

# 縦型氷蓄熱槽における空調二次側還水と ハーベストアイスの直接熱交換プロセスに関する研究

論文集 No. 252

## 〔推薦文〕

近年、地球環境保全を目的に太陽光や風力など再生可能エネルギーによる発電設備の導入が進められているが、その有効活用のためには需要家側でも電力の需要調整を行うデマンドレスポンスが重要である。蓄熱システムは、実効性が高くポテンシャルも大きいデマンドレスポンスのためのリソースとしてその活用が期待されており、蓄放熱特性を精度良く予測することが再生可能エネルギーの導入拡大のために求められている。

本論文が対象とした縦型氷蓄熱槽は、一般的な二重スラブ利用による現場築造型蓄熱槽とは異なり、プリファブリケーションした蓄熱槽（タンク状）を上下に連結し、温度成層型蓄熱槽の下部からハーベストアイス（製氷パネルによる凍結／剥離サイクルで製氷される氷片）を投入可能としたものである。縦型蓄熱槽は、平面的にコンパクトで蓄熱密度が高く、各階に小型ポンプを分散配置することで搬送動力の縮減を実現するとともに、個別空調同様にきめ細かい冷房要求に常時対応が可能である。蓄熱槽のための地下スペースが不要なため、土壌掘削量が低減され工期短縮とコスト削減を見込むことができる。ハーベストアイスによる蓄氷は、現状では産業冷却用の採用事例が多く、今後の一般空調用としての活用が期待されている。しかしながら、ハーベストアイスを用いた縦型氷蓄熱槽の蓄放熱特性に関する従来の知見は、個別事例の実証にとどまっており、特に解氷時の還水とハーベストアイスとの直接熱交換プロセスについて、設計・評価の実務に適用可能な計算モデルは未確立であった。

本論文では、熱交換プロセスの再現性・確実性を担保すべく実験的検討とモデル試算を併用した検討が行われている。具体的には、堆積状態にあるハーベストアイスと空調二次側還水との熱伝達率を同定する実験、および解氷過程におけるハーベストアイスの消失過程を加味したモデルの提案が行われている。さらに、これらの結果を用いて、空調二次側還水とハーベストアイスの直接熱交換プロセスを計算し、熱交換過程の還水温度を推定している。

その結果として、蓄熱槽のカットモデル実験により解氷時の氷体積と氷表面積の減少割合は攪拌速度や氷の形状に依存しないこと、熱伝達率の同定実験により還水面速度により熱伝導率が変化すること、スタイロフォームを加工して作成した疑似氷を用いた実験により氷粒径の減少に伴う IPF（氷充てん率）の増加モデルを提案したこと、IPF から単位体積当たりのハーベストアイスの総表面積を求める実験式を示したこと、蓄熱槽内の熱交換プロセス経過を分かり易い概念図で示したこと、14 段階の計算過程に整理した熱交換プロセスモデルを提案したこと、モデルを用いて実規模を想定した連結式縦型氷蓄熱槽を対象に還水温度を試算しモデルの有用性を確認したこと、など数多くの知見が得られている。

以上のように、本論文で報告された内容は、今後その普及が期待されるハーベストアイスを用いた縦型氷蓄熱槽に関するものであり、従来は再現性・確実性の担保が必要されていた放熱特性の検討について、実用性の高い熱交換プロセスモデルを提案しており、その設計・評価への活用が期待される。社会的な要請でもあるデマンドレスポンスにも貢献することから、その有用性も高いと考えられる。

よって、本論文は空気調和・衛生工学会論文賞に値すると認められる。