

氷貯蔵による季節間蓄熱空調システムの開発

—神内ファーム21プラントファクトリーにおける実証結果—

関根賢太郎・洞田 浩文・竹内 伸介・坂本 敏一^{*1}・中村 真^{*2}

Keywords : *natural energy, ice storage, environment load, interseasonal using, running cost*

自然エネルギー, 氷蓄熱, 環境負荷, 季節間利用, ランニングコスト

1. はじめに

1997年の地球温暖化防止京都会議(COP3)以降、我が国でも地球温暖化防止を背景に自然エネルギー利用技術の研究開発が再度注目を浴びている。この背景の中、北海道などの寒冷地ではエネルギー資源として雪氷熱を利用しようとする動きがある。

本研究は、雪氷冷熱利用技術として開発を行った氷貯蔵による季節間蓄熱空調システムに関して、模型による基礎実験およびシステムを採用した北海道の温室栽培施設で行った実証実験の結果について報告する。

2. 開発経緯と目的

2.1 開発経緯

今回システムの検討を行った施設は、北海道に計画された温室栽培施設であり、通年生産を実現するために気温、CO₂濃度、光環境に加え、水耕栽培における水環境として水温や養液濃度など各種環境を高度に制御する設備が必要である。空調システムの計画段階で、夏期の温室内温度を30℃以下の環境に制御することとその環境下で栽培された作物にかかるエネルギーランニングコストをできるだけ抑えることが検討項目であった。

そこで計画地が寒冷地であることを利用し、自然エネルギー利用によるエネルギーランニングコスト低減を目的とし、冷房用の冷熱源に雪氷冷熱利用による空調システムの導入検討を行った。

2.2 氷利用に関して

雪氷冷熱利用としての冷熱源は雪もしくは氷が一般的である。氷は雪と比較すると、密度が大きく同じ熱量を蓄えるのに1/2～1/3の体積で済むため貯蔵スペースが

少なく、また毎年重機などで集雪・搬入する必要がないため扱いが簡単である。そこで本空調システムの冷熱源は、冬期の外気を利用した製氷した氷を利用することとした。

2.3 製氷方式の検討

冬期の外気で製氷し空調に利用する技術には堂腰らが開発した金属製の容器(写真-1)に水を張り製氷し、空調利用時は冷風として取り出すアイスシェルター方式があり、寒冷地などで農作物の貯蔵施設などに利用されている。しかしアイスシェルター方式は、製氷する金属容器とそれを積み重ねる構造ラックが必要となりイニシャルコストがかかる。また空気で冷熱を取り出すため、温度制御が難しいことや各温室へ冷熱を供給するダクト設備が必要となる。

そこで筆者らは、コンクリートで構築した大型水槽に水を張り、冬期に外気を導入して氷を作り、夏期は氷を溶かした冷水を空調機に供給して空調するシステムを開発した(特許出願中)。



写真-1 アイスシェルター用製氷容器
Ice tray for ice shelter

* 1 札幌支店設計部

* 2 神内ファーム21

3. 模型実験

3.1 実験目的

システムの適用の可否を検討することを目的に氷を貯蔵する槽をモデル化し、製氷の進行状況を把握する製氷実験を行った。実験は技術センターの人工気象室を用いて行った。

3.2 実験概要

図-1,2 に実験装置概要を示す。氷貯蔵槽のモデルは市販のコンテナを利用し、側面および底面を断熱することで熱交換面を上面のみに限定した。

製氷方法は、所定量の水を張り、凍ればまた水を張り積層し作成する方式とした。製氷に使用した水は、予冷タンクを設け約 0°C で供給した。温度条件は、計画地である浦臼周辺の AMeDAS (空知吉野・滝川・月形・美唄) 1979～1990 年の 12 年間の冬期準平年値を参考に気温 -5°C 、風速 0.5m/sec とした。

3.3 実験結果

図-3 に実験結果としての製氷完了厚さと経過日数の関係を示す。300mm の製氷に要した日数は、実験条件下で 18 日間であり、製氷速度は実験結果から 17mm/日 (0.7mm/h) という値が得られ、90 日間で 1500mm の製氷が可能であるという予測を得た。

製氷に関わる熱量の検討として、測定データを以下の式を用いて検討した。

$$Q = \alpha \cdot \Delta t \cdots \cdots (1)$$

Q : 1 時間あたりの製氷に必要な熱量 [W/m^2]

α : 氷面の総合熱伝達率 [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]

Δt : 室温と氷面 (0°C と仮定) の温度差 [$^{\circ}\text{C}$] ($\Delta t = 5^{\circ}\text{C}$)

$$Q = 335\text{kJ/kg} \times 0.3\text{m}^3 \times 917\text{kg/m}^3 \div 432\text{h} \div 1\text{m}^2 \\ = 51.0 [\text{W/m}^2]$$

(1) 式から α を求めると $\alpha = 10.2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ が得られる。

