

外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発（その53）

## 給水・給湯負荷パターンの検討

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 53)

### A Study on Profile of Water Supply and Hot Water Supply Load for the Program

正会員 長谷川 巖（日建設計） 特別会員 村上 周三（建築研究所）

正会員 大塚 雅之（関東学院大学）

Iwao HASEGAWA \*<sup>1</sup> Shuzo MURAKAMI\*<sup>2</sup> Masayuki OTSUKA \*<sup>3</sup>

\*<sup>1</sup> Nikken Sekkei \*<sup>2</sup> Building Research Institute \*<sup>3</sup> Kanto Gakuin University

This study aims to develop a calculation tool, which is able to simulate overall energy consumption of air-conditioning systems, electric systems and plumbing systems for buildings. This paper describes the method of load calculation of water supply and hot water supply system for BEST sanitary simulation tool which considered to water discharge, frequency of water usage and profile of load proportion. This report aims to construct the data-base for this tool by using some surveying data.

#### はじめに

本研究は、建築物における空調、電気、衛生の各設備システムに関する総合的なエネルギーシミュレーションツール(以下 BEST)の開発と実用化を目的としたものであり、既往の研究で給排水衛生の計算体系と計算法について示している<sup>1)2)</sup>。BESTでは給水・給湯・雨水利用システム計算の開発を行っているがシステム計算を行うための給水・給湯負荷算定を同時に実施している<sup>3)4)5)</sup>。本報では給水・給湯パターンを中心に、BESTの衛生シミュレーションプログラムで用いる給水・給湯負荷算定のためのデータベース体系の構築方法について解説を行う。

#### 1. BEST 衛生プログラムの給水・給湯負荷算定の特徴

##### 1.1 負荷算定概念と特徴

現在負荷算定は、機器容量の算定については日量原単位から算出した時間最大給水・給湯負荷より、配管口径の選定においては SHASE S206 技術要綱等による瞬時給水負荷算定法を用いて計算を行っている。BEST 衛生プログラムはシステムシミュレーションツールでありかつ日量や年間の給水・給湯使用量やエネルギー消費量を算出することを主目的としているため瞬時負荷を扱うものとは現在なっていない。しかし各種用途の建物や時系列的な変動を考慮した負荷算定体系となっていなければ汎用性に乏しいものになってしまうためプログラムにおける給水・給湯負荷算定方法は以下の概念で開発を進めてきた。

- 1) 各種用途の建物の給水・給湯負荷算定に対応
- 2) 既往の文献や研究成果の原単位や負荷パターンを活用出来ること

3) 汎用的な時間負荷をベースとした負荷パターンデータとすること。

4) 衛生器具等製品性能の向上に伴い節水効果などが反映されるようにすること。

5) 実務者自らが更新を行い設計条件や運用条件の根拠となるようにすること。

#### 1.2 負荷算定手法

上記の概念を反映させるため、既往の研究<sup>2)</sup>でも示しているが以下の要素に原単位を分解して負荷算定を行う手法としている。

時刻別給水・給湯負荷 [L/h]

= 人員[人]もしくは器具数 [個]

× 衛生器具毎の1回あたりの吐水量・湯量[L/回]

× 衛生器具毎の一人もしくは器具1日あたりの使用回数[回/日・人]もしくは [回/日・個(器具)]

× 時刻別の使用水量・湯量の1日あたりの比率  
(時刻別負荷パターン比率) [日/h]

～ の合計かつ衛生器具毎の集計結果はこれまで実務者が用いていた日量原単位[L/日・人]となる。このデータは建物や設備諸元による基本的なものであり、収容人員や器具数に水使用に関わる在館率や稼働率等を考慮したものである。人員に関しては男女比率も影響する。

このデータは衛生器具メーカーの器具仕様情報により、節水効果を反映させることが出来る。学会の便覧等に記載されている日量原単位はある程度の幅で提示されているものの昨今の節水器具の導入効果が反映されたものとは言いがたい。このデータは便所・洗面における人の生

