

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87）
給水プログラムを用いた給水滞留時間の検討

Development of an Integrated Energy Simulation Tool for Buildings and MEP Systems, the BEST (Part 87)

A Study of Supply Water Tank Retention time by Water Supply System Program

技術フェロー 長谷川 巖（日建設計） 特別会員 村上 周三（建築研究所）

技術フェロー 大塚 雅之（関東学院大学）

Iwao HASEGAWA *¹ Shuzo MURAKAMI*² Masayuki OTSUKA *³

*¹ Nikken Sekkei *² Building Research Institute *³ Kanto Gakuin University

In recently despite of the sanitary water conservation movement, the water consumption per unit for design hasn't been changed. This study aims to analyze a point of view the loss of water quality for reason of unbalanced design between water tank size and water consumption. This paper describes the design method for water facilities capacity depend on proper water demand load for using BEST sanitary simulation tool.

はじめに

近年、節水機器の普及により給水原単位の見直しが検討されている。本学会の便覧にも記載されている一般事務所ビルの一入1日あたりの給水原単位60~100L/人・日は、末端給水栓における遊離残留塩素の確保が難しい場合があると懸念されている¹⁾。本研究では、まず給水原単位を衛生器具の吐水量の変遷や男女比から分析するとともに、水使用量と比較して有効容量の大きい受水槽を採用した場合の給水滞留時間について BEST 給水プログラムを用いて分析するとともに、給水負荷が集中する場合の水槽容量への影響について考察を行った。

1. 給水原単位の比較分析

1.1 器具吐水量の変遷と給水原単位の検討

大便器の1回あたりの洗浄水量は、1970年頃で20L/回、その後13L/回、10L/回と削減され、8L/回が標準となっている。今後は6L/回以下になると予想される。小便器や洗面器も節水化が図られていることから、給水原単位はパントリーや掃除用を含み、標準では約43L/人・日程度になっていると予想される。表1、図1は器具吐水量と一般的な事務所ビルにおける使用頻度から算出した給水原単位の変遷を男女比が6:4の場合で算出したものである。使用頻度が極端に多くない限り、給水原単位80L/人・日は1970年代の値であり、現在の使用器具による給水原単位約43L/人・日の約2倍である。また今後さらなる節水器具が普及すると約20L/人・日まで減る可能性がある。なお使用頻度は文献²⁾の実測調査によるものであるが、外出率等を含んだ値であるため、女子に比べ男子の使用頻度が少ない値となっている。

1.2 男女比による給水原単位の検討

図2に図1の標準ビルに相当する仕様で、男女比の違いによる給水原単位を算出した。男子100%の場合には約30L/人・日に対し、女子100%の場合は約60L/人・日と2倍となる。コールセンターなど女性の多い事務所での計画では注意が必要である。

以上より給水原単位の設定においては、使用する器具の吐水量、男女比によって大きく変わるため、器具用途ごとに積み上げて原単位を確認する必要があると考える。

表 - 1 器具給水吐水量からの給水原単位の算出

器具用途	男子大便器	男子小便器	男子洗面器	女子大便器	女子洗面器	パントリー ³⁾	掃除 ⁴⁾	合計
使用頻度 [回/日・人] ¹⁾	0.94	2.33	5.01	4.86	9.57			
器具吐水量 ²⁾	[L/回]							
1)1970年代ビル	20.0	6.0	3.0	20.0	3.0	1.6	4.7	85.4
2)1980年代ビル	13.0	5.0	3.0	13.0	3.0	1.6	3.3	65.0
3)1990年代ビル	10.0	4.5	2.5	10.0	2.5	1.6	2.7	52.7
4)標準ビル	8.0	4.0	2.0	8.0	2.0	1.6	2.2	43.1
5)節水ビル	6.0	2.0	1.0	6.0	1.0	1.6	1.4	27.7
6)超節水ビル	4.8	1.5	0.5	4.8	0.5	1.6	1.1	20.2

