計算結果は部材製造時、施工時、改修時、廃棄時、合計の各段階でのエネルギー投入量、CO₂ 排出量、廃棄物発生量として表示される。

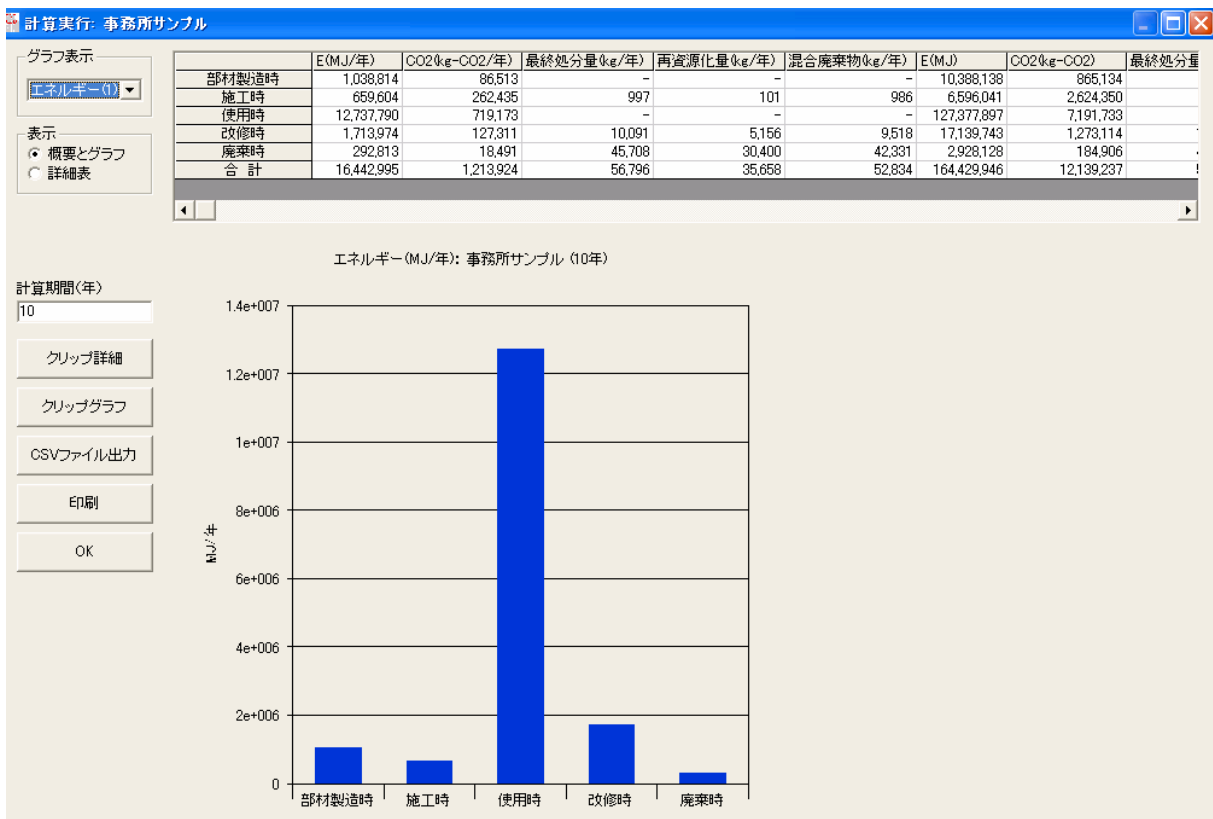


図 3.1.13 計算実行の画面（エネルギーのグラフを表示している）

グラフ表示は、「計算内容」のプルダウンメニューから選択し、以下の 10 種類についての表示が可能である。

- ①エネルギー(MJ/年)、②エネルギー(MJ/m²/年)、③CO₂(kg-CO₂/年)
- ④CO₂(kg-CO₂/m²/年)、⑤最終処分量(kg)、⑥最終処分量(kg/m²)
- ⑦再資源化量(kg)、⑧再資源化量(kg/m²)、⑨混合廃棄物(kg)、⑩混合廃棄物(kg/m²)

「詳細表」をクリックすると図 3.1.14のように詳細な計算内容を見ることができる。

画面で得られた内容をクリップボードに取り出し、CSV ファイルに出力して、エクセルなど他のプログラムで編集することも可能である。

エネルギーの単位は MJ に、二酸化炭素は kg-C ではなく、kg-CO₂に統一している。投入エネルギーは1年あたりのMJ、排出CO₂は1年あたりのkg-CO₂、あるいは期間中の合計量を表示している。

廃棄物については、最終処分量、再資源化量、混合廃棄物を1年あたりの kg で表示した。ここで、廃棄物発生量＝最終処分量＋再資源化量であり、混合廃棄物は分別される各種廃棄物の代表として表示してある。廃棄物処理欄のエネルギーとCO₂は、廃棄物の輸送と処理にかかわるエネルギー投入量とCO₂排出量を示している。

計算実行: 事務所サンプル

ケース名	事務所サンプル				
建物の種類	事務所ビル				
延床面積(m ²)	11000m ²				
建設地点	東京				
寿命(年)	10				
総エネルギー(MJ)	164,429,946 (外部供給分:164,429,946)				
総CO ₂ (kg-CO ₂)	12,139,237 (外部供給分:12,139,237)				

	エネルギー(MJ/年)	CO ₂ (kg-CO ₂ /年)	最終処分量(kg/年)	再資源化量(kg/年)	混合廃棄物(kg/年)
部材製造時合計	1,038,814	86,513	-	-	-
部材(躯体)	34,388	3,541	-	-	-
部材(外皮)	217,812	18,849	-	-	-
内装材	52,616	4,959	-	-	-
空調換気設備	466,290	38,342	-	-	-
衛生設備	64,345	5,524	-	-	-
電気設備	203,363	15,297	-	-	-
施工時合計	659,604	262,435	997	101	986
部材(躯体)	-	-	778	78	769
部材(外皮)	-	-	96	10	95
内装材	-	-	123	14	121
廃棄物処理	4,070	221	-	-	-
使用時合計	12,737,790	719,173	-	-	-
(外部供給)	12,737,790	719,173	-	-	-
(太陽電池 有効利用量)	0	-	-	-	-
(太陽電池 総発電量[kWh])	0	-	-	-	-
(電力需要[kWh])	1,277,698	160,745	-	-	-
暖房	2,026,921	114,440	-	-	-
冷房	8,444,984	476,802	-	-	-
換気(1次換算)	1,924,714	108,669	-	-	-
照明(1次換算)	0	0	-	-	-
コンセント(1次換算)	0	0	-	-	-
エレベーター(1次換算)	0	0	-	-	-
変圧器損失(1次換算)	341,171	19,262	-	-	-
改修時合計	1,713,974	127,311	10,091	5,156	9,518
部材(躯体)	0	0	0	0	0
部材(外皮)	75,675	6,582	1,157	1,479	993
内装材	14,406	1,273	878	1,173	748
空調換気設備	128,601	10,539	6,682	1,469	6,519
衛生設備	5,512	522	357	994	247
電気設備	36,282	2,686	1,016	41	1,012
廃棄物処理	1,453,498	105,710	-	-	-
廃棄時合計	292,813	18,491	45,708	30,400	42,331

図 3.1.14 詳細な計算結果

3.2 CAD データ利用による建築資材・資源量把握手法

3.2.1 3D-CAD を用いたデータ活用プロトタイプの開発

(1) 環境性能評価システムとの概要

環境性能評価システムとは、建築物の設計段階においてライフサイクルにおける CO₂ と廃棄物の排出量(LCCO₂ と LCW)を算出・評価する手法、及び、排出量の低減に資する対策技術選択のための設計支援システム(BEAT-Bldg)のことを言い、設計段階にて作図入力したCAD データを出力し、そのデータを基に設計支援システム(BEAT-Bldg)で自動的に LCA 計算が出来ることの開発・実証を行います。CAD データは、主として建物概要、建設に使用する主要部材の量に関する情報であるが、データが不足している場合にも、設計支援システム(BEAT-Bldg)側で補足的に入力できる。本報告書では、CAD データを出力す部分のプログラム開発を行う内容となっている。

受け渡しが可能となる CAD 開発プログラムが目的となる。

(2) CAD の選定と検討

現在設計者は作図する上では 2 次元作図が主流となっているが、今般入力効率上げるために 3 次元入力に注力注ぐ設計者が多く見られるようになった。環境性能評価システムとして入力効率を考える場合、設計者に入力の負担増が避けられない状況が考えられ、出来るだけ今回の CAD 選定では、効率良く入力でき作図に負担が係らないような CAD 選定が必要であった。2 次元情報には高さ情報が属性として付加できず、システム上、不明確な情報は計算できず、より明解で部材情報として現実にするには 3 次元にて入力しなければ効率よくシステム上に反映することが出来ないこともわかった。今回では、設計者に入力負担が係らず部材情報に任意属性が含まれる内容が作成できる Autodesk 社製の Revit Building9.1 の 3 次元部材入力にて実証を行った。