3.4 実験まとめ

製氷実験の結果、今回計画したコンクリート水槽方式では、外気温度が -5°C とすると製氷速度は 17mm/日 であり、90 日 (2160 時間) で約 1500mm 厚さの製氷が可能であるという結果となった。

この値は夏期冷房に必要な製氷量を満たしており、今回検討したコンクリート水槽方式を本物件に適用できることを確認できた。

4. 建物概要

実験結果にもとづきシステムの設計を行い、本システムを神内ファーム 21 プラントファクトリーに適用した。

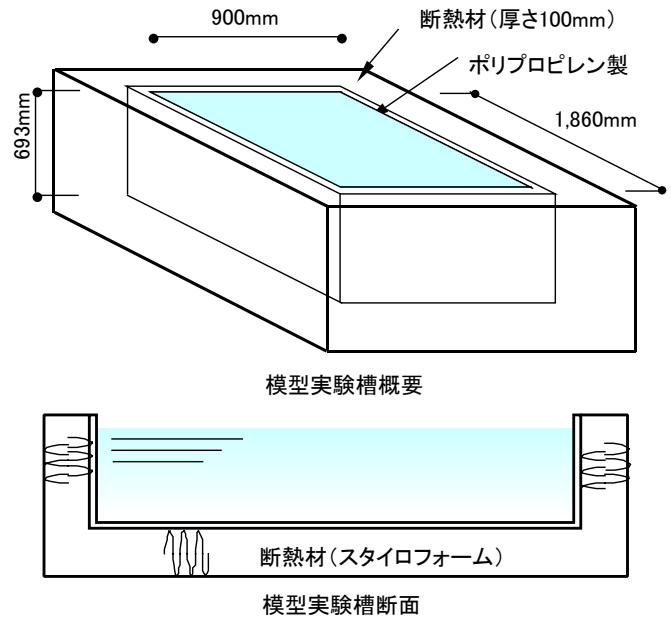


図-1 模型実験槽
Tank of model experiment

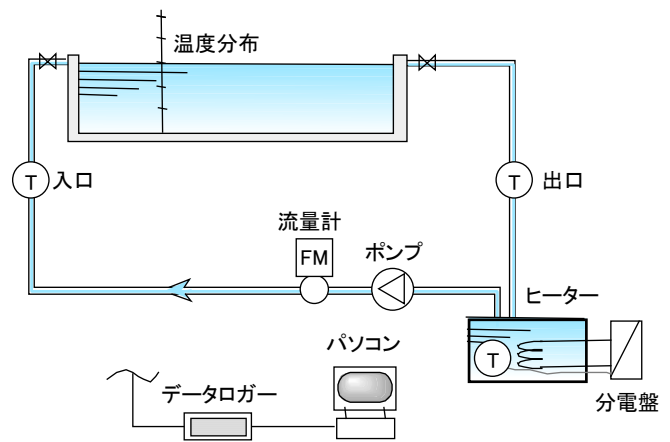


図-2 模型実験装置
Experiment of equipment

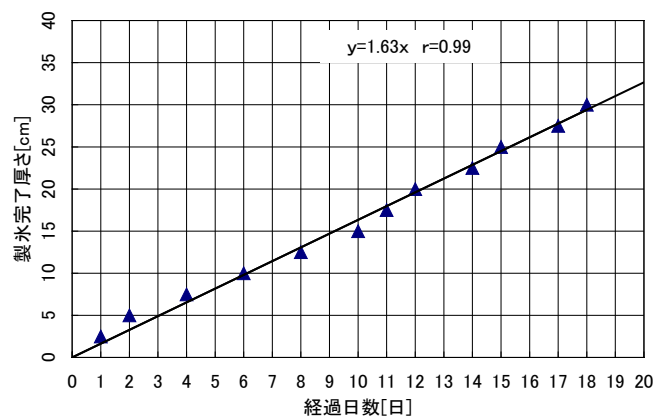


図-3 実験結果(製氷量の推移)
Experiment of result

表-1 に建物概要、写真-2 に建物外観、図-4、5 に建物平面図、断面図を示す。建物は 1、2 階に太陽光温室・人工光温室、栽培管理室などがあり、地下1階に本システムの氷を貯蔵する氷貯蔵槽をもつ室がある。

5. 空調システム概要

5.1 システム概要

図-6 に季節間蓄熱空調システム図、図-7 に氷貯蔵槽(1)平面図を示す。断熱を施した室内にコンクリート製の氷貯蔵槽を設ける。氷貯蔵槽内には上部に自動給水口のある水槽と連通管をもつ隔壁で仕切られた水槽(行き)と水槽(還り)がある。水槽(行き)は、冷房空調時の冷水の取り出し槽であり、水槽(還り)は空調利用後の冷水の戻り槽である。室内には、建物外部に設置された外気取入口から外気を取り入れる給気ダクトと排気ファンを接続した排気ダクトがあり、排気ファンを運転することにより外気を氷貯蔵槽内に導入することができるようになっている。なお排気ファンは、ファン発熱による取り入れ外気の昇温を懸念し、排気側に設置している。