注1)使用頻度は文献2)による。

注2)各年代の器具吐水量は文献3)を参考に作成。

注3)パントリーの使用原単位は文献2)より人数あたりで作成

注4)掃除用給水量は、各器具の吐水量を器具個数分3回流したものと試算。便所の床洗いは無しとした。

注5)男女比は6:4とした。

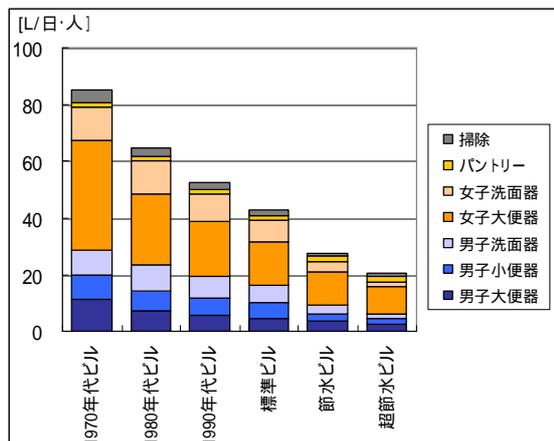


図 - 1 器具給水吐水量の変遷と給水原単位の分析

2. 受水槽における給水滞留時間のシミュレーション

2.1 検討概要

実際の給水使用量が計画したものより少なく、有効容量の大きい受水槽で運用した場合の給水滞留時間についてBEST給水プログラムを用いて分析した。給水システムは一般的な高置水槽がある重力式給水システムとした。表2に2つの検討ケースの設備容量の諸元を示す。ケース1は給水原単位80L/日・人で設備容量を決定した場合、ケース2は給水原単位45L/日・人で設備容量を決定した場合で、いずれのケースも運用後の日使用水量は45m³/日(45L/日・人相当)とした。図3に検討に用いた平日の時刻別給水負荷パターンを示す。ここではケース1、2ともにAパターンを用いており、Bパターンは後述する検討で利用している。Aパターンの給水負荷パターンは、文献²⁾で調査を行った事務所ビルのものであり、時間最大負荷が日使用水量の12%程度である。

2.2 シミュレーション結果

上記の諸元を用いて、給水負荷に応じた、受水槽の水位変動、受水槽への補給水、受水槽から高置水槽への揚水流量、高置水槽の水位変動を5分間毎に、平日9日、休日2日間、計11日間の連続シミュレーションを行った。このとき、受水槽及び高置水槽の給水開始水位、給水停止水位は、それぞれ有効容量の0%、100%で設定した。図4にケース1でAパターンの場合のシミュレーション結果を示す。シミュレーション開始は受水槽が満水の状態で行われ、その後平日は約1日以上ごとに、休日は約2日ごとに受水槽へ補給されている。休日も含めた受水槽の水の入替回数は、約0.64回/日である。受水槽から高置水槽への補給水は、平日に1日に約5回、休日は2日で約1回の頻度で補給されている。受水槽内の水の滞留時間を、前回の受水槽への給水完了時刻から今回の給水開始時刻までとすると、その平均時間は約33時間となった。このように日使用水量に対して、受水槽の有効容量が大きいと、受水槽の水の入替頻度が少なくなり、滞留時間も長くなる。

次に、給水原単位を見直した設備容量で検討したケース2でAパターンの場合の結果を図5に示す。今度は、水の入替回数は約0.82回/日であり、受水槽内の水の滞留時間は、平均約22時間となり、平日では1日1回必ず水の入替が行われる結果となった。

一般に計画時の水使用量と運用時の水使用量が異なる理由として、原単位設定の違いや竣工直後の入居率が少ないテナントビルなどで生じる。表3はケース1、2それぞれで受水槽及び高置水槽の有効容量を給水開始水位と給水停止水位を調整した条件で、受水槽の入替回数と平均滞留時間を算出したものである。水使用量に対して水槽有効容量の大きいケース1の80%有効容量は、ケ