(3) プログラムの全体構成と特徴

(3.1) Revit Building9.1にて入力した部材は、Revit Building9.1のアドオンプログラムにてExcel形式で出力でき、設計支援システム(BEAT-Bldg)に取り込める。

(3.2) 対象建物は、事務所ビル。

(3.3) 設計支援システム(BEAT-Bldg)の部材定義表に基づき、データ出力する。CAD開発プログラムの位置づけは、図 3.2.1のBEAT-Bldg の概要(仮称BEAT6)全体の流れの赤線部分としている。(BEAT-Bldg の概要 全体の流れを引用)

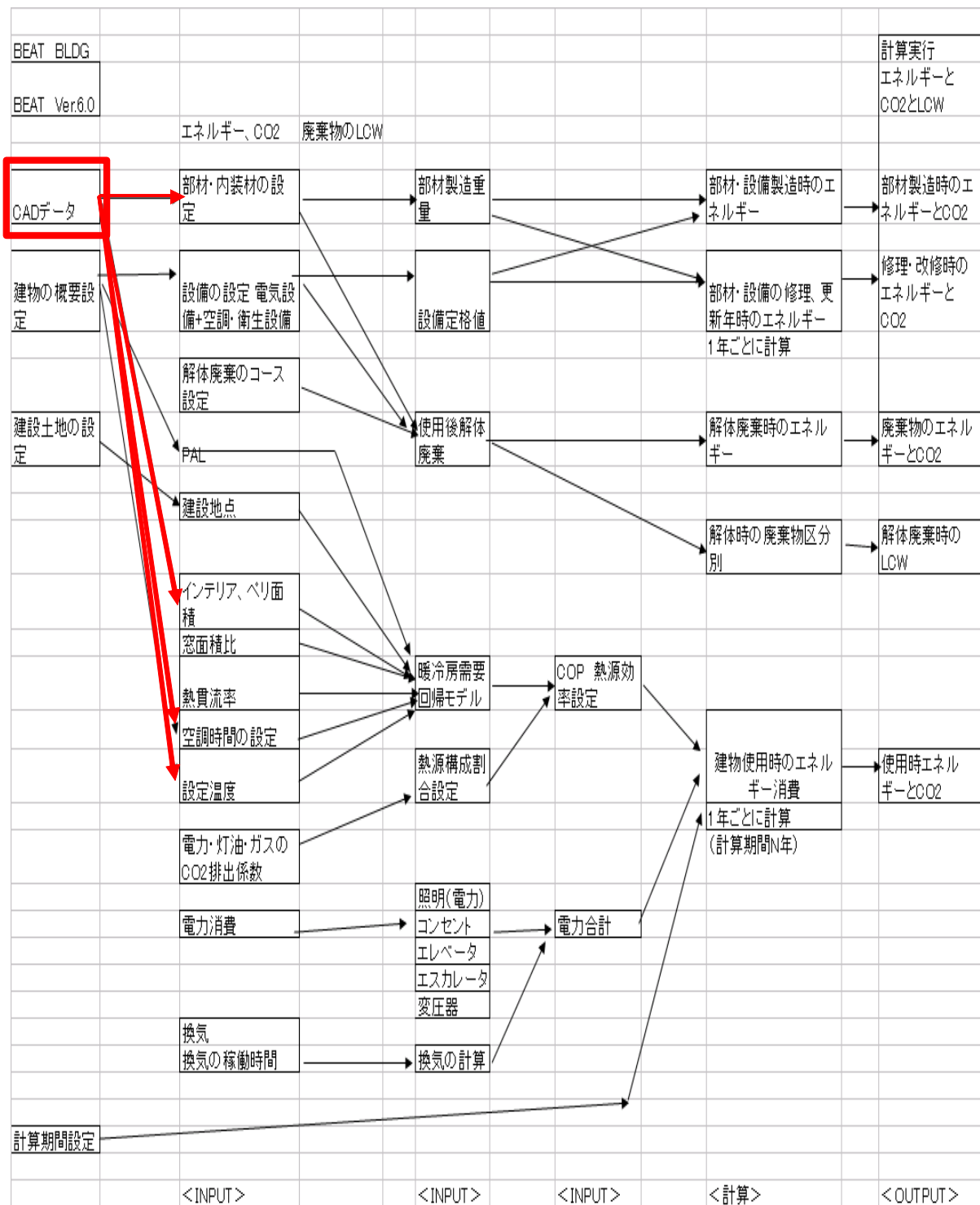


図 3.2.1 BEAT-Bldg の概要 (仮称BEAT6) 全体の流れ

3.2.2 情報入力インターフェースのプログラム仕様の検討

(1) システム概要

建物に使用する部材の数量をCADで算出し、設計支援システム(BEAT-Bldg)へ受け渡すシステムの検討を行った。部材数量算出する場合、設計支援システム(BEAT-Bldg)へ受け渡す部材集計表を基にCAD部品を部材化した。各部材に数量根拠となるパラメータを持たせ集計を行った。

(2) 設計支援システム(BEAT-Bldg)集計根拠表

表 3.2.1 設計支援システム(BEAT-Bldg)集計根拠表(1)

分類	部分	記号		対応単位
躯体	土工・地業	土工	根切り	m ³
		杭1	場所打ちコンクリート杭	本
		杭2	既製コンクリート杭	
		杭3	鋼管杭	
	躯体	RC系躯体1	普通コンクリート	m ³
		RC系躯体2	高強度コンクリート	
		RC系躯体3	再生骨材使用コンクリート	
		SRC系躯体1	普通コンクリート	
		SRC系躯体2	普通コンクリート	
		S系躯体1	普通コンクリート	
S系躯体	鉄骨	t		
屋根防水	屋根防水1	75mm防水露出防水+モルタル金ごて押さえ	m ²	
	屋根防水2	75mm防水露出防水+コンクリート面 金ごて仕上げ		
	屋根防水3	軽量コクリート押さえ+75mm保護防水+断熱材(※リフレフォーム)+モルタル金ごて押さえ		
	屋根防水4	軽量コクリート押さえ+75mm保護防水+断熱材(※リフレフォーム)+コンクリート面 金ごて仕上げ		
	屋根防水5	防水層保護7'ロウ敷+断熱材(※リフレフォーム)+75mm保護防水+モルタル金ごて押さえ		
	屋根防水6	防水層保護7'ロウ敷+断熱材(※リフレフォーム)+75mm保護防水+コンクリート面 金ごて仕上げ		
	屋根防水7	合成高分子ルーフィング+モルタル金ごて押さえ		
	屋根防水8	合成高分子ルーフィング+コンクリート面 金ごて仕上げ		
	屋根防水9	塗膜防水+モルタル金ごて押さえ		
	屋根防水10	塗膜防水+コンクリート面 金ごて仕上げ		
外皮	ひさし	アルミダイキャスト	箇所	
	外壁	外壁1	磁器質タイル+モルタル金ごて押さえ+コンクリート打ち放し補修	m ²
		外壁2	コンクリート打ち放し補修	
		外壁3	複層塗材+コンクリート打ち放し補修	
		外壁4	石+コンクリート打ち放し補修	
		外壁5	アルミカーテンウォール	
		外壁6	ステンレスカーテンウォール	
		外壁7	PCカーテンウォール	
		外壁8	ガラスカーテンウォール	
	腰壁	花こう岩+コンクリート打ち放し補修	m ²	
開口部(窓)	窓1	アルミサッシ+普通板ガラス	m ²	
	窓2	アルミサッシ+複層ガラス		
	窓3	アルミサッシ+LOW-Eガラス		
	窓4	アルミサッシ+熱線反射ガラス		
	窓5	アルミサッシ+熱線吸収ガラス		
	開口部(扉)	扉1	鋼製扉	m ²
		扉2	ステンレス製扉	
		扉3	アルミ製扉	
		扉4	自動扉	
		扉5	軽量シャッター	
扉6		重量シャッター		
外部天井	外天井1	複層塗材+コンクリート打ち放し補修	m ²	
	外天井2	アルミバンドレル+コンクリート打ち放し補修		
	外天井3	コンクリート打ち放し補修		
	外天井4	けい酸カルシウム板+軽鉄天井下地		
	外天井5	ロックウール吸音板+せつこうボード+軽鉄天井下地		
外部床	外部床1	磁器質タイル+モルタル金ごて押さえ	m ²	
	外部床2	磁器質タイル+軽量コクリート押さえ+75mm保護防水+断熱材(※リフレフォーム)+モルタル金ごて押さえ		
	外部床3	再生タイル+モルタル金ごて押さえ		
その他	外部雑	丸環	箇所	
		壁とい	m	
		屋上目隠し	箇所	
		手すり	m	
		面格子	箇所	
		グレーチング	箇所	
		避難ハッチ	箇所	
宅配ボックス	箇所			
館名文字	箇所			
アンテナ基礎	箇所			