理的な水使用行為や飲食店舗や厨房、医療用途における器具使用行為による習慣的な情報に基づくものである。男女比による違いも考慮される。このデータは既往の研究の詳細調査データによりまとめられており活用することが出来る。のデータは建物全体でのデータは多いが、用途別、器具別、男女別のデータはまだほとんどない状態である。しかし最近の研究でも詳細調査データの知見が発表されるようになり<sup>10)~14)</sup>、今後データの蓄積が期待される。次章では某本社ビルにおける衛生器具種類毎の男女別使用回数の時刻別データを解析したので紹介をする。

のデータは のデータの時刻別の発生頻度であり、何時に水使用が発生するかという習慣的な水使用行為を時系列データ（以降時刻別負荷パターン比率）として展開したものである。これまで、給排水衛生システムの機器容量の設計は、受水槽や貯湯槽容量の設計手法に代表されるように日量原単位より算出され時刻別変動を考慮する必要は無かった。しかし深夜電力利用や排熱利用を行う給湯システムや雨水・排水利用システムの運転制御を検討する場合には、時刻別負荷パターンの把握は不可欠となっている。BEST 衛生プログラムでは、この時刻別負荷パターン比率のデータは習慣的な水使用行為として捉え、既往の文献や研究等の統計値から引用し、あらかじめ用意されたデータベースとして構築する考えとしている。

以上これらのデータは、現在のところ既往の文献や研究成果のみではすべてのデータベースがそろっているわけではなく、今後実務者や研究者が実際の建物における給水・給湯負荷データを公表しデータベースを充実させていくことが望まれる。

## 2. ケーススタディー：某本社ビルにおける便所内衛生器具の時刻別使用頻度データの解析

### 2.1 解析対象建物の概要

表 1 に対象建物と解析対象データの概要を示す。対象建物は 2003 年 3 月に竣工した事務所本社ビルである。この建物の代表 1 フロアにおいて男女別便所の衛生器具種類毎のフラッシュバルブについて、開閉信号と流量信号を常時計測している。2008 年 1 月 1 日～2008 年 12 月 31 日までの 1 年間のデータを用い、平日と休日（土、日曜日、祝日）に分けて解析を行った。図 1 に解析対象となる便所・パントリー平面図を示す。

### 2.2 衛生器具別の時刻別使用頻度の解析結果

各器具男女別の時刻別使用頻度（使用回数）のデータから月毎に平日及び休日に分けて解析した。図 2 は男子大便器を例にとり解析をしたものである。平日において

は習慣的な水使用行為が月によらず決まっておりばらつきがないことが分かる。一方休日においては出社時間が

表 1 対象建物と解析対象データの概要

(1) 建物概要	
所在	東京都
規模	延床面積 20,580㎡ 地上14階、地下1階、塔屋1階
用途	本社事務所ビル
(2) 解析対象データ	
解析期間	2008.1.1～12.31(平日237日、休日129日)
解析対象	基準階1フロア 1,433㎡の男子・女子便所、パントリー
収容人員	解析対象フロア 男子113人、女子27人 計140人
衛生器具	男子便所
	大便器：壁掛式サイホン洋風大便器 3箇所
	小便器：壁掛ストール小便器 3箇所
	手洗：自動水栓 3箇所
女子便所	大便器：壁掛式サイホン洋風大便器 3箇所
	手洗：自動水栓 3箇所
パントリー	流し：シングルレバー混合水栓 1箇所
解析データ	衛生器具用途別の1時間毎の使用回数、使用水量 (パントリーは使用水量のみ)