(1) 冬期(12～3月)製氷時のフロー

- ① 水槽(行き)の連通管を閉じる(手動)
- ② 氷貯蔵槽に 10mm 程度の水を張る(自動給水)
- ③ 外気温が-2℃以下になると排気ファンを自動運転し、外気が導入され水を氷にする

表-1 建物概要
Building data

建築場所	北海道樺戸郡浦臼町		
建築面積	6,356㎡		
延床面積	8,828㎡、地下1階、地上2階建		
主な用途	2階太陽光温室（ガラス）	565㎡	
	1階太陽光温室（ガラス）	3,042㎡	
	1・2階人工光温室	1,014㎡	
	B1階氷貯蔵庫	928㎡	
	他栽培管理室、機械室		



写真-2 建物外観
Building appearance

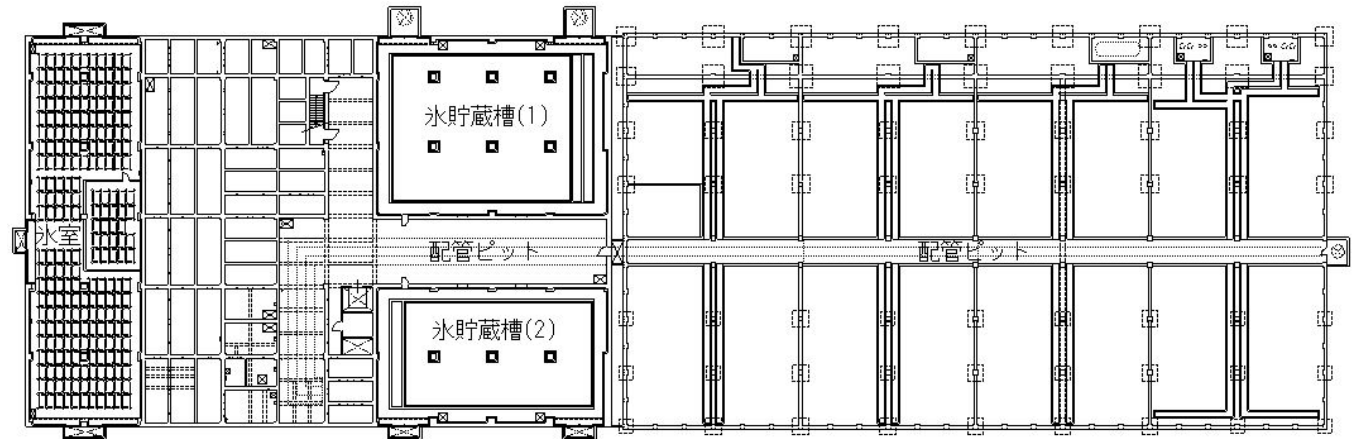


図-4 建物平面図
Building plane view

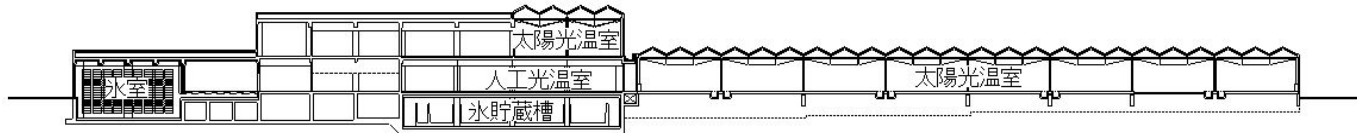


図-5 建物断面図
Building sectional view

- ④ 0℃以下の外気温を積算、設定値になったら製氷完了と判断し、排気ファンを停止する
- ⑤ 排気ファン停止直後、自動給水でさらに10mm 程度の水を張る
- ⑥ 再び排気ファンを運転し、-2℃以下の外気を供給して水を氷にする
- ⑦ 上記④～⑥を繰り返すことにより所定の製氷量を確保する
- ⑧ 製氷完了後、給気および排気ダクトを断熱ダンパで閉じ自然解氷を防ぐ

(2) 夏期 (7～9 月)空調時のフロー

- ① 水槽(往き)の連通管を開ける(手動：4 月末頃)
- ② 水槽(往き)および水槽(還り)に水を張り冷水循環を可能にする(自動)
- ③ 温室内温度が 30℃を超えると水槽(往き)の冷水(10～12℃)を空調機に送り冷房する
- ④ 空調機からの還り水(15～17℃)は水槽(還り)に戻る
- ⑤ ③～④を繰り返すことにより冷房を行う
- ⑥ 水槽(往き)温度が 12℃以上になると、水槽(還り)に接続されているポンプが運転し、水槽へ送水することにより水を冷却する
- ⑦ 水槽(往き)温度が 7℃以下になったら、水槽(還り)に接続されているポンプを停止する
- ⑧ ⑥～⑦を行うことにより空調機への送水温度を確保する
- ⑨ 空調期間終了後、次回の製氷のため雨水利用槽へ排水して氷貯蔵槽内を空にする
- ⑩ 雨水利用槽の水は、栽培用に再利用される