表 3.2.2 設計支援システム (BEAT-Bldg) 集計根拠表 (2)

床	床1	タイルカーペット+フリーアクセスフロア	㎡
	床2	ビニル床タイル+フリーアクセスフロア	
	床3	長尺塩ビシート+フリーアクセスフロア	
	床4	フローリング+フリーアクセスフロア	
	床5	タイルカーペット+モルタル金こて仕上げ	
	床6	ビニル床タイル+モルタル金こて仕上げ	
	床7	長尺塩ビシート+モルタル金こて仕上げ	
	床8	フローリング+モルタル金こて仕上げ	
	床9	タイルカーペット+コンクリート面 金こて仕上げ	
	床10	ビニル床タイル+コンクリート面 金こて仕上げ	
	床11	長尺塩ビシート+コンクリート面 金こて仕上げ	
	床12	畳+下地床組+床下地板張り	
	床13	コンクリート面 金こて仕上げ	
	床14	磁器質タイル+モルタル金こて仕上げ	
	床15	塗膜防水+コンクリート面 金こて仕上げ	
	床16	石(花こう岩)+モルタル金こて仕上げ+コンクリート面 金こて仕上げ	
	床17	石(花こう岩)+モルタル金こて仕上げ	
	床18	モルタル金こて仕上げ+コンクリート面 金こて仕上げ	
	床19	無機質系塗床+コンクリート面 金こて仕上げ	
幅木	幅木1	ソフト幅木	m
	幅木2	木製幅木	
	幅木3	タイル幅木	
内装	間仕切壁1	軽量鉄骨下地	㎡
	間仕切壁2	木製骨組下地	
	壁1	ビニルクロス+せっこうボード	
	壁2	塗装+せっこうボード	
	壁3	せっこうボード	
	壁4	塗装+コンクリート打放し補修	
	壁5	複層塗材+コンクリート打放し補修	
	壁6	コンクリート打放し補修	
	壁7	陶器質タイル+モルタル金こて押さえ	
	壁8	塗膜防水+モルタル金こて押さえ	
	壁9	石(花こう岩)+モルタル金こて押さえ+コンクリート打放し補修	
壁10	ビニルクロス+せっこうボード+ポリスチレンフォーム		
天井	天井1	ロックウール吸音板+せっこうボード+軽鉄天井下地	㎡
	天井2	不燃化粧石膏ボード+軽鉄天井下地	
	天井3	複層塗材+コンクリート打放し補修	
	天井4	塗装+コンクリート打放し補修	
	天井5	コンクリート打放し補修	
内部建具	内部建具1	木製建具	㎡
	内部建具2	鋼製建具	
雑・その他	内部雑	天井回り線(アルミ)	箇所
	内部雑	天井回り線(塩ビ)	
	内部雑	点検口	
	内部雑	トイレ間仕切り	
	内部雑	給湯室ユニット	
	内部雑	受付カウンター	
	内部雑	消火器ボックス	
内部雑	階段表示板		

(3) 部材定義根拠リスト (ファミリー※リスト)

●簡易方式ファミリーリスト

●詳細方式ファミリーリスト

※ファミリーとは

Revit Building では、モデルを構成する部品1つ1つをファミリーと呼ぶ。ファミリー情報を変更すると、ファイル内に配置された同じ名称のファミリーすべてに自動的に変更が反映されるので、同じファミリーが複数存在する場合は各ファミリーを変更する手間が省ける。この点は例えば Auto-CAD の『ブロック』、VectorWorks の『シンボル』の機能に類似している。

しかしファミリーの場合、寸法やマテリアル(素材)等の情報をパラメータ(変数・属性)として予め定義しておく事によって、全く同じ名称のファミリーであっても配置後にサイズやマテリアル等にバリエーションを持たせる事ができる。その点は Auto-CAD の『ブロック』、VectorWorks の『シンボル』よりも融通が利く。

Revit Building ではファミリーの個数が集計できるが、ファミリーにパラメータを定義することによって長さ、面積、体積などの数値情報も集計可能になる。またマテリアル情報、文字情報もパラメータとして付加できるので、ファミリーの材質や価格、品番、説明などの情報もファミリーに付加すること

ができる。

3.2.3 システムフロー

(1) 数量書き出しシステムのフロー

下図は建物部材の数量書き出しのシステムフローである。

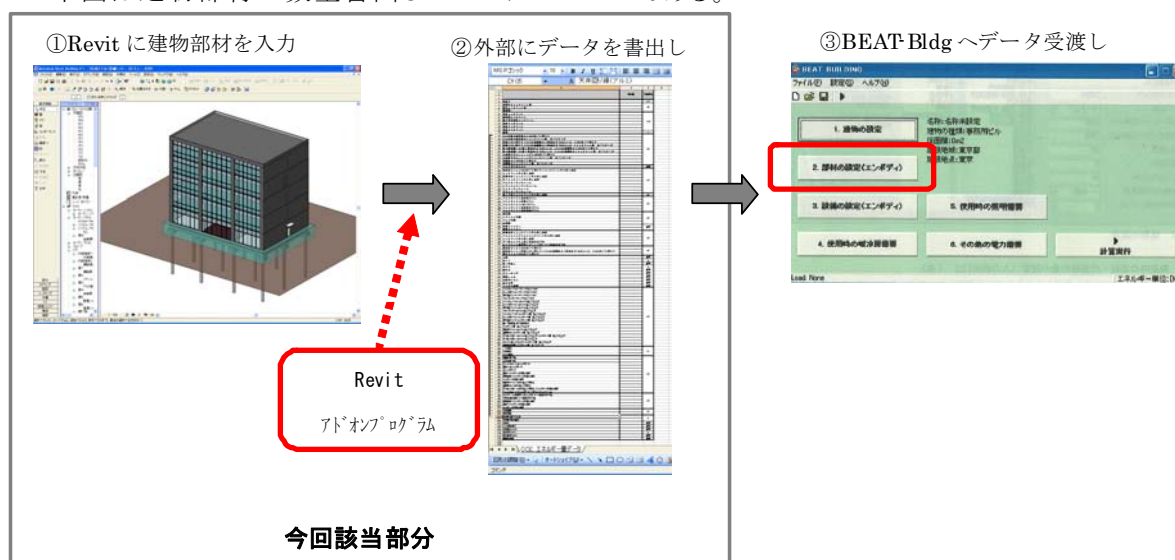


図 3.2.2 建物部材の数量書き出しのシステムフロー

Revit Building9.1 で入力した部材の数量を外部へ書出すためのアドオンプログラムを今回 Revit 用に開発した。これによって、Revit 内の数量を BEAT-Bldg 側で読み込み可能なデータ形式で書き出しが行えるようになった。

数量書き出しのフローとしては、まず Revit Building9.1 のテンプレートファイル(3.2.3(2)部材の構成参照)を開く。テンプレートファイルには予め建物部材が用意されているので、用意された部材を空間内へ配置することによって建物を作成してゆく。建物が完成したら、Revit Building9.1 のアドオンプログラムを実行し、外部へデータを書出す。この際データは Excel 形式にて書出される。外部書出しの詳細手順については3.2.4CAD データの外部書出し参照。

(2) 部材の構成

テンプレートファイルの部材構成としては次の2種類を用意した。

1 つは、建築の詳細図面と描くのと同一要領で、1 つ 1 つの部材を詳細にモデリングするという方法。これを『詳細方式』と呼ぶことにする。

もう 1 つは、躯体・窓などの主要部材のみモデリングし、仕上材の情報は躯体ファミリーや部屋名ファミリーにテキストデータとして入力する方式。これを『簡易方式』と呼ぶことにする。

