

人工凍土低温貯蔵庫内の注水自動恒温装置による 野菜貯蔵技術の開発

土 谷 富士夫

畜産科学科環境総合科学講座教授

1. 目 的

帯広畜産大学構内にヒートパイプによる人工永久凍土低温貯蔵庫のモデルプラントを開発構築したのは1987年であり、それから19年の歳月が経過した（写真1）。この間、化石燃料に依存せず電気を使用しない自然エネルギー利用型の低温貯蔵システムとして注目を受けてきた。このシステムの建設費が、通常の電気冷凍庫より割高であるが、維持管理費がほとんど要らないという大きなメリットがある。このシステムの建設費と維持費のバランスから、5～6年後には電気冷蔵庫の総経費は逆転する。したがって、十勝地方のような寒冷地では最良のシステムであることが立証されてきた。実験を重ねるうちに改良や工夫の必要性が生じた。根菜類、生花、精米などの貯蔵実験で良好な結果を示した反面、微妙な温度制御が非常に難しいことがわかった。モデルプラントは多すぎる216本のヒートパイプの効率が進み、永久凍土層は拡大を続け低温状態が長く続き、冬期には庫内温度がマイナスなり貯蔵野菜が凍結する恐れが生じた。そこで、凍結せずに零度を維持するために常に10℃程度の温度を維持する地下水を貯蔵庫壁面に散水をするシステム開発し、貯蔵野菜を氷結しないようにする注水自動恒温システムを開発することを目的とする。

2. 方 法

人工永久凍土貯蔵庫の前室に、注水自動制御装置の電磁コントロール盤を設置し、庫内に精度の高い温度センサーからの信号をキャッチする仕組みとする。貯蔵野菜の適温（ここでは0℃とする）以下になると、制御回路が作動し屋外の水道水の電磁弁を開放させる。約10℃の水道水は、貯蔵庫外部の斜面に沿うパイプを通して貯蔵庫前室に入る。この斜面のパイプ内の水の凍結を防止するために、ウレタン性断熱を巻くとともに凍結防止電気ヒータを設置した。前室には量水メーターが取り付けられ、注水作用のために使用される水量が計測される。貯蔵庫内では壁面上部に設置された多孔性塩化ビニールパイプから注水される。一定の注水によって庫内のセンサー温度が2℃以上に上昇すると注水が終了す



写真1. ヒートパイプを使用した永久凍土低温貯蔵庫（帯広畜産大学構内・1987年建設）

る。パイプ内に残留した水が凍結しないために、別の電磁弁を開放しパイプを中空にする工夫を行った。貯蔵する野菜は、根菜類としてバレイショ、ナガイモ、ダイコン、ニンジン、ゴボウ、タマネギを、そして茎葉類としてハクサイ、キャベツ、長ネギとした。それぞれの減耗率を月一度の重量計測で行う。また、品質劣化を調べるため、ミノルタ製の色彩色差計 CR-300を使用して2ヶ月ごとに計測を行う。イモ類の還元糖増加は糖度計で計測する。

3. 結果および考察

実験途中の帯広畜産大学の各月における日平均気温、最低気温および最高気温を表1に示す。昨年度と比較すると11月は平均1.4℃低い、12月と1月は同温であったことから、実験環境は特別な寒冷気候ではなかった。

リレーとタイマーを使用した自動制御装置を組上げ低温庫内の前室の壁に設置した。厳寒の中で水を凍結させないため、写真2に示す給水用と排水用の電磁弁を2個取り付けた(写真の矢印の部品)。2005年11月末日から作動を試みたが、作動しなかった。パイプ内で水が凍結したため、解氷機を用意して流水の通過を試みようとしたが、原因が判明したので使用に至らなかった。注水動作が働いても、排水電磁弁が氷結して閉鎖しないため、水道水が外部に排水されるだけとなった。そこで、12月19日から手動操作に切り替えることによって作動することが判明した。給水弁が開放されても排水弁が閉鎖しないが、マイナス気温によって時間が多少異なるが排水口を手で塞ぐ努力をすると5分程度で水温熱で解氷することも分かった。

図1に12月と1月の量水メータの読みと注水前の庫内前面中央の温度の読みの変化を示す。1日に注水する量は約0.1m³であるが、12月30日と1月1日には外気温が大きく低下したので、2倍の0.2m³ずつ注入した。

1月4日に注入を停止すると大きく庫内温度は低下し、0.2℃まで低下した。その後、0.2m³に増加すると再び0.6℃以上になった。このように注水量が増大すると庫内温度は0.3℃程度上昇することが判明した。1月24日になって、今まで注水した水量が増し、氷盤が形成され貯蔵野菜の収納棚の下段近くまで水位がきたので、注水を停止した。