当システムは、製氷厚さ 1.76m，総容量で 1,000m³の水を作る。この量は約 3,000m²の温室が自然換気や細霧冷房を行っても 30℃を超える場合に冷房するために必要な量であり、9 月までの長期保存による自然融解も考慮している。

5.2 製氷の制御方法

本システムの製氷方法は、氷貯蔵槽に設置した給水口から所定の水量を霧状に給水し、給水した水位分の水が製氷した後、給水を繰り返すことにより製氷厚を増やす方法として製氷速度の向上を目指した。

本システムの制御方式において重要となったことは、製氷量(製氷厚さ)を検知して効率よく所定の水量を給水する制御方式であった。しかし、氷厚を検知する安価なセンサーがなかったことから、外気温度を測定し、その温度から製氷状態を把握する外気温度積算方式を用いた。

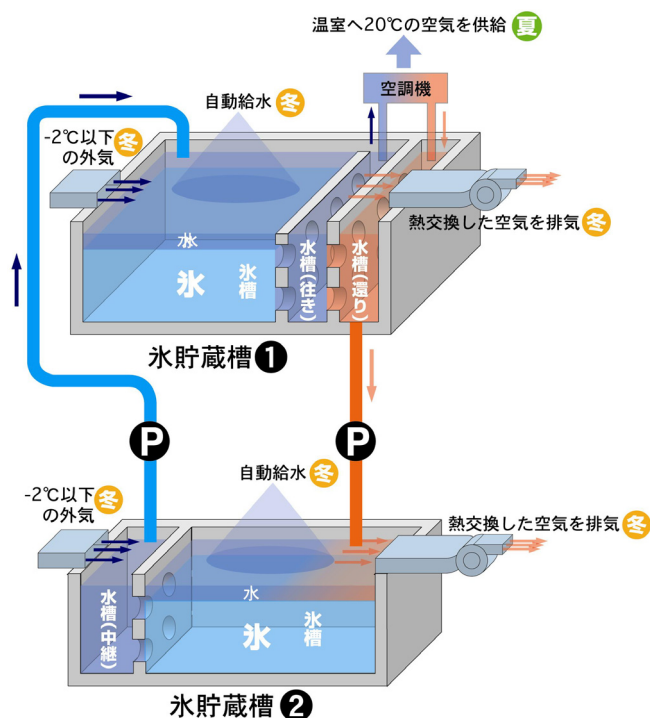


図-6 季節間蓄熱空調システム図
System concept

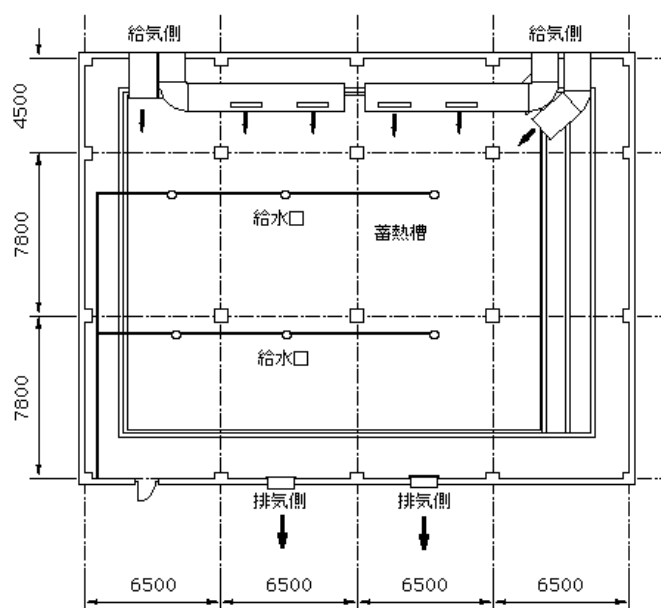


図-7 氷貯蔵槽(1)平面詳細図
Detailed plan of ice storage tank 1

図-8 に制御フローを示す。排気ファンおよび外気温度積算値は外気温度が設定値以下になると運転および積算を開始する。外気温度積算値が設定値に達すると水張り用の電磁弁を開き、電子カウンターで設定された値に達すると電磁弁が閉まる。電磁弁が閉まると外気温度設定値に関係なくタイマーで設定された時間、排気ファンを給水口の凍結防止のため停止する。

6. システム運転結果

6.1 実測概要

システムの性能評価を行うため、現地での実測調査を行った。表-2 にこれまでの実測調査概要を示す。

表-2 実測調査概要
Investigation outline

実測期間	測定目的	備考
2000/12/29～2001/ 4/ 6	第 1 回製氷	施工中
2001/ 7/18～2001/ 8/31	第 1 回冷房	7/20 竣工
2001/12/ 1～2002/ 3/31	第 2 回製氷	
2002/ 7/ 9～2002/ 9/10	第 2 回冷房	
2002/12/ 2～2003/ 3/31	第 3 回製氷	