詳細方式、簡易方式の部材構成の具体例を次頁に示す。

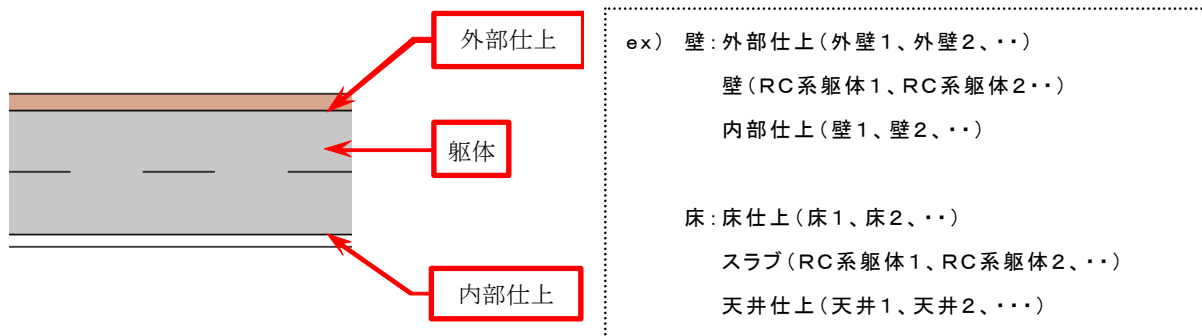
(3) 詳細方式

建物の細かい部材 1 つ 1 つをファミリとして用意し、建築の詳細図面と描くのと同一要領で、各部材を詳細に配置していく方式である。

壁の場合は下図のように躯体部材、外部仕上部材、内部仕上部材を別々に配置する。

《詳細方式の特徴》

- ・部材入力に手間がかかる
- ・数量が簡易方式よりも正確に拾える
- ・配置した部材を目視で確認しやすい



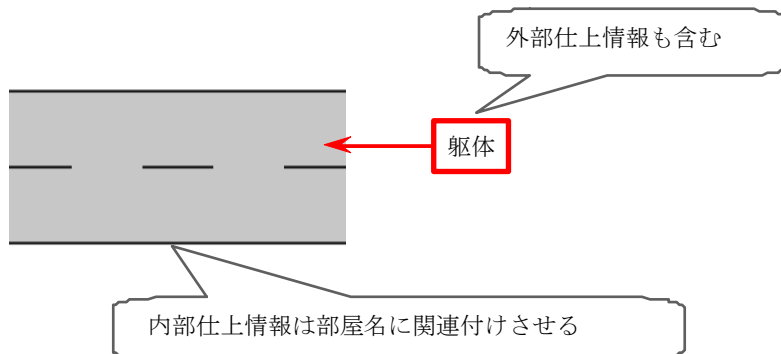
(4) 簡易方式

建物の主要部材のみファミリとして用意し、床・壁・天井仕上、幅木、廻縁等の仕上材は配置せずに部屋名等にテキスト情報として入力する方式である。

壁の場合は下図のように躯体ファミリのみ配置し、外部仕上情報は躯体ファミリ、内部仕上情報は部屋名にそれぞれテキスト情報として入力する。

《簡易方式の特徴》

- ・部材入力の手間が少ない
- ・数量はあくまで概算
- ・部屋単位での仕上げ変更が簡単に行えるが、1つの部屋で、複数種類の仕上を定義することは出来ない。(床・壁・天井それぞれにつき1種類の仕上げしか定義できない。)



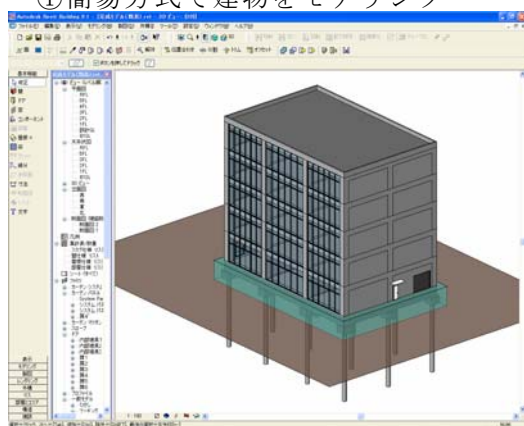
(5) 詳細方式と簡易方式の使い分けについて

簡易方式で作成した建物を後で詳細方式に変更したい、またはその逆の変更を行いたいという場合は、建物を最初から入力し直す必要はなく、ファミリー属性の変更で対応することが可能である。

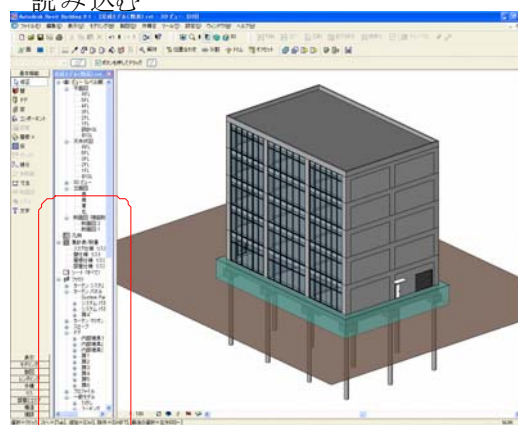
部材数量を正確に算出することを考えると、初期段階から詳細方式で入力するのが本来好ましい。しかし実務の観点から言うと、初期の基本設計の段階は簡易方式で部材配置して概算数量を把握し、後の実施設計の段階で詳細方式のファミリーへと変更して正確な数量を算出する、という方法が相応しい場合もあると考えられる。

◇簡易方式から詳細方式への変更方法

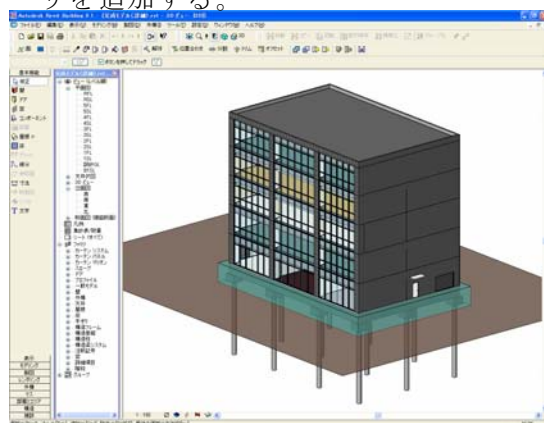
①簡易方式で建物をモデリング



②ファイルに詳細方式のファミリーを読み込む



③簡易方式のファミリーを詳細方式のファミリーに置き換え、仕上げ等のファミリーを追加する。



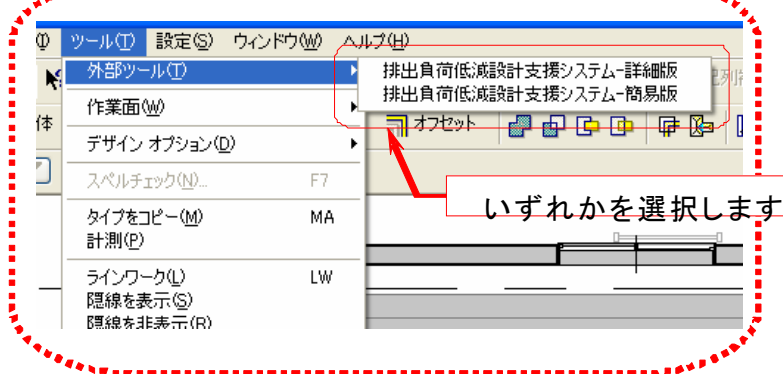
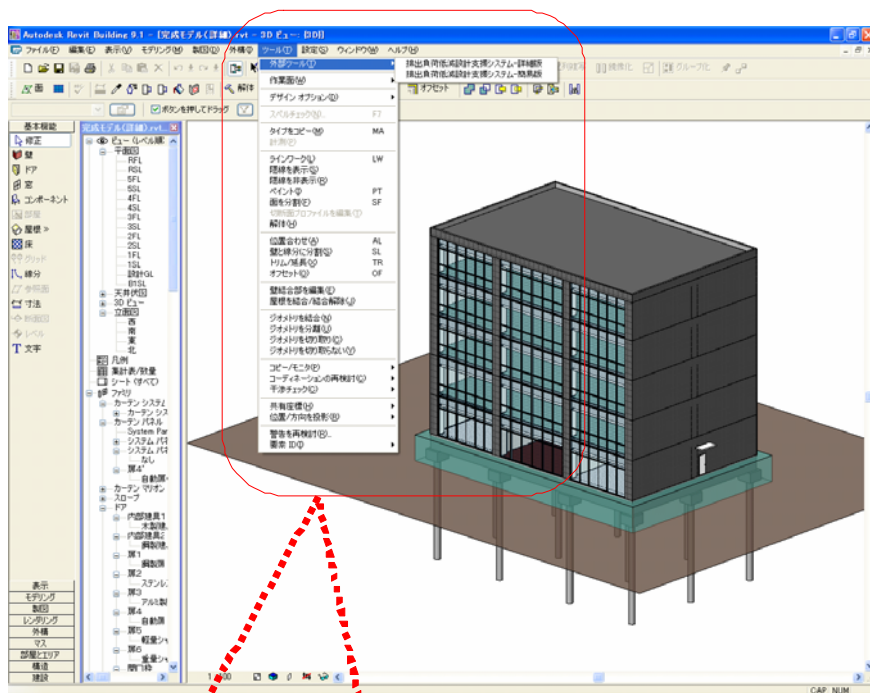
詳細方式のファミリーが追加される