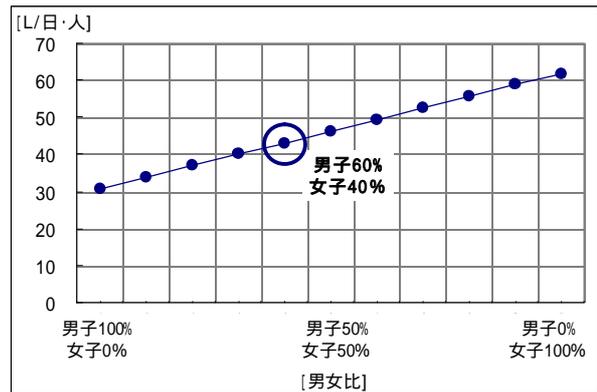


図 - 2 男女比による給水原単位の分析

表 - 2 検討ケースの設備容量諸元

	ケース1	ケース2
人員	100[人]	
男女比	男:女 = 6:4	
設計時の給水原単位と日使用水量	80[L/日・人] 8[m ³ /日]	45[L/日・人] 4.5[m ³ /日]
受水槽容量 (日使用水量の5/10)	4[m ³]	2.25[m ³]
高置水槽容量 (日使用水量の1/10)	0.8[m ³]	0.45[m ³]
揚水ポンプ水量 (日使用水量の1.5/10)	20[L/min]	11.3[L/min]
運用時の日使用水量	4.5[m ³ /日]	

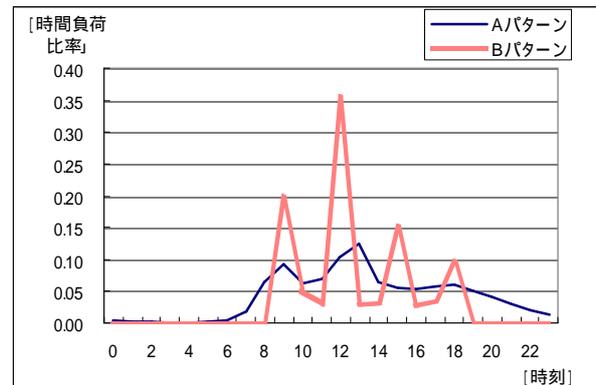


図 - 3 検討ケースの時刻別給水負荷パターン(平日)

表 - 3 有効容量別の受水槽入替回数と平均滞留時間

	ケース1	ケース2
100%有効容量	0.64	0.82
	33.0	22.8
80%有効容量	0.82	1.00
	25.3	18.5
60%有効容量	1.00	1.45
	20.5	12.9
50%有効容量	1.27	1.73
	16.4	10.9

上段: 受水槽の入替回数[回/日]、下段: 平均滞留時間[h]

ケース2の100%有効容量に相当する結果となった。このようにBEST給水プログラムでは、電極棒等による水位調整で受水槽の入替回数や平均滞留時間を改善するシミュレーションを行うことも出来る。