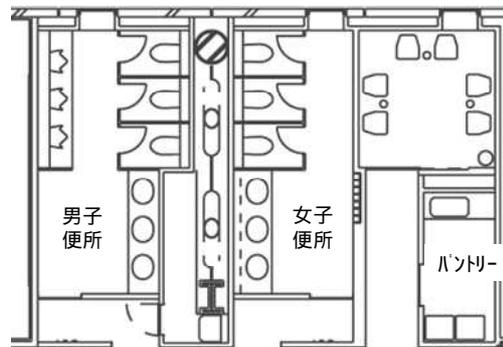


図 1 解析対象の便所・パントリー平面図

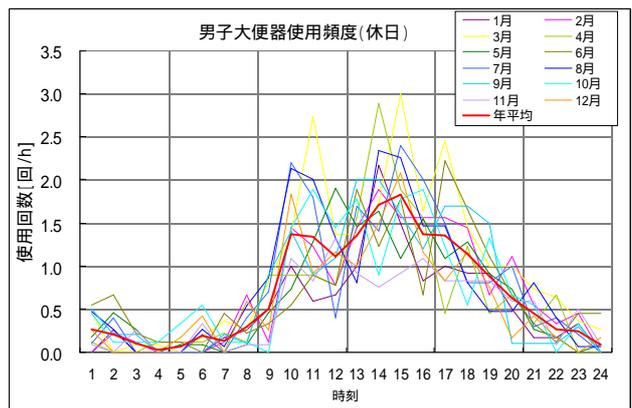
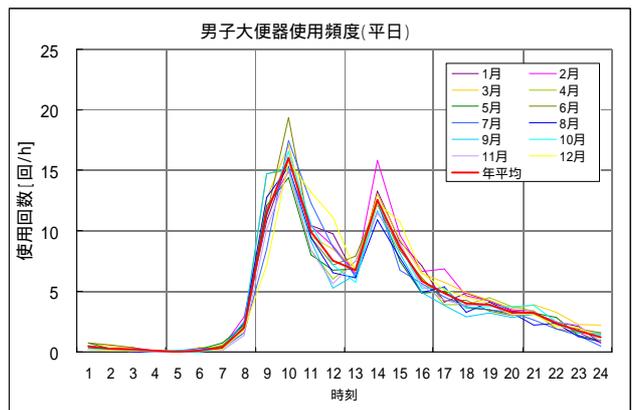


図 2 男子大便器の時刻別使用頻度（平日・休日）

決まっていないためばらつきが見られることより、営業時間や水使用形態が平日と休日で異なる場合には2種類の時刻別負荷パターン比率を用意する必要がある。図3は男女別衛生器具別の使用頻度について1日を100%として時刻別に比率で示したものである。この値は前述の式にあたるものである。男女による差、衛生器具による水使用パターンの違いが分かる。例えば、昼休み時間後における手洗の使用頻度が高いのは歯磨きによるもの、大便器の使用パターンは朝出勤時と昼休み時の両方でピークが発生すること、朝出勤時のパントリーの使用頻度が高いのは洗物等によるものと推察される。以上により、一人一日あたりの平均的な使用回数を衛生器具別に算出した。

次に器具別時刻別の使用水量を解析し、使用水量/使用回数により平均吐水量を算出した。前述の式では、 $\frac{\text{使用水量}}{\text{使用回数}}$  にあたり、大便器で8.4[L/回]、小便器で1.8[L/回]と

なり節水器具としての性能が出ていることが確認出来た。

また便所・手洗のみの生活系の水使用原単位を算出するため器具毎の使用水量原単位[L/日・人]を算出し、合計をすると男女比8:2の本事務所建物のフロアでは、55[L/日・人]となった。このように器具別に積み上げることにより、より正確な原単位データを得ることが可能となる。以上の結果を表2にまとめる。

表2 解析結果のまとめ

	収容人員 [人]	使用回数[回/日・人]		平均吐水量 [L/回] <sup>注2)</sup>	使用水量 [L/日・人]
		平日	休日 <sup>注1)</sup>		
男子大便器	113	0.94	0.75	8.4	7.73
男子小便器		2.33	2.07	1.8	4.08
男子手洗		5.01	2.80	0.4	2.04
女子大便器	27	4.86	4.35	8.0	38.85
女子手洗		9.57	6.50	0.3	0.78
パントリー	140	-	-	-	1.61
合計					55.08