3.2.4 CAD データの外部書出し

(1) 外部書出し手順

入力した建物の部材数量を、外部ファイルに書出します。

(1.1) (1) メニューバーの【ツール】→【外部ツール】→【排出負荷低減設計支援システム-詳細版】もしくは【排出負荷低減設計支援システム-簡易版】を選択します。



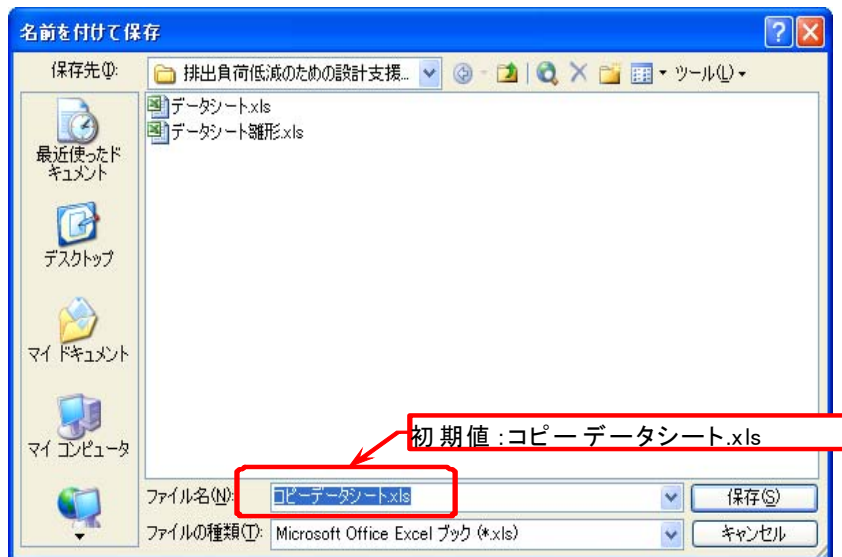
(1.2) 部材数量がエクセルの表に書き出されます(ファイル名は、データシート.xls)。

分類	部分	記号	集計数	対応単位
躯体	土工・地業	根切り	1,276.13528	m3
		根1 場所打ちコンクリート杭	0	本
		根2 既製コンクリート杭	0	本
	躯体	RC躯体1 普通コンクリート	1,276.61199	m3
		RC躯体2 建築用コンクリート	0.00000	
		RC躯体3 再生骨材用コンクリート	0.00000	
		SRC躯体1 普通コンクリート	0.00000	
		SRC躯体2 普通コンクリート	0.00000	
		S躯体1 普通コンクリート	0.00000	
		S躯体2 普通コンクリート	0.00000	
		S躯体3 普通コンクリート	0.00000	
		S躯体4 普通コンクリート	0.00000	
		S躯体5 普通コンクリート	0.00000	
		S躯体6 普通コンクリート	0.00000	
屋根防水	屋根防水1 272t防水露出防水+コンクリート面 金こて仕上げ	420.75000	m2	
	屋根防水2 272t防水露出防水+コンクリート面 金こて仕上げ	0.00000		
	屋根防水3 屋根防水1+272t防水露出防水+断熱材(4*12t) +コンクリート面 金こて仕上げ	0.00000		
	屋根防水4 屋根防水1+272t防水露出防水+断熱材(4*12t) +コンクリート面 金こて仕上げ	0.00000		
	屋根防水5 防水層保護70kg敷+断熱材(4*12t) +272t防水露出防水+コンクリート面 金こて仕上げ	0.00000		
	屋根防水6 防水層保護70kg敷+断熱材(4*12t) +272t防水露出防水+コンクリート面 金こて仕上げ	0.00000		
	屋根防水7 合成高分子ルーフィング+断熱材(4*12t) +コンクリート面 金こて仕上げ	0.00000		
	屋根防水8 合成高分子ルーフィング+断熱材(4*12t) +コンクリート面 金こて仕上げ	0.00000		
	屋根防水9 塗膜防水+断熱材(4*12t) +コンクリート面 金こて仕上げ	26.85000		
	屋根防水10 塗膜防水+コンクリート面 金こて仕上げ	0.00000		
外壁	外壁1 アルミサッシ+普通板ガラス	0.00000	m2	
	外壁2 アルミサッシ+複層ガラス	0.00000		
	外壁3 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外壁4 石+コンクリート打ち放し補修	1,283.63300		
	外壁5 アルミカーテンウォール	0.00000		
	外壁6 ステンレスカーテンウォール	0.00000		
	外壁7 PCCカーテンウォール	0.00000		
	外壁8 ガラスカーテンウォール	441.54000		
	外壁9 ガラスカーテンウォール	0.00000		
	外壁10 ガラスカーテンウォール	0.00000		
開口部(窓)	窓1 アルミサッシ+普通板ガラス	32.00000	m2	
	窓2 アルミサッシ+複層ガラス	0.00000		
	窓3 アルミサッシ+複層ガラス	15.36000		
	窓4 アルミサッシ+複層ガラス	0.00000		
	窓5 アルミサッシ+複層ガラス	0.00000		
	窓6 アルミサッシ+複層ガラス	0.00000		
	窓7 アルミサッシ+複層ガラス	0.00000		
	窓8 アルミサッシ+複層ガラス	0.00000		
	窓9 アルミサッシ+複層ガラス	0.00000		
	窓10 アルミサッシ+複層ガラス	0.00000		
開口部(扉)	扉1 鋼製扉	0.00000	m2	
	扉2 ステンレス製扉	81.60000		
	扉3 アルミ製扉	0.00000		
	扉4 自動扉	11,705.730		
	扉5 複層シャッター	0.00000		
	扉6 複層シャッター	0.00000		
	扉7 複層シャッター	0.00000		
	扉8 複層シャッター	0.00000		
	扉9 複層シャッター	0.00000		
	扉10 複層シャッター	0.00000		
外露天井	外天井1 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000	m2	
	外天井2 アルミサッシ+複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外天井3 コンクリート打ち放し補修	16,259.000		
	外天井4 けい酸ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外天井5 ロックウール吸音板+せりょうボード+複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外天井6 ロックウール吸音板+せりょうボード+複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外天井7 ロックウール吸音板+せりょうボード+複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外天井8 ロックウール吸音板+せりょうボード+複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外天井9 ロックウール吸音板+せりょうボード+複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外天井10 ロックウール吸音板+せりょうボード+複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
外廊床	外廊床1 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000	m2	
	外廊床2 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外廊床3 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外廊床4 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外廊床5 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外廊床6 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外廊床7 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外廊床8 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外廊床9 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	外廊床10 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
その他	丸環	0.00000	箇所	
	壁と	0.00000		
	壁と目隠し	0.00000		
	ます	0.00000		
	面格子	0.00000		
	グレーチング	0.00000		
	遮音ハッチ	0.00000		
	電線ボックス	0.00000		
	電線ボックス	0.00000		
	アンテナ設置	0.00000		
床	床1 タイルカーペット+フローリング+コンクリート	1,355.89160	m2	
	床2 ビニル床タイル+フローリング+コンクリート	0.00000		
	床3 長尺床タイル+フローリング+コンクリート	0.00000		
	床4 フローリング+フローリング+コンクリート	0.00000		
	床5 タイルカーペット+モルタル金こて仕上げ	0.00000		
	床6 ビニル床タイル+モルタル金こて仕上げ	0.00000		
	床7 長尺床タイル+モルタル金こて仕上げ	106.56580		
	床8 フローリング+モルタル金こて仕上げ	0.00000		
	床9 タイルカーペット+コンクリート面 金こて仕上げ	0.00000		
	床10 ビニル床タイル+コンクリート面 金こて仕上げ	0.00000		
幅木	幅木1 幅木	41.81000	m	
	幅木2 幅木	0.00000		
	幅木3 幅木	0.00000		
	幅木4 幅木	0.00000		
	幅木5 幅木	0.00000		
	幅木6 幅木	0.00000		
	幅木7 幅木	0.00000		
	幅木8 幅木	0.00000		
	幅木9 幅木	0.00000		
	幅木10 幅木	0.00000		
内装	内装1 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	120.51400	m2	
	内装2 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	内装3 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	内装4 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	1,187.72460		
	内装5 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	内装6 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	内装7 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	340.37840		
	内装8 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	内装9 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	内装10 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
天井	天井1 ロックウール吸音板+せりょうボード+複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	1,490.89657	m2	
	天井2 不燃化複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	41.76900		
	天井3 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	天井4 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	天井5 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	天井6 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	天井7 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	天井8 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	天井9 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
	天井10 複層ガラス+コンクリート打ち放し補修	0.00000		
内部建具	内部建具1 木製建具	22.73600	m	
	内部建具2 鋼製建具	26.24460		
	内部建具3 鋼製建具	192.54000		
	内部建具4 鋼製建具	0.00000		
	内部建具5 鋼製建具	0.00000		
	内部建具6 鋼製建具	0.00000		
	内部建具7 鋼製建具	0.00000		
	内部建具8 鋼製建具	0.00000		
	内部建具9 鋼製建具	0.00000		
	内部建具10 鋼製建具	0.00000		
雑・その他	雑1 トイレ用切手	0.00000	箇所	
	雑2 トイレ用切手	0.00000		
	雑3 トイレ用切手	0.00000		
	雑4 トイレ用切手	0.00000		
	雑5 トイレ用切手	0.00000		
	雑6 トイレ用切手	0.00000		
	雑7 トイレ用切手	0.00000		
	雑8 トイレ用切手	0.00000		
	雑9 トイレ用切手	0.00000		
	雑10 トイレ用切手	0.00000		

