

## 各種給水負荷算定法の検証

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2018-11-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 呉, 光正 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10291/19701">http://hdl.handle.net/10291/19701</a>

# 2016年度 理工学研究科 博士学位請求論文（要旨）

## 各種給水負荷算定法の検証

(Examinations of Various Water Supply Load Calculation Methods)

学位請求者 建築学専攻  
吳 光正

### 内容の要旨

#### 1. 本研究の問題意識と目的

給水システムの設計では、日・時・分・秒あたりの給水負荷により、ポンプ・水槽などの機器容量または管径を決定する。現在、給水システムの負荷算定法は、主として、国土交通省設備設計基準（以下、設計基準という）と空気調和・衛生工学会規格 SHASE-S 206-2009（以下 SHASE-S 206 という）が用いられている。それらの算定方法（以下、従来算定法という）は、1970年代から1980年代に規定され、二項分布などの固定的な確率分布に基づいている。そこで、衛生器具の急速な節水化が進んでいる現代において、従来算定法は、節水化による器具負荷特性が反映されていないことにより、過大算定になるおそれがある。省エネルギー性やコスト削減などの観点から、節水化に対応した従来算定法の見直しが求められている。

一方で、現状の器具負荷特性を取り入れた高精度の給水負荷算定法として、モンテカルロ法を適用して水使用状況をダイナミックに算定することを可能にしたシミュレーションツール：MSWC (Murakawa's Simulation for Water Consumption)が村川らによって提案された。この算定法は、給水システムの最大給水負荷（時間・日あたりの最大給水負荷）の算出のみ限定されず、水利用者の使用頻度・使用時間などの時系列的な器具利用行為に応じた流量変動を算出することができるため、ポンプの消費電力量などの二次的な要素の算出することも可能となる。

本研究は、現代の節水型衛生器具による給水負荷の実態を明らかにし、MSWCの開発および給水設備の計画設計に資する基礎的データを蓄積することを目的として、事務所ビルを対象に使用水量の実測を行った。そして、実測により求めた日給水量（以下、 $Q_{day}$  という）と瞬時最大給水量（以下、 $Q_{max}$  という）を用いて、設計基準の2種類の算定法と SHASE-S 206 の4種類の算定法に

よる給水負荷算定の精度、および MSWC による給水負荷算定法の適用性を検証した。また、在室人員を把握するため、衛生器具の利用回数による人員の逆算や、ITVカメラ・数取り器から人員の測定およびアンケート調査による人員の測定を行った。

MSWC を用いて、給水ポンプの消費電力量を算定することを目的とし、事務所ビルの給水量、揚程の実測データを用いて、給水ポンプの消費電力量を算定し、実測値と比較した。

また、現在の非住宅建物で汎用されている、フラッシュバルブ式大便器の瞬間給水負荷（秒間値）が給水システムに大きな給水負荷を与えることが既知である。そこで、省エネルギーとコスト削減することを目的として、小型高置水槽を設けた新たな給水方式の提案とし、その有用性を検討した。

#### 2. 本研究の構成ならびに各章の要約

本研究は、次のような構成となっている。

- ① 各種給水負荷算定法の概要
- ② 実測による給水負荷算定法の評価
- ③ 実測した流量によるポンプ消費電力の計算
- ④ 新たな給水方式の検討

第1章では、本研究の背景、目的について述べた。また、論文の構成および各章の研究概要について、簡潔に記述した。

第2章では、各種給水負荷算定法についてまとめた。特に、本研究で採用する MSWC に関しては、理論体系に係わる基本事項について述べた。また、本論文で用いた専門用語の定義を示した。従来算定法とその略称を表1に、MSWCによる事務所ビルの給水負荷の算定例を図1に示す。

第3章では、各給水負荷算定法を評価することを目的

表1 従来給水負荷算定法の略称

算定方法		略称	算出可能な給水負荷
設計基準法	人員に基づく算定法	人員法	Qday Qmax
	衛生器具に基づく算定法	器具法	
SHASE 法	水使用時間率と器具給水単位による方法	器具給水単位	Qmax
	新給水負荷単位による方法	新給水負荷単位	
	器具利用から算定する方法	器具利用	
	器具給水負荷単位による方法	器具給水負荷単位	