6.2 製氷結果

6.2.1 第 1 回製氷結果

図-9 にこれまでの製氷結果および標準気象データから計算した製氷予測を示す。第 1 回製氷は建物の竣工が 2001 年 7 月であり、8 月より温室での栽培が開始されるため、施工中に制御系の調整などを行いながら試験的に行ったが、設計値 1,760mm の約 1/2 の 800mm の製氷量であった。

6.2.2 第 2 回製氷結果

第 1 回実測結果より製氷速度ならびに製氷量の増加を図るため、第 2 回製氷は以下に示す項目の変更を行った。

- ① 製氷厚さ：10mm／回
- ② 外気積算温度設定値：80℃h
- ③ 外気温度積算インターバル：30 分→5 秒
- ④ 給気ダクトの延長
- ⑤ 給気ダクトの吹出口の分散化と方向性の確保
- ⑥ 給水口の分散化：1 槽 2 箇所→6 箇所
- ⑦ 排気ファンの能力アップ

氷貯蔵槽(1)15,000m³/h → 18,000m³/h

氷貯蔵槽(2)12,000 m³/h → 14,000m³/h

第 2 回製氷を行った結果、約 1,200mm の製氷量となった。図-9 より 12 月の製氷速度が速かったことが確認できるが、1 月に入ってから徐々に製氷速度が降下している。これは、12 月の外気温度が標準気象データより低い日が多かったが、1～3 月にかけて気温が標準値より上がり、暖冬となったことによる。

6.2.3 第 3 回製氷結果

第 2 回実測結果を踏まえてさらに製氷速度向上のため、以下に示す変更を行った。

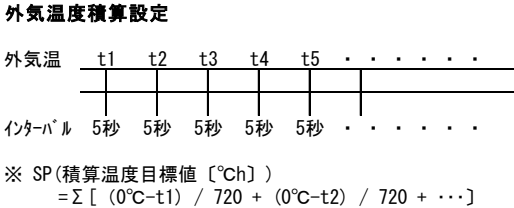
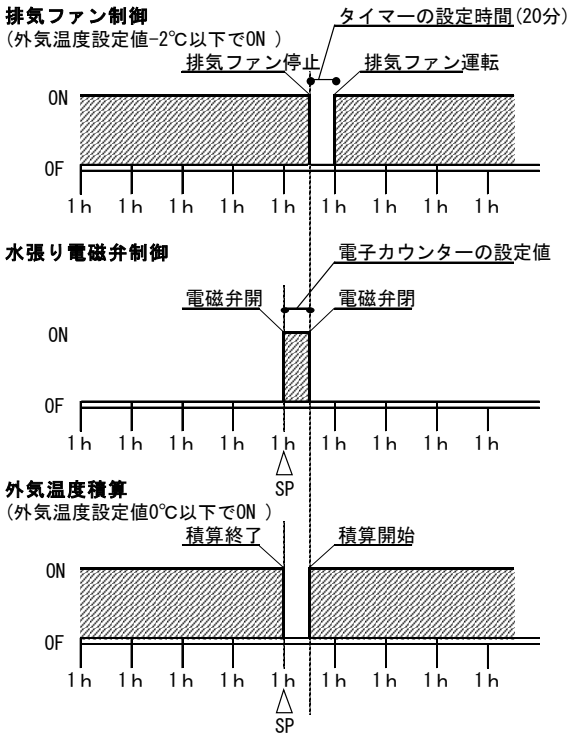


図-8 制御図
Control system

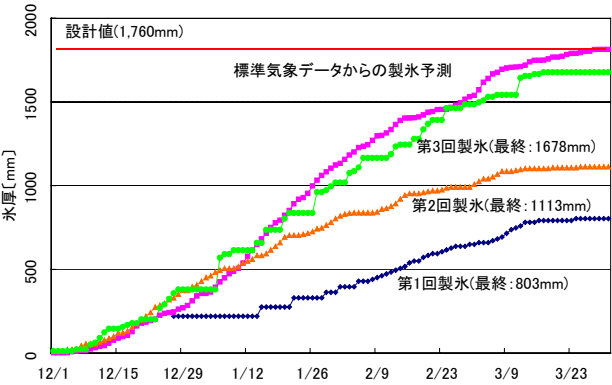


図-9 製氷結果
Ice-making result

表-3 製氷厚の変化と蓄熱量
Change of the amount of ice making

日付	氷厚[mm]	水位[mm]	蓄熱量[GJ]
製氷完了時 (4/6)	803	—	158(100%)
給水開始時 (7/14)	600	—	122(77%)
空調開始時 (7/17)	540	1,150	106(67%)