(1.3) エクセルデータを保存します。

「データシート.xls」は外部書出し用のテンプレートファイルですので、上書き保存出来ません(読み取り専用)。保存する場合は【名前を付けて保存】を実行します。

ファイル名は、初期値では「コピーデータシート.xls」という名前になっていますので、必要に応じて名前を変更します。



(2) 外部書出しプログラムのフォルダ構成について

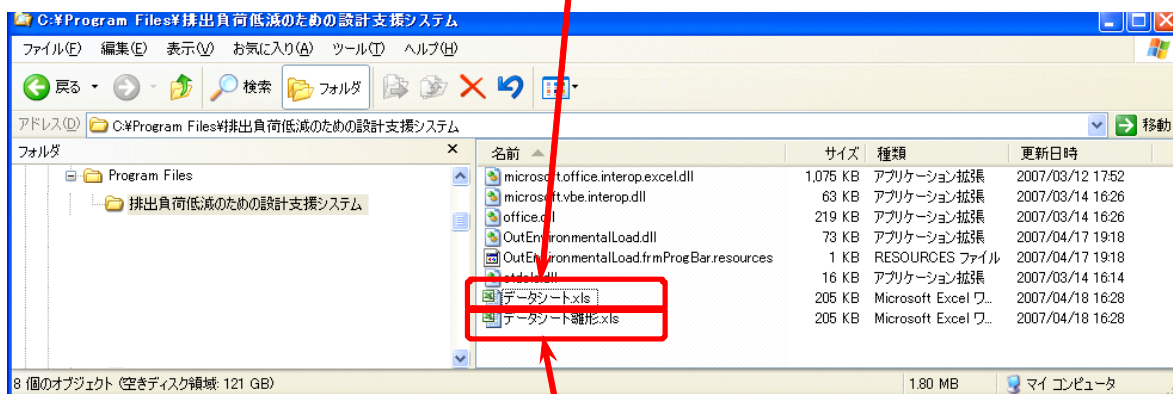
外部書出しプログラムをパソコンにインストールすると、¥Program Files の直下に¥排出負荷低減のための設計支援システム というフォルダが自動作成されます。

このフォルダには 2 つのエクセルファイル、「データシート.xls」と「データシート雛形.xls」が入っています。

「データシート.xls」は外部書出し用のテンプレートファイルです。このファイル名を変更してしまうと外部書出しプログラムが動かなくなりますので、名称は変更しないようにして下さい。

「データシート雛形.xls」は「データシート.xls」を誤って削除してしまった場合等の予備ファイルですので、実際にこのファイルを外部書出し用のテンプレートとしてご使用になる場合は、ファイル名を「データシート.xls」に変更してご使用下さい。

データシート.xls は外部書出し用のテンプレートファイル。



データシート雛形.xls はデータシート.xls の予備ファイル。

3.3 BEAT-Bldg を用いた環境負荷低減技術の対策案の検討

3.3.1 入力課程で選択できる環境負荷低減技術の効果

BEAT-Bldg は基本設計段階や省エネルギー計画段階など、設計の初期段階での使用を想定して開発されている。環境負荷低減技術のオルタナティブ案の検討、建物の運用方法(使い方)の検討、業務の簡略化などへの使用を意図した、いわば実務者のための「デザインツール」である。

ここでは、BEAT-Bldg の使い方の一例として、様々な環境負荷低減技術の中からオルタナティブ案を比較検討するケーススタディ例を紹介する。様々なケーススタディの中から、ここでは、検討に要する入力作業が比較的容易な、BEAT-Bldg の入力課程で選択できる項目での検討例を取り上げる。

(1) 照明設備の制御

照明設備は、在室していない部屋はこまめに消灯するなど、使用者の努力によっても省エネが可能であるが、機器の点灯をセンサー等を利用して機械的に制御すれば、より確実に実効される。

図 3.3.1は、照明設備の制御手法の有無による年間電力消費量の比較例である。(物件-3) 制御手法を採用している面積割合 70%として、用意されている制御手法を1種類のみ採用した場合の年間電力消費量を、「制御なし」と比較すると、9%~28%低減される。さらに、複数の手法(②、③、④、⑥、⑦)を組み合わせた場合には、50%以上の低減効果が見られる。

複数の照明制御手法の組合せ(②、③、④、⑥、⑦)を採用した場合、照明による消費電力量の低減と共に、照明による内部発熱の低減も見込まれる。そこで、次に内部発熱密度ランク:中を低に変更した場合の比較を行う。

基準案で使用時のCO₂排出量の1/4を占める照明設備が半減することにより、建物使用年数を50年とした場合の総CO₂排出量は9%削減される。さらに、消費電力量が半減することを考慮

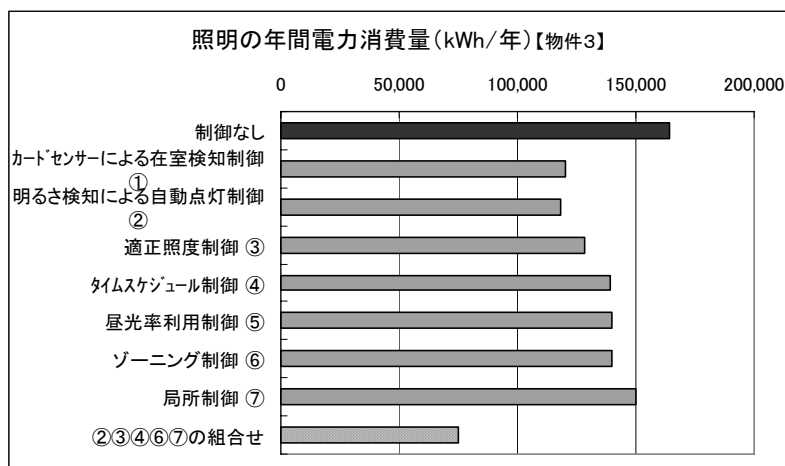


図 3.3.1 照明設備の制御手法の有無による年間電力消費量の比較例

物件-3 照明の年間電力消費量比較

	(kWh/年)	制御なしに対する比率
制御なし	164,018	(1.00)
カードセンサーによる在室検知制御 ①	120,561	(0.74)
明るさ検知による自動点灯制御 ②	118,301	(0.72)
適正照度制御 ③	128,178	(0.78)
タイムスケジュール制御 ④	139,254	(0.85)
昼光率利用制御 ⑤	139,890	(0.85)
ゾーニング制御 ⑥	139,890	(0.85)
局所制御 ⑦	150,048	(0.91)
②③④⑥⑦の組合せ	74,696	(0.46)

図 3.3.2 照明制御の有無による年間電力消費量の比較例

して内部発熱密度ランクを低減すると、暖房によるCO₂排出量が2割増加する一方で冷房が3割低減することから、50年使用した場合の総CO₂排出量は基準案に比べて15%削減される。