注1) 休日は出勤率を収容人員の20%(男子)、10%(女子)として使用回数を算出した。

注2) 平均吐水量は使用水量/使用回数より、年間平均値にて算出した。

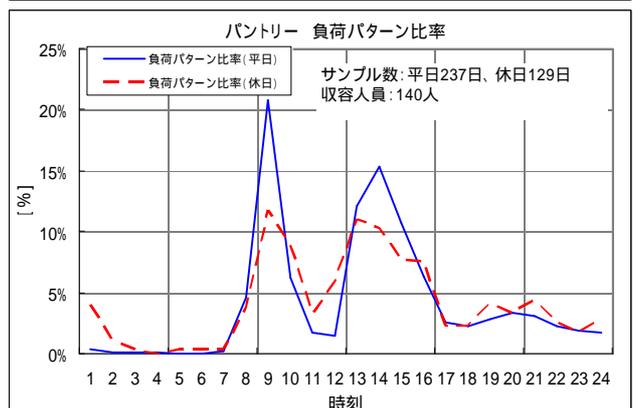
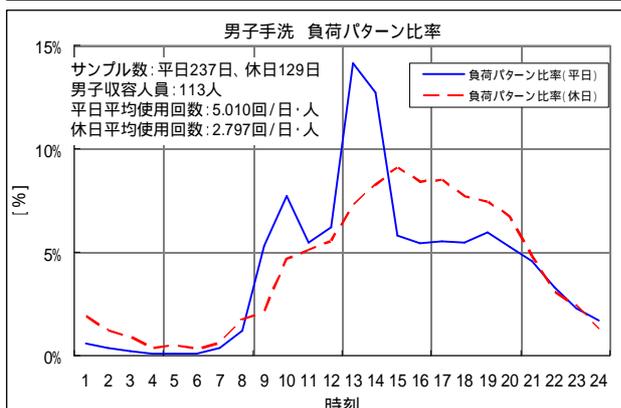
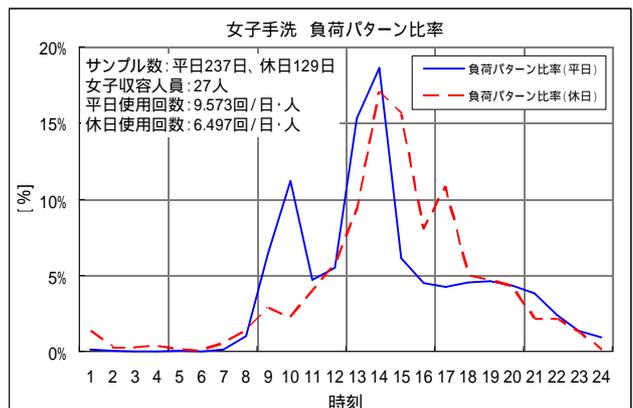
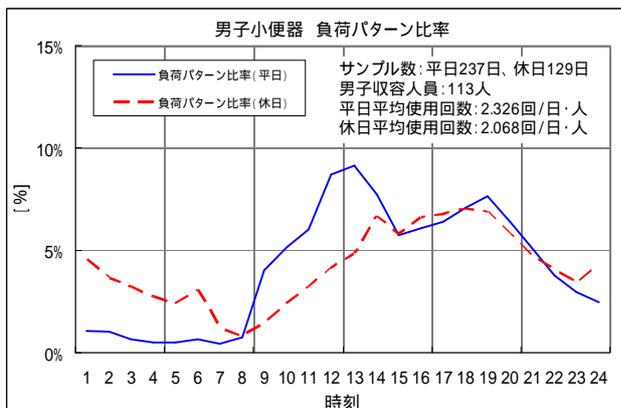
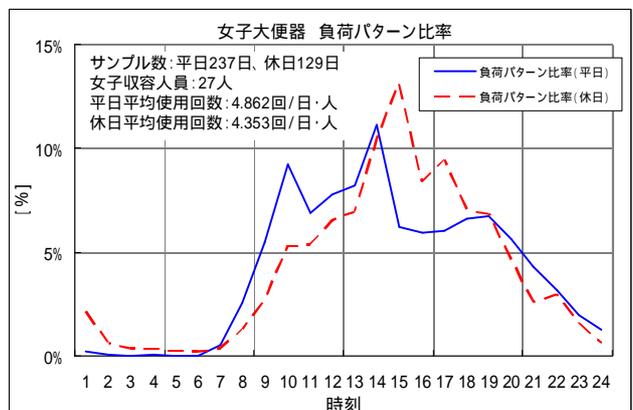
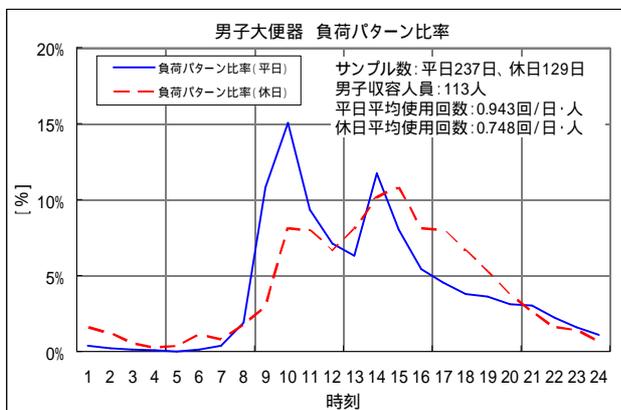


