

オープンタイプ冷凍ショーケース内の温度分布に及ぼす外乱の影響

函館高専 ○佐久間 達, 函館高専 北畑 亮, 函館高専 本村真治

要 旨

平型オープンタイプ冷凍ショーケースにおいて、周囲の気流(乱れ)が冷凍庫内の温度分布に及ぼす影響を実験的に検討した。その結果、外乱風速が約0.3m/sの場合、庫内温度に大きな影響はないが、0.8m/s程度以上では、庫内全域にわたり大きな温度上昇が確認され、外乱の影響を強く受けることがわかった。

1. 緒言

オープンタイプ冷凍ショーケースは、商品が見易いことからコンビニやスーパーなどで広く利用されており、冷気を循環させることで庫内を低温に保つ構造となっている。しかし、構造上の制約から周囲の気流(外乱)が庫内の流況に影響を及ぼし、庫内温度の上昇を招くなどの問題点が懸念されている。

本研究の目的は、平型オープンタイプ冷凍ショーケース(以降、冷凍ショーケース)において、周囲の外乱が冷凍庫内の温度分布に及ぼす影響を明らかにすることであり、本稿では冷気に対向する外乱を与え、外乱風速と庫内温度の関係を実験的に調べた結果について報告する。

2. 実験装置および実験方法

図1に実験装置の概略図を示す。庫内温度は、熱電対(T-type)の出力をデータロガー(Omron ZR-RX40)に記録し測定した。温度測定位置は、図2の配置図に示すとおりで、計20点の測定を行った。図中の数字は測定chを示している。また、風速の測定には熱線風速計(Kanomax Model 6002)を用いた。実験に用いた冷凍ショーケースにおいて、冷気吹出口における風速は約0.6m/s、冷気の温度は約-30℃である。

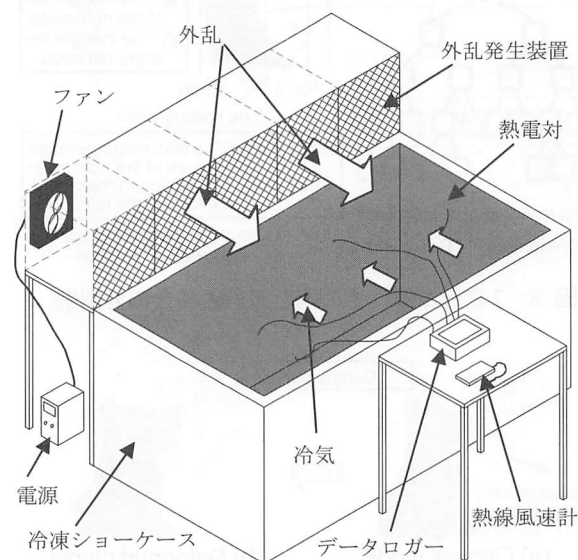


図1 実験装置概略

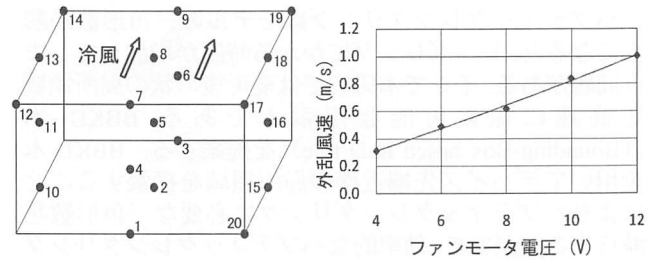


図2 測定点の配置

図3 外乱風速

外乱発生装置には、ファンが5台設置されており、ファンモータの電圧を調整することで、外乱風速を変更可能である。図3はファンモータ電圧と外乱風速の関係を示しており、ほぼ電圧に比例した風速が得られ、約0.3m/sから最大風速約1.0m/sの範囲で調節可能である。実験では、冷凍ショーケース内の温度を定常状態(-20~-25℃)まで下げ、その状態に外乱を与えた時点からの各測定位置での温度変化を測定した。また、冷凍ショーケース内には、実用時に使用される商品収納用のカゴを設置し、さらにその中に空のタッパーを配置して商品を模擬した。