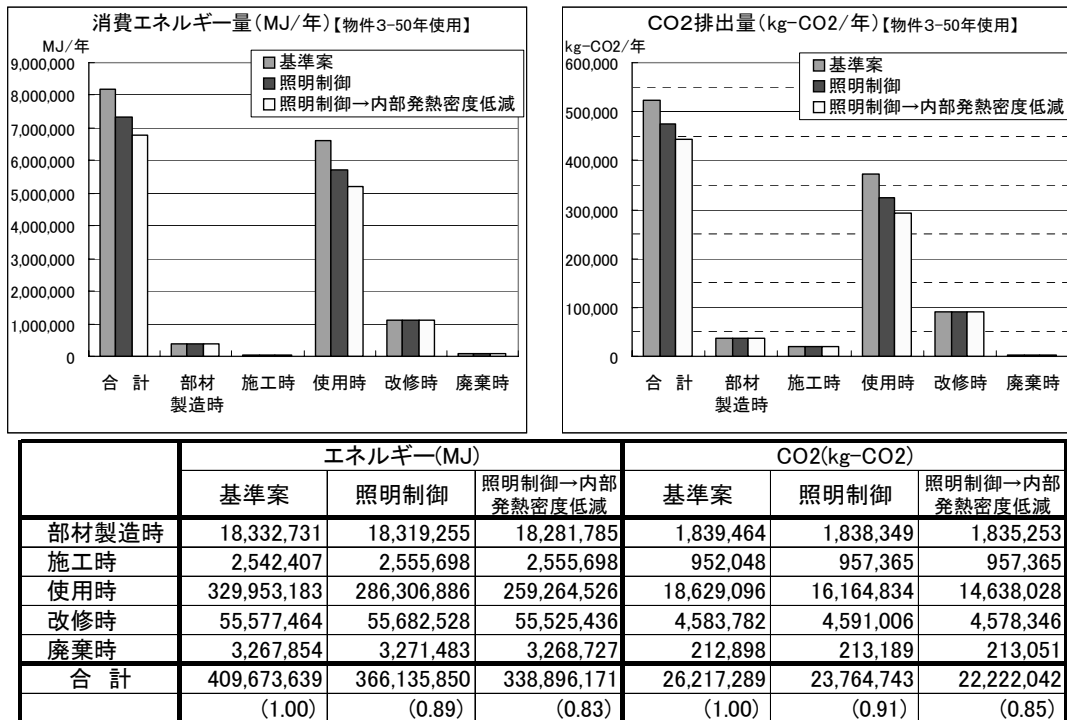


図 3.3.3 照明設備制御による消費エネルギー量、CO₂排出量の比較

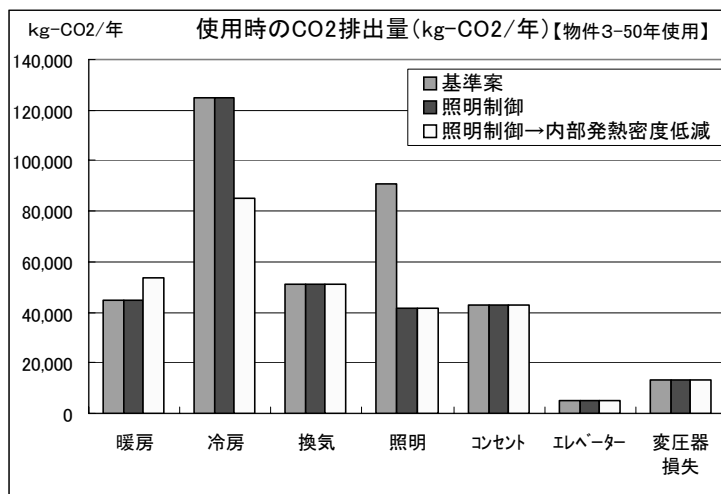


図 3.3.4 照明設備制御による使用時のCO₂排出量の比較

(2) 廃棄物シナリオによる違い

BEAT-Bldg では、廃棄物分別についてⅠ～Ⅳの4段階のシナリオが用意されている。シナリオを変えても廃棄物発生量の総量は変わらないが、再資源化量と最終処分量のバランスが変わってくる。

RC造である物件-1とS造の物件-2で50年使用した場合の床面積あたりの廃棄物発生量を比較すると、RC造である物件-1がやや多くなっている。また、建設リサイクル法で定められている再資源化が義務付けられている特定建設資材は、コンクリート、コンクリート及び鉄から成る建設資材、木材、アスファルト・コンクリートの4品目で、鉄骨は含まれていないことから、S造である物件-2の分別シナリオⅠ（建設リサイクル法で要求される程度の分別）の最終処分量の比率が、RC造である物件-1に比べて多くなっている。

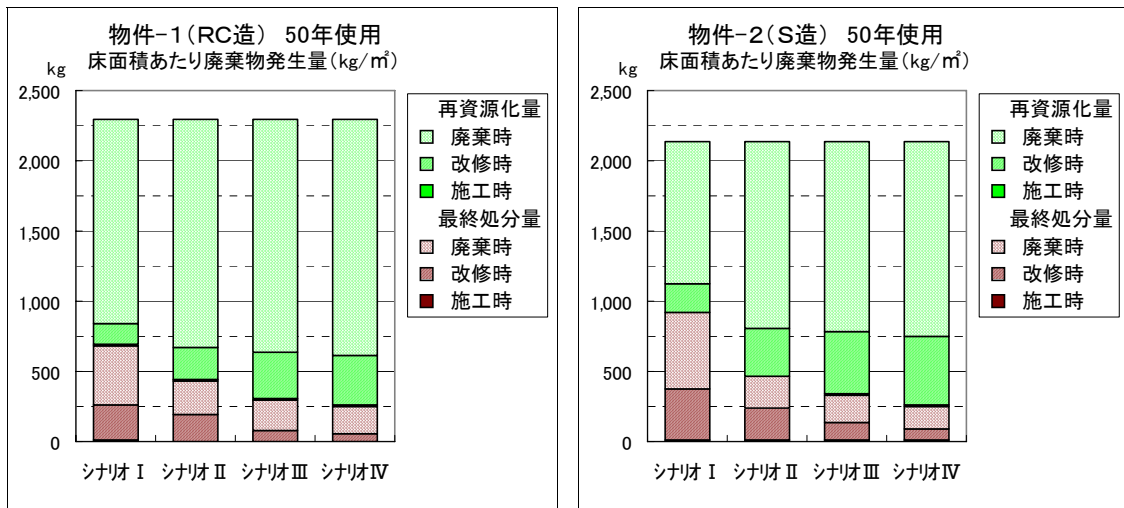


図 3.3.5 廃棄物分別の違いによる廃棄物発生量の比較

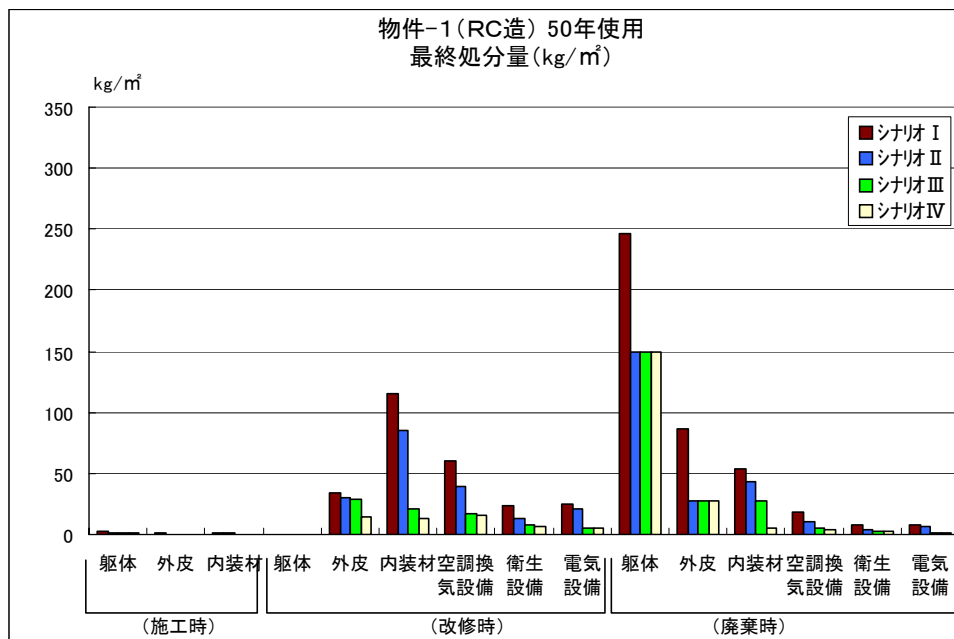


図 3.3.6 物件-1 (RC造) 最終処分量の内訳

再資源化と最終処分では、廃棄時に係るエネルギー消費量が異なるため、再資源化-最終処分のバランスが変わると、廃棄物処理に係るエネルギー消費量及びCO₂排出量が変わる。建設リサイクル法で要求される程度の分別しかおこなわないシナリオ I が廃棄時のエネルギー消費量及びCO₂排出量が最も多く、50年使用した場合の総CO₂排出量をシナリオIVと比較すると、RC造である物件-1で0.5%、S造である物件-2で約2%である。