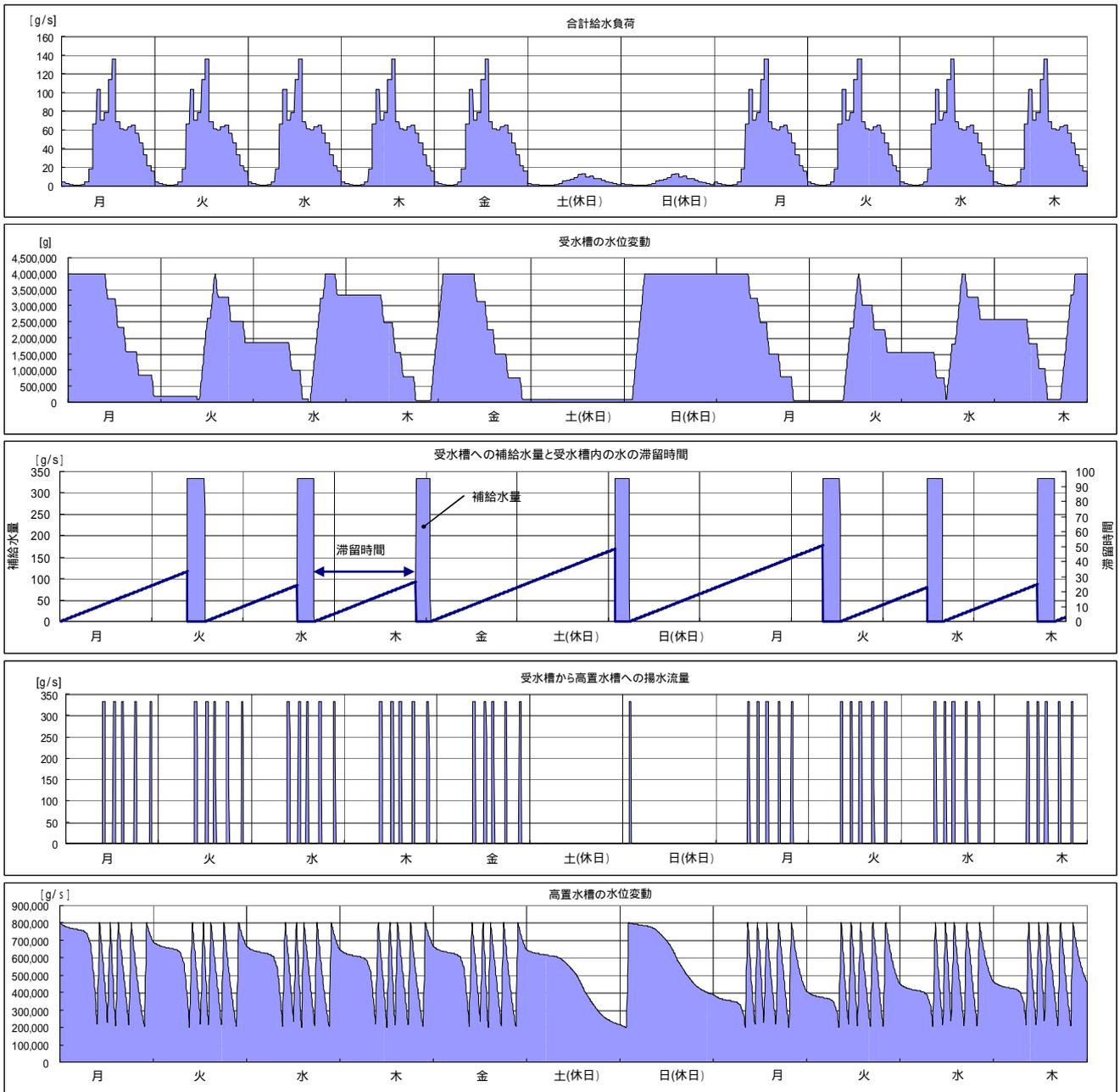


図 - 4 受水槽の給水滞留時間のシミュレーション結果 (検討ケース1でA負荷パターンの場合)

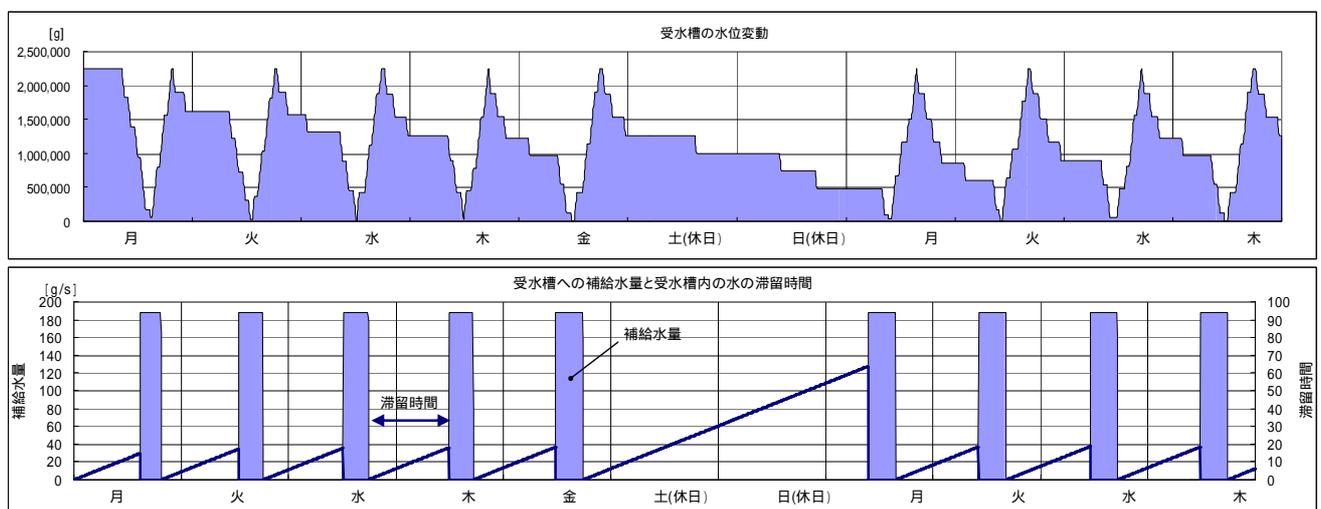


図 - 5 受水槽の給水滞留時間のシミュレーション結果 (検討ケース2でA負荷パターンの場合)