3. 実験結果と考察

3.1 外乱による庫内温度の時間変化

図4は外乱風速の相違による庫内温度の時間変化の違いを表したものであり、代表点として冷凍ショーケースの中央部における上段(ch8)、中段(ch5)、下段(ch2)及び上段冷気吹出口付近(ch7)の4点の時間変化をプロットしたものである。図4(a)は外乱風速が約0.31m/sの場合で、どの位置においても、ほとんど温度変化は見られず、外乱の影響は非常に弱いものと考えられる。一方、外乱風速が約0.5m/sより大きくなると、徐々に庫内の温度上昇が大きくなり、(b)に示した0.62m/sの場合は外乱の影響が強まり、上段(ch8)では-6℃程度まで温度が上昇した。さらに(c)に示した0.84m/sの場合には、外乱の影響がさらに強まり、大きな温度上昇がみられ、ch8の上段では室温付近まで達した。

また、(c)においてch7を見ると、温度の時間的な変動が激しくなっていることがわかる。これは外乱を与えることによって、冷凍ショーケースの開口面近傍で吹出された冷気と、冷気に対抗する外乱流れとの間に大きな速度こう配が生じ、これによって大きな渦が形成され、冷気のエアーカーテンを乱す

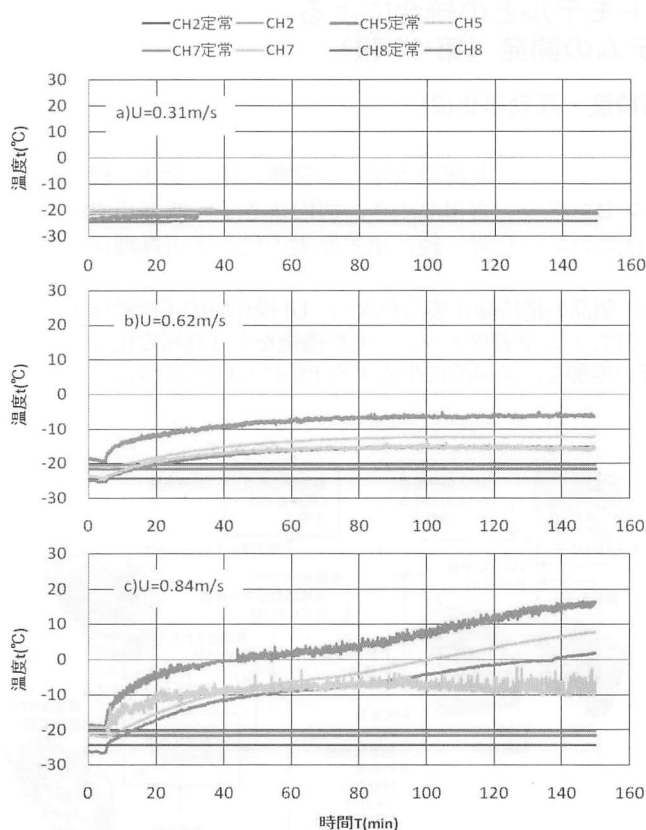


図4 外乱の影響による庫内温度の時間変化

作用が生じているものと考えられる。図5に、開口面近傍に形成される渦の模式図を示した。図5(a)は、外乱風速が低速の場合であり、形成される渦は小さく外乱の影響は開口面近傍に留まるものと考えられる。一方(b)は、外乱風速が速い場合で大きな渦が形成され、庫外の暖気が庫内に巻き込まれることで、庫内全域の温度が上昇してしまうものと考えられる。(c)のch7に示される激しい温度の変動は、以上のような大きな渦の影響によるものと考えられることができる。