表 3.3.1 物件-1 部材の設定（エンボディ）入力用部材リスト

	面積あたりの消費エネルギー量 (MJ/m ²)				面積あたりのCO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ²)			
	シナリオ I	シナリオ II	シナリオ III	シナリオ IV	シナリオ I	シナリオ II	シナリオ III	シナリオ IV
物件-1 (RC造) 50年使用								
部材製造時	3,714	3,714	3,714	3,714	406	406	406	406
施工時	653	645	645	645	233	233	233	233
使用時	56,282	56,282	56,282	56,282	3,178	3,178	3,178	3,178
改修時	12,089	11,966	12,127	12,095	909	907	924	924
廃棄時	1,464	858	786	717	88	58	54	51
合計	74,203	73,465	73,554	73,453	4,815	4,782	4,795	4,791
	(1.000)	(0.990)	(0.991)	(0.990)	(1.000)	(0.993)	(0.996)	(0.995)

物件-2 (S造) 50年使用

	面積あたりの消費エネルギー量 (MJ/m ²)				面積あたりのCO ₂ 排出量 (kg-CO ₂ /m ²)			
	シナリオ I	シナリオ II	シナリオ III	シナリオ IV	シナリオ I	シナリオ II	シナリオ III	シナリオ IV
物件-2 (S造) 50年使用								
部材製造時	7,019	7,019	7,019	7,019	660	660	660	660
施工時	547	542	538	538	199	199	199	199
使用時	48,324	48,324	48,324	48,324	2,728	2,728	2,728	2,728
改修時	12,457	12,088	11,936	11,889	1,018	1,002	997	997
廃棄時	1,845	774	714	601	105	51	48	42
合計	70,193	68,747	68,532	68,370	4,710	4,641	4,632	4,626
	(1.000)	(0.979)	(0.976)	(0.974)	(1.000)	(0.985)	(0.983)	(0.982)

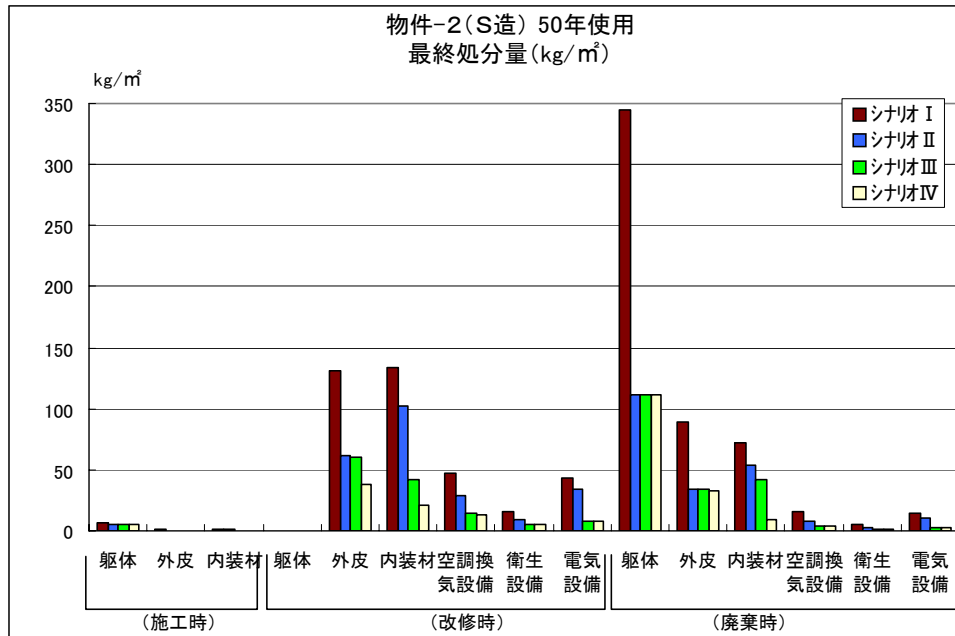


図 3.3.6 物件-2 (S造) 最終処分量の内訳

(3) 長寿命化の効果

建物を構成する部材は、大きく分けて、躯体、外皮、内装、設備に分類される。そのうち、躯体以外の部材は、躯体に比べて耐用年数が短いため、修繕や更新を行いながら建物を使用していく。したがって、建設時および解体時に発生する廃棄物の量は使用年数によらず一定であるが、改修時に発生する廃棄物量は使用年数が長くなるほど増加していく。

一方、廃棄物発生量の総量を建物の使用年数で割ると、使用年数の長短によらず改修時の廃棄物発生量は一定※となり、施工時・廃棄時の廃棄物発生量は使用年数で割られるため、1年あたりに換算した発生量は小さくなる。したがって、建物の超寿命化を図ることは廃棄物発生量を抑制するための有効な手段である。

※ 実際には、内装はテナントの入れ替わり等に対応して不定期に改修が行われ、外皮や共用部、設備は20～30年おきに大規模改修という形でまとめて行われることが一般的であるが、BEAT-Bldgにおいては、一般的な修繕・更新周期に基づいて設定された修繕・更新率(年間に修理する割合%)を用いて計算されるため、使用年数を何年で設定しても1年あたりの改修時の廃棄物発生量は一定となる。

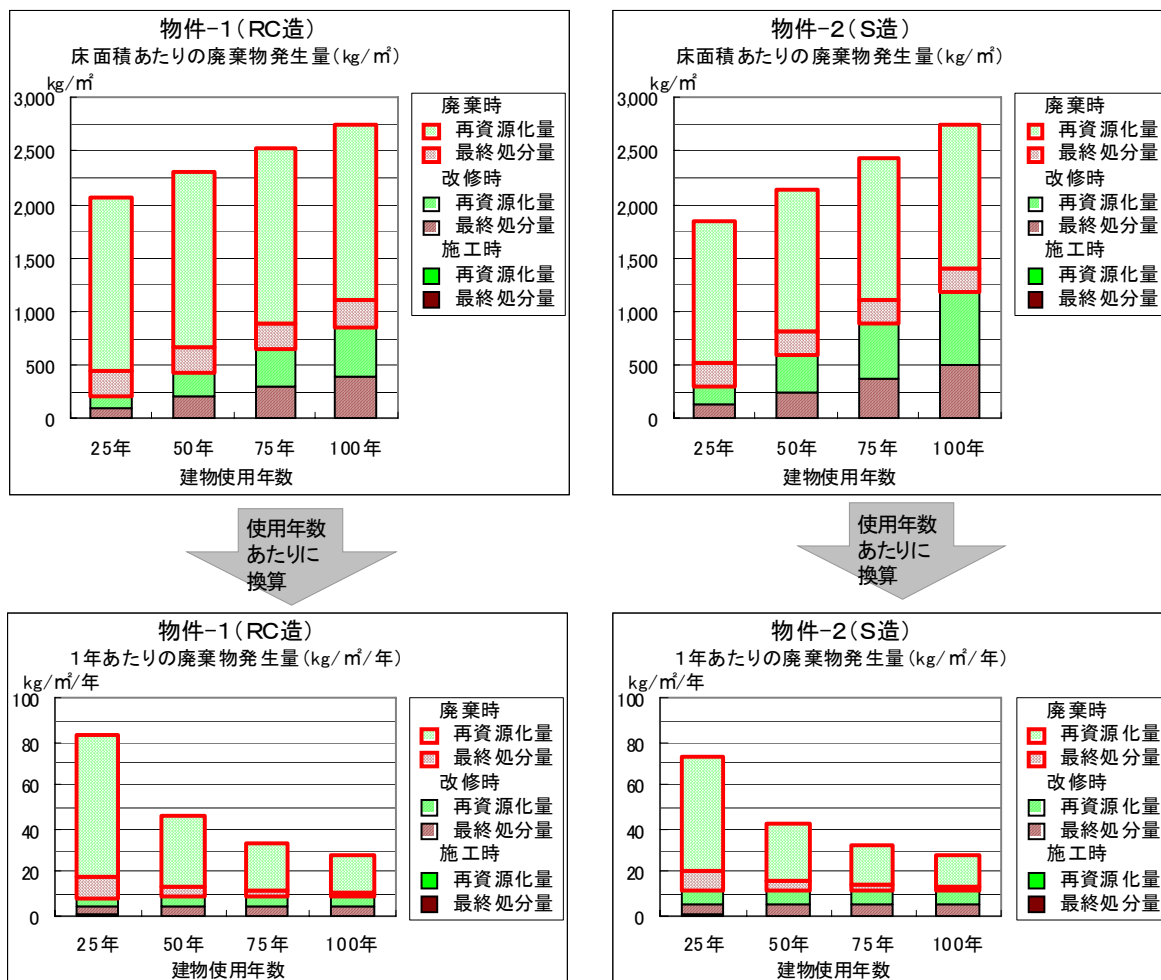


図 3.3.7 建物使用年数の違いによる1年あたりの廃棄物発生量の比較

国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告

PROJECT RESEARCH REPORT of N I L I M

№. 21

February 2008

編集・発行 © 国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写の問い合わせは

〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地

企画部研究評価・推進課 TEL 029-864-2675