3. 時間最大負荷の違いによる水槽容量への影響の検討

3.1 検討概要

同じ水使用量であっても、一般事務室と貸し会議室やホールのように決まった時間に集中的に水使用が発生する時間最大負荷の大きな建物では、水槽や揚水ポンプ容量への影響が考えられる。計画時の日使用水量と運用時の日使用水量が同じでも水槽容量等が不足する事例を検討した。図3に示したように時間最大負荷が日使用水量の35%程度もあるBパターンで、設備容量をケース2の設定で検討を行った。

3.2 シミュレーション結果

図6、図7はシミュレーション期間中のうちの1日の、受水槽と高置水槽の水位変動、合計給水負荷、受水槽補給水量、揚水量を示したものである。図6では時間最大負荷時に高置水槽容量が不足する結果となった。時間最大負荷時の継続時間が長い場合には受水槽容量にも影響する可能性がある。この容量不足を改善するために、いくつかシミュレーションを行い、各種設備容量の変更を行った。図7では容量を変えた場合の検討結果である。高置水槽容量を0.45m³から0.9m³の2倍（時間平均負荷の2倍：2/10）に、揚水ポンプと受水槽への補給水量を時間平均負荷の1.5倍（1.5/10）の11.3L/minから時間平均負荷の2倍（2/10）の15L/minに、高置水槽への補給水開始水位を有効容量の50%からとし受水槽からの補給がすぐに行われるようにした。なお受水槽容量は変えていない。結果、受水槽からの揚水量が増え、高置水槽容量も増えたため、容量不足とはならなくなった。このようなシミュレーションを行うことで、水質確保と負荷パターンへの追従の観点双方から適正な機器容量を

計画することが出来る。

4. まとめ

本研究では、遊離残留塩素の確保という水質の観点から給水滞留時間をシミュレーションにより分析した。また適正な給水量設定や機器容量の算定は、採用する衛生器具の器具吐水量と使用頻度から日使用水量を算出すること、給水負荷パターンを建物特性から想定すること、給水滞留時間の観点から機器容量を検討し、どの程度余裕があるかを確認することが重要であることを示した。

【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)、櫻岡賢悟(西原衛生工業所)、山口幸寛(2008.7.12 まで草深隆道)、北本都美(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(育久工業)、土井章弘(竹中工務店)、村江行忠、鈴木孝彦(戸田建設技術研究所)、宮本和弘(東京電力)、澤田佳也(中部電力)、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)

参考文献

- 1)佐藤弘和:大規模ビルにおける水使用量の実態調査、平成17年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2005/8
- 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53)給水・給湯負荷パターンの検討、平成21年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集、2009/8
- 3)TOTO 及び LIXIL 資料より編集作成

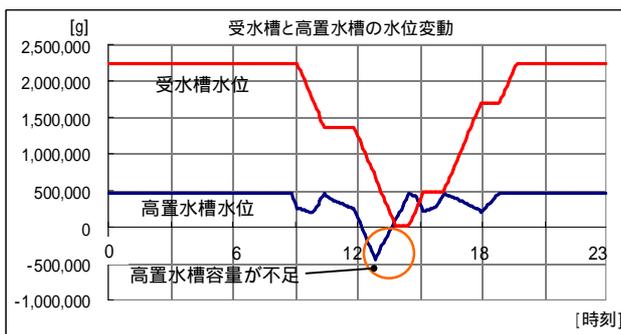


図 - 6 時間最大負荷が大きい場合の水位変動(改善前)

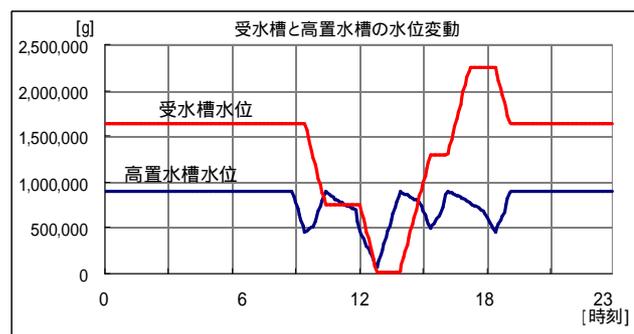


図 - 7 時間最大負荷が大きい場合の水位変動(改善後)