次に、貯蔵庫内の注水による詳細な温度データをみるために、3時間ごとに計測した貯蔵庫下段の温度結果を分析する。この結果によると11月13日から温度は1.0℃以下に下がり始め、20日から0.3℃～0.4℃を維持し続けた。12月23日頃から温度低下が始まり、0℃以下となった。しかし、-1.0℃以下にはならなかった。現在もその状態を保っているが実験はなおも継続中である。

貯蔵野菜の重量計測やイモ類の糖度測定、さらに各野菜の色彩色差の計測も進行中である。いま

表1. 平成17～18年の畜産大学気温

項目	11月	12月	1月
平均気温(℃)	2.7	- 6.7	- 10.0
日最低気温	- 11.5	- 23.2	- 27.5
起 日	11/5	12/23	1/6
日最高気温	20.4	5.3	0.4
起 日	11/7	12/2	1/11

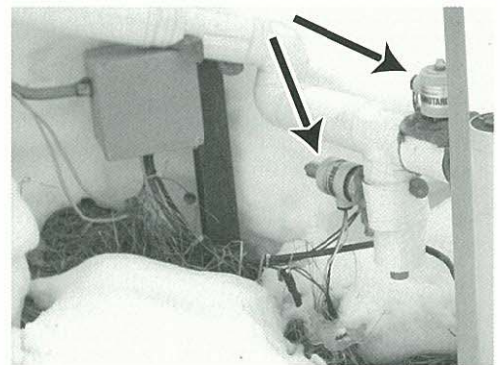


写真2. 給水と排水の電磁弁

までの実験から、バレイショは低温貯蔵により還元糖が4～5倍に増大し、240日後でも減耗率は4%以下であることが知られている。根菜類ではタマネギが最も減耗率が高く160日で4.5%にも達した。

茎葉類の貯蔵は非常に難しいので、良好な結果は期待できない。

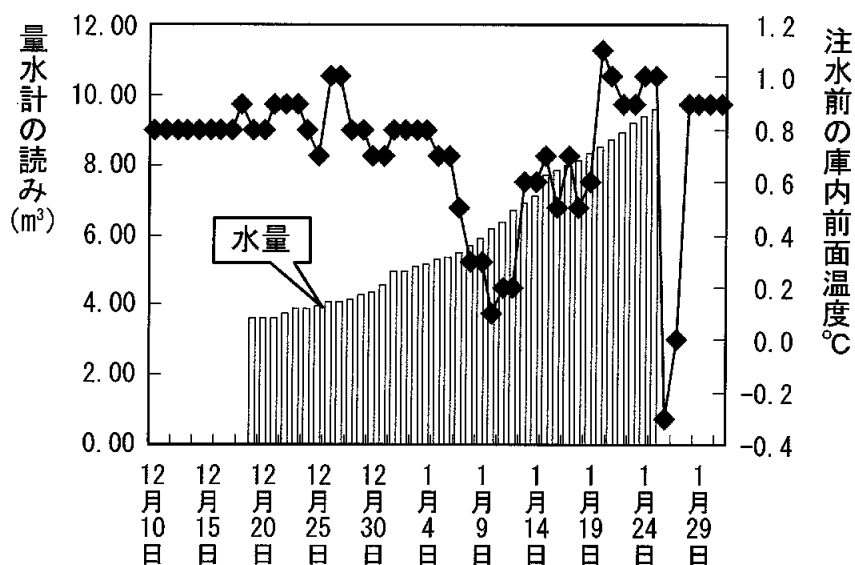


図1. 注水量と貯蔵庫内の前面温度

4. 結 論

今回の自動注水恒温装置の開発は成功しなかったが、その原因は排水電磁弁の出口の凍結にあることが分かった。この排水弁の構造が悪いため、保温装置を取り付ける方法などで改良を加える必要がある。手動注水操作で、一定の温度を保持している地下水の貯蔵庫の温度制御が可能であることが判明した。貯蔵野菜の減耗率、イモ類の糖度増加、貯蔵野菜の色彩色差の変化は現在計測中であるため、結果はまだでていない。

5. 参考文献

- 1) 土谷富士夫・了戒公利 (1990)：ヒートパイプを利用した人工永久凍土による低温貯蔵，農業土木学会誌，58巻9号，21-26
- 2) 土谷富士夫 (1994)：寒冷エネルギーを利用した農産物貯蔵，太陽エネルギー，20巻1号，46-52
- 3) 土谷富士夫・了戒公利 (1996)：冷熱エネルギーを利用した凍土低温貯蔵システム，農業土木学会誌，64巻3号，19-23
- 4) 土谷富士夫 (2004)：ヒートパイプによる人工永久凍土低温貯蔵庫，雪氷，66巻2号，251-257