

電力負荷平準化と BCP のための 高性能蓄熱式空調システムの開発



研究ノート

相 良 和 伸*

Development of High Performance Thermal Storage Air-conditioning System for
Electric Power Load Leveling and BCP

Key Words : CFD, Diffuser, Water, Buoyancy, Stratification

1. はじめに

一時期盛んに流されていたエコアイスのテレビコマーシャルを覚えておられるだろうか？ これは蓄熱式空調システムの一つで、社会的には環境負荷の低減、利用者サイドとしては経費節減、エネルギー問題としては電力負荷平準化というメリットを持つ空調システムであり、これまで、政府及び各電力会社が普及促進を図ってきたものである。

蓄熱式空調システムは、夜間の安い電力で作った冷水や氷を貯めておいて日中の冷房に使うものであり、身近なエアコンの場合でいえば、室内機と室外機の間に水槽を設けたようなシステム構成である（図1）。電力料金低減だけでなく、工夫次第で省エネルギーや柔軟な運転制御が可能となることから、もっと普及しても良さそうなものであるが、それなりにイニシャルコストがかかるために、そこそこの普及にとどまっていた。

それが、東日本大震災後の原子力発電所の稼働抑制のために電力ピークデマンド低減（節電）が必要となる中で、電力負荷を平準化できる効果が見直されるとともに、BCP（Business Continuity Planning, 事業継続計画）が重要視されてくる中で、災害時に消火用やトイレ洗浄水などの生活用に使うことができる大量の水を貯蔵している水蓄熱システムが再び注目されつつある。

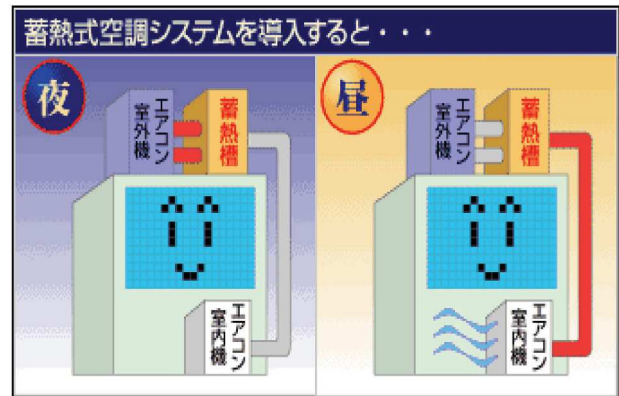


図1 夜に冷水を作って日中の冷房に使う蓄熱式空調システム

2. 水蓄熱の高性能化を目指して

水は、低価格で容易に入手でき、比熱が大きく、化学的に安定であり、毒性・腐食性が少ないだけでなく、もともと空調システムの熱搬送媒体として利用されていることから蓄熱媒体として大変優れた性質を持っている。顕熱による蓄熱媒体としては水以上に優れた媒体はないことから、筆者は、細々とはあるが、この水蓄熱システムの高性能化に取り組んできた。

水蓄熱システムの中でも高性能が期待される温度成層型蓄熱槽では、低温水と高温水をその密度差で上下に分離して貯蔵するものであり、できるだけ混合しないようにディフューザーを介して水を出し入れしている。ディフューザーが大きいほど流入流速が小さくなるので都合が良いが、それにはコストがかかるために、コストと性能を睨んだ最適設計が求められる。そこで、筆者らは、系統的に実験を実施し、主要設計パラメータと蓄熱性能との関係を見出し、関連学会発行の便覧¹⁾などに掲載するなど、設計資料として整備してきた。また、最近では、大規模な東京の総合医療センターや中之島の高層オフィスビル（図2）の水蓄熱システムの設計のお手伝