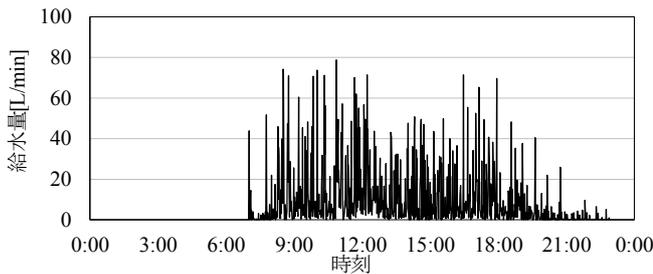


図1 MSWCによる事務所ビルの給水負荷 (Qmax) 変動の算定

として、Aビル、Kビル、Tビルの3つの事務所ビルで実測した給水負荷との比較を行った。各ビルの概要を表2に示す。また、MSWCによる算定においては、在室人員数について、慣用値と実測・計算値を用いた。各従来算定法は実給水負荷に対して2.2~19.0倍の過大算定になっているのに対し、MSWCは0.9~1.5倍になっており、MSWCによる予測が高精度であることを確認した。

表2 建物概要

建物名称	Aビル	Kビル	Tビル
所在地	東京都		
建物用途	事務所	テナントビル	事務所
延べ床面積[m <sup>2</sup> ]	3755.01	15000	2384.4
規模	地上8階	地下1階 地上11階	地下1階 地上6階
給水方式	直結増圧方式	高置水槽方式 低層階：重力方式 高層階：加圧給水方式	直結増圧方式

①Aビルの在室人員は、ITVカメラによる測定（全階）および、衛生器具の使用回数による逆算（8階）により把握した。MSWCによるQmaxの算定値は実測値の1.3倍となり、実際の給水負荷とほぼ同程度の値が算定できることが確認された。一方、従来算定法によるQdayの算定値は実測値より最大10倍ほど大きくなり、給水負荷を過大に算定していることが確認された。これは、Aビルでは4.8L式の節水型大便器を導入されているためと考えられる。

②Kビルの在室人員は、テナントビルの入り口において、

数取り器によるの人員計測（全階）および、男子トイレの大便器の扉の開閉回数による逆算（10階・11階）により把握した。10・11階における算定人員によるMSWCの算定結果は、高い精度になった。また、在室人員による全階のMSWCの結果は、飲食店の使用水量を含めると、実測値に近似した。これは、正確な人員数の把握することにより、MSWCの給水負荷算定の精度は大きく影響を与えるためと考えられる。

③Tビルの在室人員は、各測定日における30分ごとの利用者の在室状況をアンケート調査により把握した。また、アンケートの精度を検証するため、ITVカメラ映像による調査も行った。人員変動の傾向はアンケートとITVカメラは同様であった。しかし、女性の最大利用者数については、3日間を通して、ITVカメラによる人数はアンケートの人数の約1.3倍となった。これは、アンケートに反映されていない外部からの利用者があったためであると考えられる。計測した人員におけるMSWCの算定値は実測値に最も近似した。従来算定法は給水負荷を過大に算定していることが確認された。また、Tビルの従来算定法による算定について、実測値を基に設計基準の2種（人員法・器具法）の原単位を修正した算定（以下、実原単位値という）も行った。その結果、実原単位値のQdayとQmaxは従来原単位による結果と比べて、実測値に近似した。

第4章では、MSWCを用いて、給水ポンプの消費電力量を算定することを目的として、第3章に述べたTビルで実測した流量をもとにポンプの1日当たりの消費電力量を算定した。その結果を消費電力量の実測値と比較した。ポンプの吐出圧力を逆流防止弁による揚程損失を加えて、水道本管による吸込み圧力を減らした結果は実揚程になることより、関数化した給水ポンプの性能曲線に実揚程を代入して、ポンプの運転時消費電力量を算出した。また、既知の単位時間当たり（秒ごと）の待機消費電力量ポンプ待機電力に待機時間を乗じ、ポンプの総待機消費電力量を算出した。図3に示すように、算定した1日当たりの消費電力量は2.69kWh/dとなり、実測値



図3 消費電力量の実測値と算定値の比較

の 2.89 kWh/d より -7% 程度の差異が生じた。

第 5 章では、フラッシュバルブ式大便器に対応する省エネルギー式給水システム（以下、本システムという）を提案した。建物の用途によっては、高置水槽給水方式及び直結増圧給水方式が一般的に汎用されている。高置水槽給水方式について、給水ポンプが頻繁に作動せず、省エネルギー性に満たしているが、建築物環境衛生管理基準による一定の期間による清掃が必要となることと共に、水槽の導入によりコストも上昇する。直結増圧給水方式について、衛生の観点から掃除は必要ではないが、設置圧力の維持や水利用のピーク時間帯の最大給水負荷を負担するため、ポンプが頻繁に作動することにより、余分な電力が消費されている。そこで、衛生性と省エネルギー性に優れた本システムを提案した。

