

自然氷を利用した農産物貯蔵庫の熱的設計に関する研究

地域環境学講座 生物環境物理学分野
佐伯寅彦

【背景と目的】 自然氷(自然冷気で凍結させた氷)を利用した低温貯蔵庫は、寒冷地における省エネ型農産物貯蔵庫として普及が期待されている。しかし、このような貯蔵庫は夏期の外部への冷熱損失を抑えるために施設を断熱構造にする必要があり、初期コストが高くなる。そのため、この貯蔵庫を実用化し普及させるには、施設の熱収支を把握し、適切な断熱構造を示す熱的設計基準を確立する必要がある。そこで本研究では、その基礎資料を得るため、稚内市に建設された実験貯蔵庫を対象に熱収支観測を2007年度から2009年度まで3年間実施し、熱的問題を検討した。

【方法】 稚内市声間に建設された貯蔵庫は、幅10 m、奥行き12 m、高さ5 mのかまぼこ形の実験施設である。屋根・壁には断熱材としてウレタンフォーム(厚さ150 mm)が使用されており、床にはホタテ貝殻(厚さ0.45 m)が敷き詰められている。12月から翌年3月までを製氷期間とし、冷気入気口とシャッターを開放して外部の自然冷気を取り入れ、貯氷タンクに淡水・海水・プロピレングリコール溶液を入れて製氷を行った。また、床のホタテ貝殻の間に淡水を散水して製氷した。4月から10月までは融解期間とし、冷気入気口とシャッターを閉鎖した状態で、外気温・外壁表面温度・庫内気温・外部地温・庫内地温を測定し、それらのデータから熱収支の解析と融解量の推定を行った。また、2008年度は自然換気の影響を抑えるための風除室を設置したので、2007年度の結果と比較して風除室の熱的効果も検討した。

【結果と考察】 2007年度は製氷期間に約80 ton 製氷された。融解期間には低温環境を保てたが、8月31日に庫内の全ての氷が融解し、その後室内気温が上昇した。熱収支解析の結果、床を通じた熱流入と自然換気による熱交換が大きかったことが分かった。2008年度は製氷期間に約87 ton 製氷された。融解期間は、外気温は2007年度とほぼ同様であったが、融解期間が終了しても氷が残っており、低温環境を長期間維持することができた(図1)。2009年度は製氷期間が暖冬のため、製氷量が約42 ton しか得られず、暖冬時の製氷方法の検討が課題であることがわかった。各年度の融解期間の氷残存量(有効氷量)は図2のように推移した。平均自然換気回数を比較すると、2007年度は0.34回 h^{-1} であったが、風除室を設置した2008年度は0.09回 h^{-1} と大幅に抑えられており、風除室の設置によって換気による氷の融解が抑えられることがわかった。

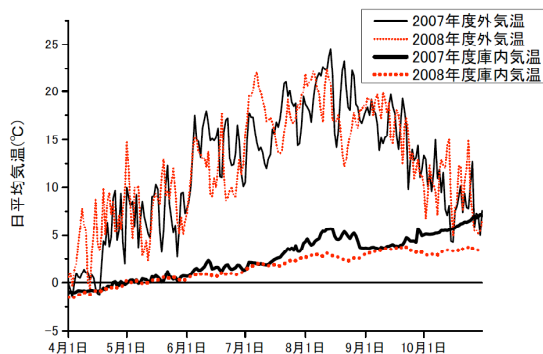


図1. 2007・2008年度の外気温および庫内気温

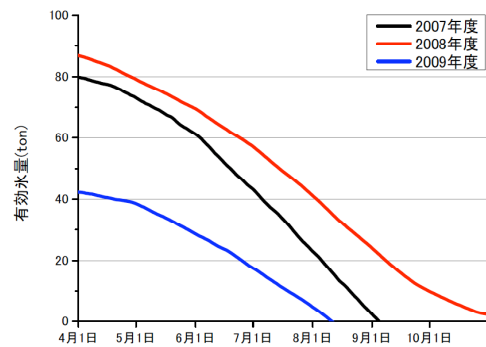


図2. 各年度の有効氷量(氷残存量)