* Kazunobu SAGARA

1951年6月生

京都大学大学院工学研究科建築学専攻修士課程（1976年）

現在、大阪大学大学院 工学研究科 地球総合工学専攻 建築工学部門 教授
工学博士 建築設備、空調システム

TEL : 06-6879-7566

FAX : 06-6879-7646

E-mail : sagara@arch.eng.osaka-u.ac.jp



図2 大規模な水蓄熱システムを持つ総合医療センターと高層オフィスビル

いもさせていただいている。

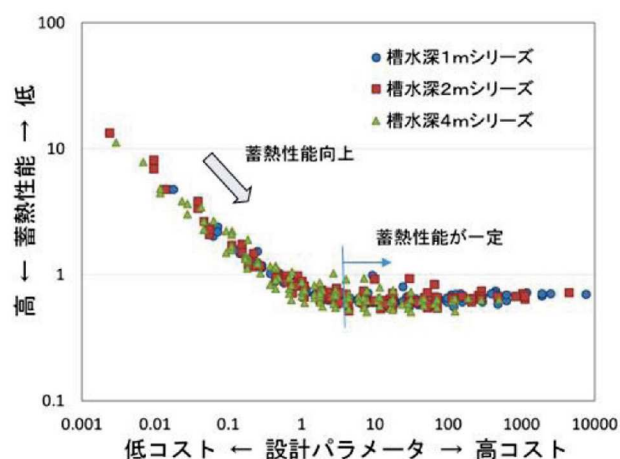
3. 趣味のCFD

最近になって、パソコン程度でも十分な精度と時間でCFD (Computational Fluid Dynamics, 数値流体解析) を利用することができるようになっており、昔やっていた実験と同規模の縮尺模型槽から実規模の大型システムの蓄熱槽まで、槽内の流れの様子や温度分布の推移などの解析ができるようになってきた。どんなものか自分でもやってみようと、遊び半分で触り始めたところ、自在に条件を変えて様々な試行ができるので、これがなかなかおもしろく、それ以降、限られた時間ではあるが、趣味のCFDと称して色々自分で試してみている。

温度成層型蓄熱槽についても、ディフューザーの高性能化を目指して様々な条件で試行錯誤している内に、蓄熱性能向上には限界が存在するらしいということに気が付き始めた。槽内が混合しないようにできるだけゆっくりと流入するようにディフューザーサイズを大きくする、もしくは流入流量を小さくするというをやっても、混合の程度が変わらないのである。ただか 10K 程度の温度差ではあるが、浮力による効果で、流入口で逆流が発生してかえって混合が起きやすくなっていることが分かってきた。理論的にもある程度その状況を説明することができ、浮力の効果で高温水と低温水の混合を抑制していたつもりが、逆に、浮力のために混合が促進されることになるとは、何でもやってみなければ分からないものである。手軽に様々な条件で実験 (?) が行え

る CFD ならではある。

最近になって、先にも述べたように、中之島の高層オフィスビルで大規模な水蓄熱システムが採用されることになり、低コストで装備可能な高性能ディフューザーの開発研究をする機会に恵まれた。今回は、これまで主流だった水平流入方式をやめて、低コストで実装できるということで鉛直流入方式を提案したが、その蓄熱性能については体系的な研究がほとんどなされてこなかったものであり、CFD を活用して様々な条件で検討を行うこととした。そして、この鉛直流入方式でも、蓄熱性能に限界があることが明らかとなってきたのである (図3)。逆に言うと、これは、ある程度以上コストをかけても性能が向上しない、すなわち、コストと性能の関係における最適設計条件が明らかになったということである。

図3 鉛直流入ディフューザーにおける設計パラメータと蓄熱性能の関係²⁾

あり、設計情報としては大変有意義な成果が得られた、と思うようにしている。

4. おわりに

蓄熱式空調システムは、電力ピークデマンドの低減と災害時のBCPに有効ということで、これから中小ビルなどにもどんどん普及していただいたいと思っているが、低コストで実装できることが必要条件である。筆者らの研究成果が少しでもお役に立てればと考えているが、研究内容をそのまま一般の建築設備設計者の方々に理解していただくのはな

かなか難しいのが現状である。設計資料としてまとめて、誰でも納得して使えるようにするためには、もう一つ高いハードルを越える必要があるが、筆者らの研究が、省エネや節電、地球温暖化防止など、エネルギー問題の解決の一助となれば幸である。

参考文献

- 1) 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学便覧2 機器・材料編 第9章 蓄熱装置、2010
- 2) 相良・岩田・北野・甲谷他：空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、2014