※蓄熱完了から給水開始までの氷貯蔵槽内平均温度≒3℃
※給水平均温度(井戸水)≒13℃

- ① 気流の分布により凍りづらい箇所が製氷するまで、次の製氷のための給水を行わないことによる製氷時間のロスを解消するため、氷貯蔵槽の給水口を給気ダクトにより近づける。
- ② 製氷時、温度の低い水を供給し製氷速度を向上させるため、雨水貯留槽の初槽(低温槽)から直接氷貯蔵槽に水を供給できるようにポンプを新設する。

その結果、2003 年度は 1678mm の製氷量となり、設計値 1,760mm の約 95%となり、ほぼ設計値通りの製氷量を確保できた。

6.3 解氷結果

6.3.1 保管期間の融解量

表-3 に第 1 回製氷完了から第 1 回冷房運転開始までの間の製氷厚の変化と蓄熱量を示す。

製氷完了(4/6)から空調運転開始(7/17)までの期間、氷貯蔵槽は外気取入口および排気口を断熱ダンパで閉鎖しただけで、蓄熱槽上部などには特に断熱シートなどの断熱は行わなかった。7/14 に空調運転時に必要な水量確保のため給水を行った後、試運転および実負荷運転を行った。表より製氷完了から空調に利用する水を給水するまでに自然放熱により約 23%の氷が融解し、空調用の給水によりさらに約 10%融解し、空調使用時の熱量は、製氷完了時の約 67%であった。

6.3.2 氷貯蔵槽状況

図-10～11 に施設が本格的に稼働した第 2 回冷房時の氷貯蔵槽(1),(2)の温度状況を示す。冷房期間中、氷貯蔵槽(1)は 7 月末まで、氷貯蔵槽(2)は 8 月末まで 2℃程度の低温で冷水を取り出せており、氷は槽全体では 8 月末までであった。氷貯蔵槽に氷がなくなった 8 月末以降も 12℃以下の冷水として空調に利用できたため、空調の要求がなくなった 9/10 まで、十分に温室の冷房を行うことができた。

6.4 温室内の環境結果

表-4 に第 2 回冷房時の各月および温室ごとの 30℃を超えている時間(温度測定 30 分周期)の出現回数を示す。

第 2 回冷房期間中で本稼働している温室は、温室 1 と温室 2 であり、他の 3 つの温室は調整中であった。本空調システムにより 30℃以上にならないように制御している温室は、実稼働している温室 1 と 2 であり、制御していない温室に比べ、温室内温度が 30℃を超える回数が少なく、氷による空調により温室内の環境が適切に制御されていることを確認した。

7. システムの性能評価

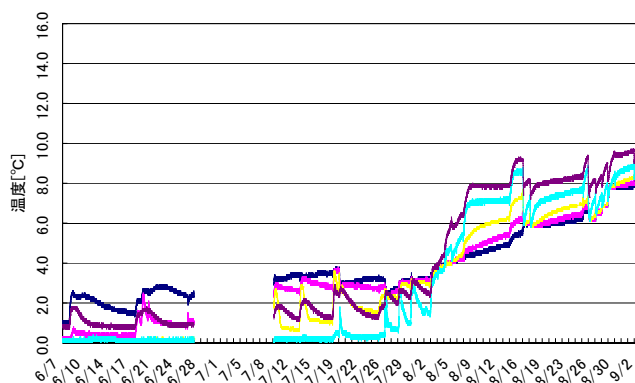


図-10 氷貯蔵槽(1)温度変化
Change of temperature with time

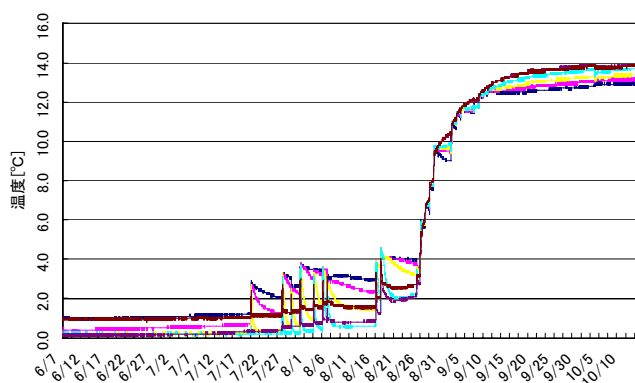


図-11 氷貯蔵槽(2)温度変化
Change of temperature with time

表-4 温室内温度 30℃超の出現回数
The number of times of the appearance

	温室 1	温室 2	温室 3	温室 4-1	温室 4-2
7月	1	7	135	99	190
8月	14	17	120	63	165
9月(25日まで)	5	5	70	26	88
合計	20	29	325	188	443

7.1 消費電力量の比較

表-5 に氷貯蔵槽排気ファン、表-6 に各ポンプの運転電力量を示す。氷貯蔵槽排気ファンは外気温度が-2℃以下で運転するため、冬期の外気温度が低い年ほど運転電力量が大きくなる傾向にある。2003 年は冬期の外気温度が低かったため、運転電力量が最も大きい値となっている。2002 年は 12 月下旬よりファンの運転を開始したため、運転電力量は最も小さい値となった。