図3 器具別の負荷パターン比率（平日・休日）

表3 BEST 衛生プログラムにおける給水・給湯負荷パターンデータベースの枠組み

水使用用途	衛生器具	人員[人] もしくは 器具数[個]	器具吐水量 [L/回]	水温		水質		一人もしくは器具1日あたりの使用回数[回/日・人]もしくは[回/日・個(器具)] と 時刻別の使用水量・湯量の1日あたりの比率(時刻別負荷パターン比率)[日/h]									
				給水	給湯	上水	雑用 水	事務所	物販店舗	飲食店舗	ホテル	病院	学校	集会場	住宅	駅施設	
男子便所	大便器	人員(男子)			-			10)									14)
	小便器				-			10)									14)
	洗面・手洗					-			10)								
女子便所	大便器	人員(女子)			-			10)									14)
	洗面・手洗					-			10)								14)
湯沸・パントリー	流し	人員															
シャワー浴室 (客室・病室・住宅)	浴槽	人員										11)					
	シャワー											11)					
	便器				-							11)					
	洗面・手洗											11)					
	洗濯・リネン																
キッチン・厨房	流し	器具数															
清掃	流し	器具数															
散水	流し	器具数(面積)															

注1) 表の項目中 - は本文中に記載の時刻別給水・給湯負荷算定式の項目に該当する。  
 注2) 器具吐水量( )はいずれも、標準的な吐出圧力における衛生器具メーカーの製品仕様値で決定される。  
 注3) 水温及び水質に関しては該当する部分に 印を記載した。  
 注4) 各建物用途別に必要となる典型的な使用回数、時刻別負荷パターン比率のデータを 印で示した。  
 注5) 冷却塔補給水や加湿給水など空調用で必要となる水使用は本表には記載していない。  
 注6) 表中の 印の肩に記載の数字は参考文献番号を示し、参考文献に記述されているデータを有効活用出来る。

章弘(竹中工務店)、村江行忠(戸田建設技術研究所)、宮本和弘(東京電力)、協力委員:久野岳人、曾我部伸雄(以上、INAX)、梶田卓司、事務局:野原文男、藤井拓郎(以上、日建設計)、諏佐庄平、生稲清久(以上、建築環境・省エネルギー機構)