直結増圧方式給水システムに図 4 のような  $1\text{ m}^3$  の小型高置水槽を加えて、ピーク時の最大給水負荷を水槽で分担することに想定した。新築建物に対して、最上階はインバーターポンプの揚水管待端を分岐し、高置水槽とその 2 階の給水系統への給水ができるようにする。改築建物に対して、すべて高置水槽で給水する（図 5）。また、高置水槽の給水パターンについて、水位が安全水位に到達するとき、ポンプが作動せず、水槽からシステムに水を供給する。水位が起動水位まで低減した瞬間から、水位が安全水位に到達するまで、省エネモードに設置したポンプは安定な給水量で継続的に運転して水を補給する。本システムの省エネルギー性を検討するため、第 4 章のデータを用いて、給水流量を基に水槽の水位変化をシミュレートし、給水ポンプの消費電力量を算出した。その結果、シミュレートによる消費電力量は実測値より 61% 削減された。T ビルの給水系統図を図 6 に示す。

第 6 章では、以上の検討より得られた知見を総括し、今後の課題をまとめた。

- ①設計基準による算定を行う際に、従来の定められている給水原単位を用いると、過大に算定される。そこで、節水型器具に応じた給水原単位を用いることにより、実給水量に近い値を算定することが可能になることが確認された。
- ②MSWC による給水負荷算定では、各階ごとの算定および全階の算定において、実測値に近似した。Qday, Qmax において、従来の負荷算定法と比較し、実在室人員を用いた場合は実測値の 1.0 倍に近似した結果が多くみられ、高精度であることを確認した。
- ③アンケート調査による人員測定の値は、ITV カメラによる測定値と比べて、全階の人員変動だけではなく、

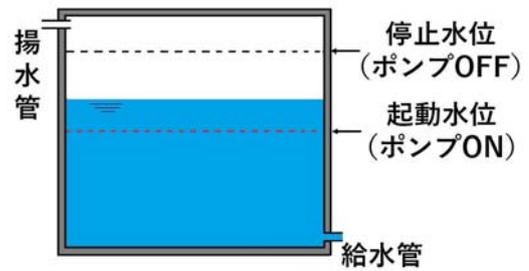


図4 小型高置水槽の構成

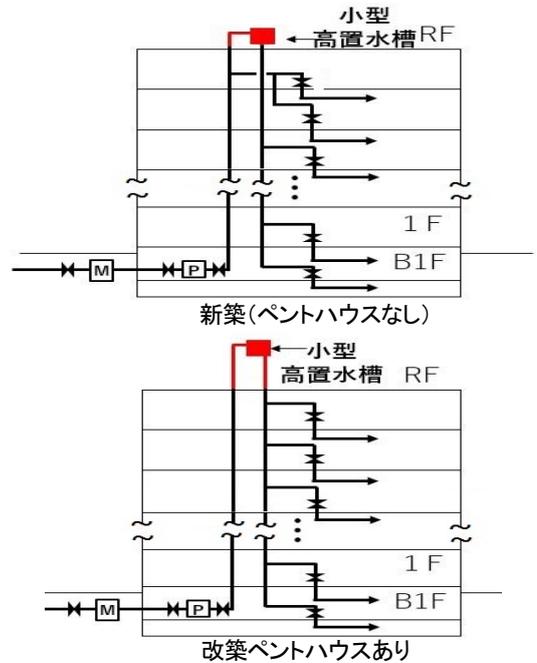


図5 小型高置水槽を用いた給水系統図

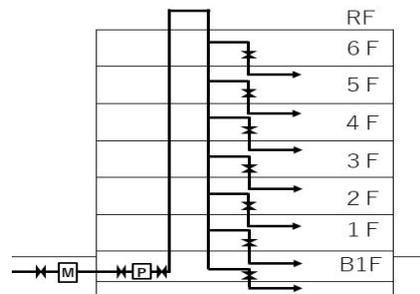


図6 Tビルの給水系統図

各階の人員変動の把握することも可能であることが確認された。また、アンケート調査による人員数を用いた MSWC の算定結果は実測値に最も近似していたことにより、今後の研究ではアンケート調査による人員測定を導入すると考えられる。

- ④消費電力量を関数化したポンプの性能曲線値による算定が可能であることが確認された。また、消費電力量の算定による差異の原因を検討し、精度の高い算定方法を作成し、MSWC に導入する予定である。
- ⑤小型高置水槽を加えた直結増圧式給水システムの節電効果が確認された。今後はこの給水システムを試作して、その性能を評価する予定である。