

# 雪氷利用最前線

～食品熟成からデータセンターまで～

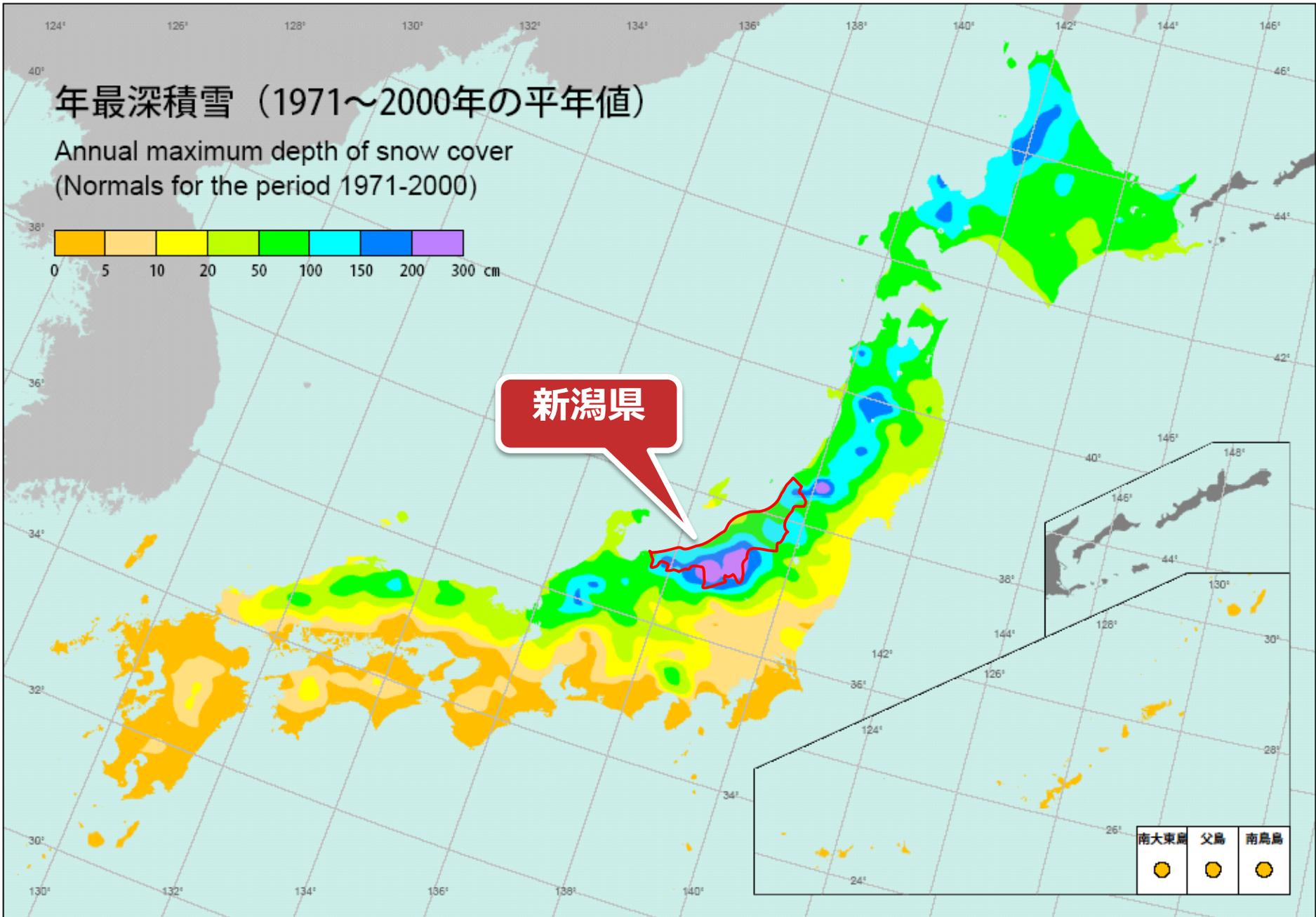
上 村 靖 司

長岡技術科学大学・機械系



長岡市山古志竹沢

2005/2/12



# 冬の冷たさを夏に使う



建物の冷房



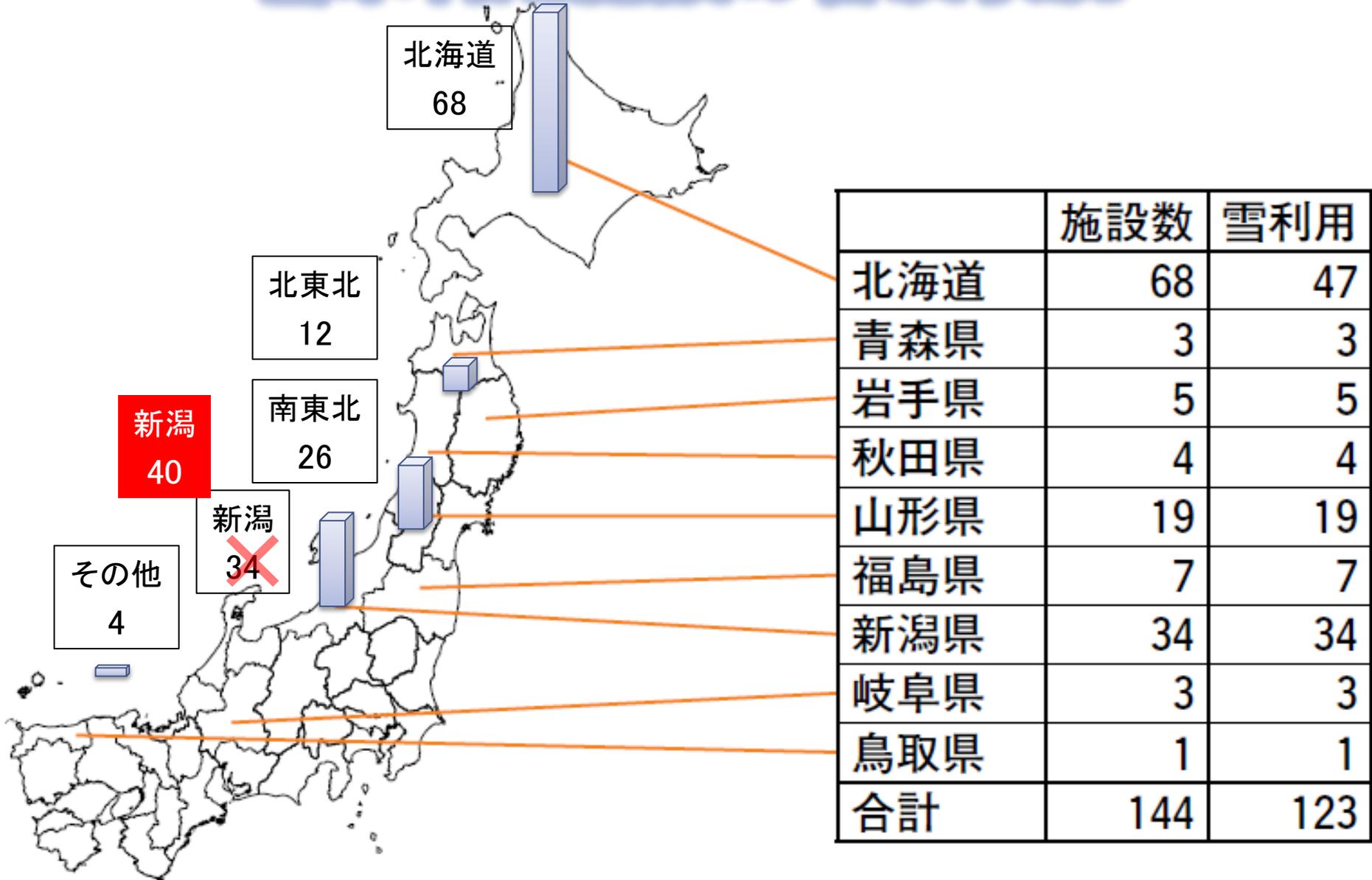
農作物などの冷蔵



雪や氷

- 「雪氷冷熱」及び「バイオマス」を新エネルギーとして追加  
「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(2002.)