3.2 庫内位置による温度上昇率の相違

次に、外乱の影響が強い上段(ch8)と影響が弱い下段(ch2)の温度変化を比べる。各外乱風速について、定常状態から外乱を与えた時の温度変化を図6に示す。また、各測定箇所における温度上昇率を図7に示す。温度上昇率は、基準となる温度差(定常状態の庫内温度と室温との差)に対する

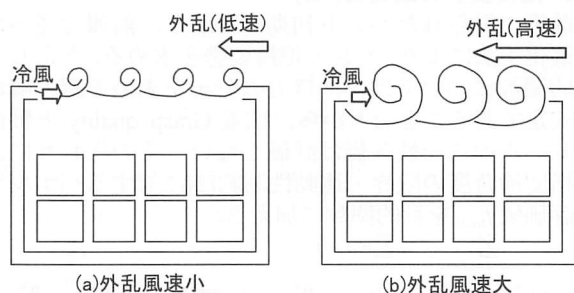


図5 外乱によって発生する開口部付近の渦(模式図)

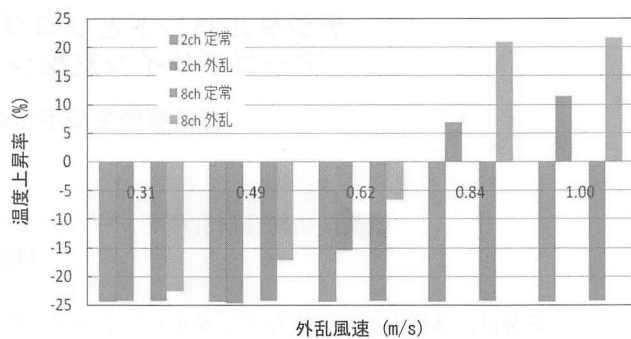


図6 上段(ch8)と下段(ch2)の温度変化

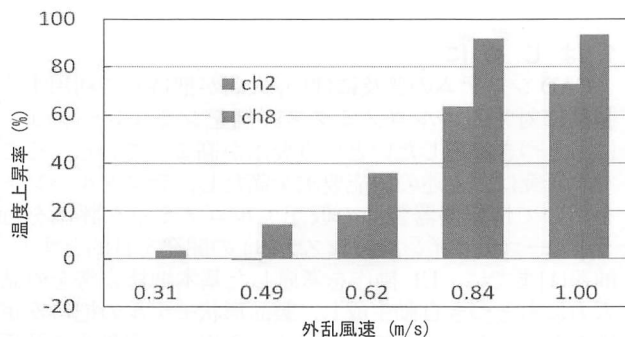


図7 温度上昇率

上昇温度の割合で定義している。

図6および図7より、外乱風速が0.3m/sの場合、庫内底部(ch2)では温度上昇はなく、外乱の影響が強い開口面近傍の上段(ch8)でも上昇率は3%程度であり、外乱の影響はほとんどないと言ってよい。オープンタイプ冷凍ショーケースの性能試験法に関するJIS規格によれば、外乱風速 0.2 ± 0.1 m/sの環境で性能試験を行うことと規定されており、外乱風速0.3m/s程度で庫内温度に影響しないという結果は妥当と言える。一方、外乱風速が0.49m/sの場合、下段(ch2)では影響がないものの、上段(ch8)では14%程度の温度上昇が見られ、さらに外乱風速を大きくして0.84m/s以上では上段、下段ともに上昇率が50%を超えており、外乱の影響を強く受けることがわかる。

4. 結言

周囲の気流(外乱)が冷凍ショーケース内の温度に及ぼす影響を実験的に調べた結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 外乱風速が0.3m/s程度までは、外乱の影響による庫内温度の上昇はほとんど無い。
- 2) 外乱風速が0.49m/s程度以上では、特に開口面近傍の温度上昇が大きく、0.8m/s以上では、庫内全域にわたって外乱の影響による著しい温度上昇が生じる。

参考文献

- 1) 日本工業規格「冷凍・冷蔵ショーケース試験方法—第2部：一般試験条件」、JIS B 8611-2(1999)