また、冷水ポンプ運転電力量では 2002 年が 2001 年の 44.5%となっている。これは 2002 年が冷夏であったことと、冷房運転開始時期に空調機への送水温度が上がらない範囲で冷熱源中間ポンプ・中継ポンプの運転時間を少なくしたことに起因している。

表-5 氷貯蔵槽排気ファン運転電力量
The amount of operation electric power

単位 [kWh]	2001 年	2002 年	2003 年
11 月	0	1,212.0	0.7
12 月	426.0	7,311.2	7,072.2
1 月	5,998.1	8,419.7	7,954.3
2 月	5,137.6	4,533.3	8,175.8
3 月	2,453.8	2,686.7	4,497.3
合計	14,015.4	24,143.1	27,700.3

註：11～12 月は前年のデータを示す

表-6 冷水ポンプ運転電力量
The amount of operation electric power

単位 [kWh]	2001 年	2002 年	2003 年
7 月	128.8	155.3	—
8 月	1,160.5	260.1	—
9 月	—	159.5	—
合計	1,289.3	574.1	—

註：2003 年は調査予定

7.2 製氷量・蓄熱量の比較

表-7 に製氷量と蓄熱量の比較を示す。設計値 1,000 m³ の製氷量に対して、各年の製氷量は表に示す結果となった。標準気象データにおける 0℃以下の外気温度積算値は-13,681.7℃h である。2003 年の外気温度積算値は標準気象データに近く製氷量も 953.4m³ となり、設計値に最も近い結果となった。

表-7 製氷量と蓄熱量
The amount of thermal storage

	2001 年	2002 年	2003 年
外気温度積算値	-12,531℃h	-10,489℃h	-13,637℃h
製氷量	456.3 m ³	632.4 m ³	953.4m ³
蓄熱量	157,700MJ	218,600MJ	329,600MJ

註1：氷の比重は 917kg/ m³ とした

註2：蓄熱量は潜熱 335kJ/kg、顕熱 42kJ/kg とした

註3：外気温度積算値は 0℃以下の積算値を示す

7.3 COP, システム COP の比較

表-8 に各年の製氷された氷の蓄熱量に対する COP、システム COP(S.COP)を示す。COP、S.COP とともに製氷期間中の値となっている。COP の入力値は氷貯蔵槽ファンの運転電力量とし、システム COP の入力値は氷貯蔵

槽排気ファンと冷水ポンプの運転電力量の合計とした。算出の式を以下に示す。

・COP=蓄熱量[kJ]/

(氷貯蔵槽ファン電力量[kWh]×3,600[kJ/kWh])

・システム COP=蓄熱量[kJ]/

{ (氷貯蔵槽ファン+冷水ポンプ) 電力量[kWh] × 10,250[kJ/kWh] }

冬期の自然エネルギーを利用した空調システムのため、COP は冷凍機のように部分負荷運転による効率低下がないのが特徴である。COP では 2003 年の値が 3.3 と最も大きく、効率のよい運転をしている。これは製氷期間中に行った取水槽位置変更による給水温度の低下、給水口の位置変更が寄与していると考えられる。システム COP の値は各年が 0.8 以上となっており、一般建物の熱源システムが約 0.6～0.7 であることを考慮すると高効率なシステムであることが分かる。

表-8 各年の COP と S.COP
Coefficient of performance

	2001 年	2002 年	2003 年
COP	3.12	2.51	3.30
S.COP	1.00	0.86	—

註1：電力一次エネルギー換算は 10,250kJ/kWh とした

7.4 空調負荷の比較

表-9 に各年の空調負荷を示す。2002 年は 2001 年に比して微増であった。冷房期間は 2002 年が 7 月 9 日～9 月 10 日 (64 日間) に対して、2001 年は 7 月 18 日～8 月 30 日 (44 日間) であり、約 1.5 倍となっている。

製氷量の増加により、氷貯蔵槽の氷の融解期間が長くなり、長期間の空調が可能となっている。しかし蓄熱量に対する空調負荷は 2002 年に 50%を下回っている。製氷された氷の約半分が、製氷完了から空調完了までの約 6 ヶ月間で自然融解している。

表-9 各年の空調負荷
Air-conditioning load

	2001 年	2002 年
7 月	20,429MJ	46,281MJ
8 月	74,975MJ	39,028MJ
9 月	0MJ	13,632MJ
合計	95,404MJ	98,941MJ
蓄熱量に対する空調負荷	60.3%	45.1%

7.5 コストスタディ

2001 年の空調負荷をもとに季節間蓄熱空調システムで使用した電力量(製氷期間も含む)と同じ負荷を冷凍機で行った場合とのコストスタディを行った。なお、空調時の電力量は実測による測定値であるが、製氷時の電力量はファンの運転時間と給水量から推定した。表-10～14 に試算に用いた各表と結果、図-12 に結果をグラフで示す。冷凍機方式と比較すると当システムの年間ランニングコスト削減率は約 85%であった。