3. 給水・給湯負荷パターンデータベースの構築

BEST 衛生プログラムでは、前述の負荷算定手法の基本的な考え方のもと、ケーススタディーで示したような時刻別負荷パターン比率のデータを蓄積しデータベース化を試みている。表3はさまざまな建物用途における、水使用用途と使用される衛生器具、給水給湯負荷と関連の高い人員や器具数情報、器具吐水量、給湯使用や雑用水利用への適用区分、各建物用途に必要な器具別の使用回数、負荷パターン比率のデータ項目についてまとめたものである。今後は既往の研究の文献調査や実測データを元に本表に適応するデータについて同一形式で整理を行い、計画・設計・運用シミュレーションツールと活用されるためのデータベース化を行う予定である。

4. まとめ

本報では、BEST 衛生プログラムで用いる給水・給湯負荷算定のためのデータベース構築を目的とし、原単位データを分解した負荷算定手法の考え方、ケーススタディーによる負荷パターン比率データの解析と作成、さまざまな建物でもシミュレーションが可能な、給水・給湯負荷パターンデータベースの枠組み構築について分析を行った。

[謝辞] 本報は、(財)建築環境・省エネルギー機構内に設置された産官学連携による環境負荷削減のための建築物の総合的なエネルギー消費量算出ツール開発に関する「BEST コンソーシアム」、「BEST 企画委員会(村上周三委員長)」および専門版開発委員会(石野久彌委員長)、行政支援ツール開発委員会(坂本雄三委員長)、クラス構想 WG(石野久彌主査)の活動成果の一部であり、関係各位に謝意を表するものである。衛生設備SWG名簿(順不同)主査:大塚雅之(関東学院大学)、幹事:長谷川巖(日建設計)、委員:小瀬博之(東洋大学)、前真之(東京大学大学院)、飯田芳史(長谷工コーポレーション)、菊池健二(三機工業)、小原直人(ピーエーシー)、穂岡賢悟(西原衛生工業所)、山口幸寛(2008.12 まで草深隆道)(東邦ガス)、久保田祥彰(大成建設)、佐々木真人(日本設計)、武田成司(齊久工業)、土井

【参考文献】

- 1)大塚雅之他:外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その4)給排水衛生システムの計算体系、平成19年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2007/9
- 2)長谷川巖他:外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その5)給排水衛生システムの計算法、平成19年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2007/9
- 3)大塚雅之他:外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その36)給水プログラムの概要、平成20年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2008/8
- 4)前真之他:外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その37)給湯プログラムの概要、平成20年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2008/8
- 5)小瀬博之他:外皮・躯体と設備・機器の総合エネルギーシミュレーションツール「BEST」の開発(その38)雨水利用プログラムの概要、平成20年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2008/8
- 6)紀谷文樹、村川三郎、給水設備の負荷設計
- 7)小坂信二他、給水使用量の新しい計算方法の提案(水負荷計算法)第1報~第8報、空気調和衛生工学会学術講演梗概集(2001.9~2005.8)
- 8)空気調和・衛生工学会編:負荷変動に対応した機器設計法の提案 2001年3月
- 9)空気調和・衛生工学会編:水使用行為を基にした使用水量計算法(新しい設計給水量原単位の提案)2003年3月
- 10)山根裕子、村川三郎他:事務所ビルにおける水使用行為の解析、時系列的な水使用行為解析に基づく給水・給湯負荷算定法に関する研究(第2報)、日本建築学会環境系論文集、2005/7
- 11)田中篤、村川三郎他:シティホテル客室における宿泊者の湯・水使用行為の解析、日本建築学会環境系論文集、2007/1
- 12)高田宏、村川三郎他:飲食店舗における給水負荷算定法に関する研究、第2報-レストラン等の水使用解析に基づく給水負荷の算定、空気調和衛生工学会論文集、2005/1
- 13)高田宏、村川三郎他:飲食店舗における給水負荷算定法に関する研究、第3報-大量調理型厨房の水使用解析に基づく給水負荷の算定、空気調和衛生工学会論文集、2006/1
- 14)越川康夫、村川三郎他:駅舎トイレを対象とした雨水利用システムに関する研究、日本建築学会計画系論文集、2000/12