8. まとめ

本システムは、実験装置での予備実験を踏まえて、神内ファーム 21 プラントファクトリーで実証研究を行った。その結果、ランニングコストが 1/4 程度と当初計画時の 1/6 には到達できなかった。これは、製氷時のファン動力が予想以上に大きく、冷凍機方式との従量料金に大きな差が生じてこなかったことが原因である。今後、製氷時のファンの電力量を削減することや氷のみでなく、雪も利用したハイブリッドなシステムとして確立することが必要である。また次の適用物件を早期に着手することも必要である。

社会背景的には、省エネルギー・産業技術総合開発機構において 2002 年 1 月に『新エネルギー利用等の促進に関する特別措置法』の政令改正により雪氷冷熱利用が新エネルギーとして追加され、今後政策的支援等により導入が加速すると思われる。

参考文献

- 1) 媚山政良：雪による冷房，空気調和・衛生工学会 第 72 巻 第 3 号，(1998.3)
- 2) 長野克則・持田 徹・宮崎照朗ほか：雪を用いた地下冷熱蓄熱に関する実験，空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，{99.9.28～9.30(富山)}
- 3) 氷貯蔵による季節間蓄熱空調システムの開発(第 1 報)システムの概要と適用実験，空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集，{01.9.26～28(京都)}
- 4) 氷貯蔵による季節間蓄熱空調システムの開発(建物概要と夏期冷房性能評価)，第 36 回空気調和・冷凍連合講演会，{02.4.16～18(東京)}
- 5) 氷貯蔵による季節間蓄熱空調システムの開発(システムの経済性評価)，日本建築学会大会学術講演会講演論文集，{03.8.2～4(北陸)}
- 6) 神内ファームにおける温室施設に利用する氷貯蔵による季節間蓄熱空調システムの開発 中国電力 ヒートポンプとその応用 2003.7 No.61

表-10 機器リスト(季節間蓄熱空調システム)

Apparatus list of ice thermal storage system

機器名	定格電力	能力
氷貯蔵槽(1) ファン	4.60 kW	15,000m ³ /h
氷貯蔵槽(2) ファン	3.92 kW	12,000m ³ /h
給水ポンプ	2.20 kW	0.4m ³ /min
冷水ポンプ(AHU)	2.20 kW	0.67m ³ /min
冷水ポンプ(FCU)	1.50 kW	0.27m ³ /min
冷熱源循環ポンプ	1.50 kW	0.67m ³ /min
冷熱源中継ポンプ	1.50 kW	0.67m ³ /min

表-11 試算用電力料金

Electric power rates for trial calculation

電力料金	北海道電力	円/kWh
6kV供給(<2000kW)	基本料金	1700.00
	電力量料金 夏季	12.88
	電力量料金 その他季	12.88

表-12 機器リスト(冷凍機方式)

Apparatus list of refrigerating method

冷凍機	空冷チリングユニット(標準型)
冷却能力	265kW (227,900 kcal/h)
消費電力	90.4kW
成績係数	3.0
冷凍機補機電力量	5kW (冷水ポンプ)
処理冷却量	46,686,540 kcal
運転時間	6650分 (110h)

表-13 冷凍機方式電力料金試算結果

Trial calculation result of refrigerating method

冷凍機方式の電力料金	
基本料金	1,946,200 円/年
冷凍機・補機消費電力量料金	240,200 円/年
冷凍機方式年間合計	2,186,400 円/年

表-14 季節間蓄熱空調システム電力料金試算結果

Trial calculation result

空調運転時のポンプ電力料金	
基本料金	136,700 円/年
消費電力量料金	16,900 円/年
製氷時のファン・給水ポンプの電力料金	
基本料金	218,700 円/年
ファン消費電力量料金	181,100 円/年
ポンプ消費電力量料金	500 円/年
*ファン運転時間：1650h (製氷期間中外気温が-2℃以下の時間)	
*給水ポンプ給水量：415m ³ (製氷厚：800mm) (運転時間：415m ³ /0.4m ³ /min/60min)	
季節間蓄熱空調システム年間合計	553,900 円/年

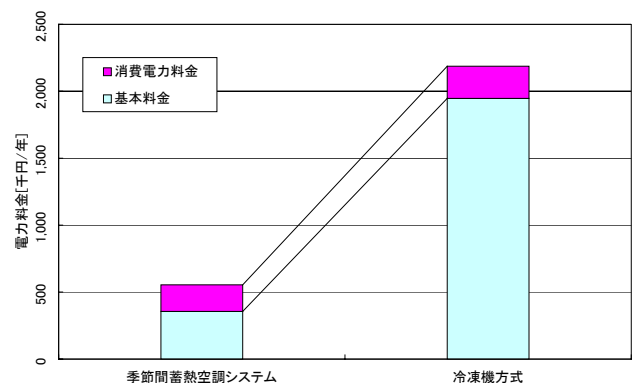


図-12 試算結果

Trial calculation result