# 雪氷利用施設の普及状況



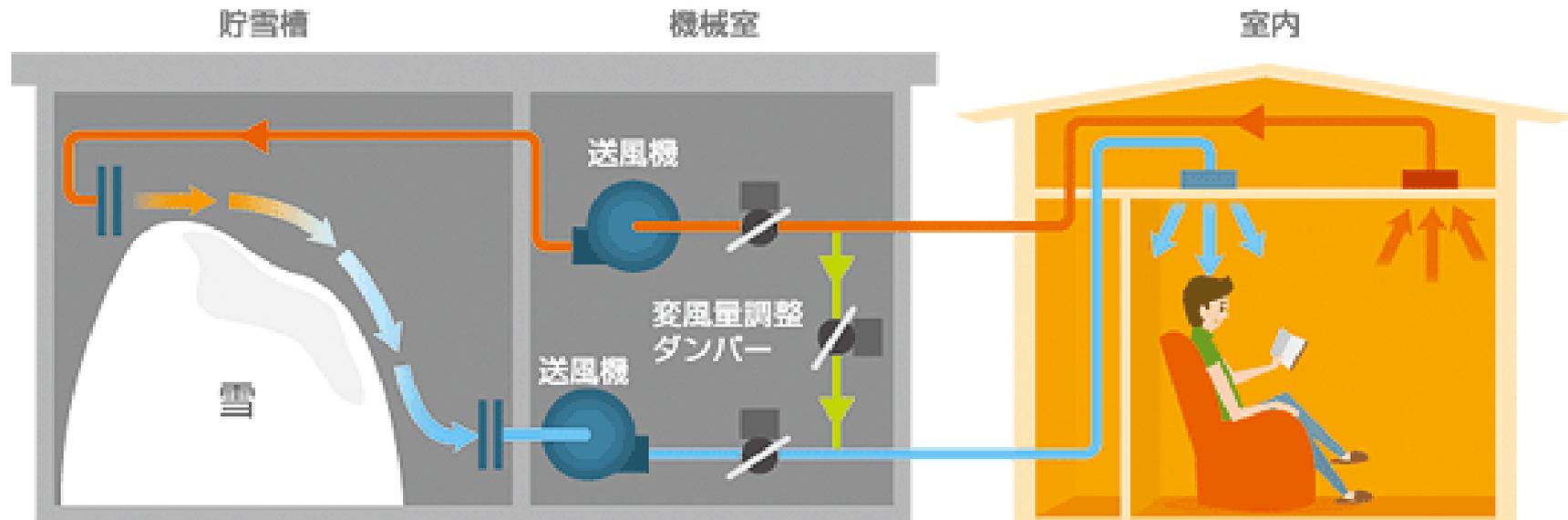
# 雪冷

- **空気循環式**

- 部屋の暖かい空気を雪室で冷やして戻す。

- **冷水循環式**

- 雪解け水と不凍液を熱交換して室内を冷やす。



# 雪で冷房する家



- 新潟県小千谷市  
平成18(2006)年4月竣工

- 新潟県単独補助事業
- (有)アクトホーム

- 30トンの雪で  
3室24畳を冷房
- 



- 新潟県魚沼市  
平成22(2010)年3月竣工

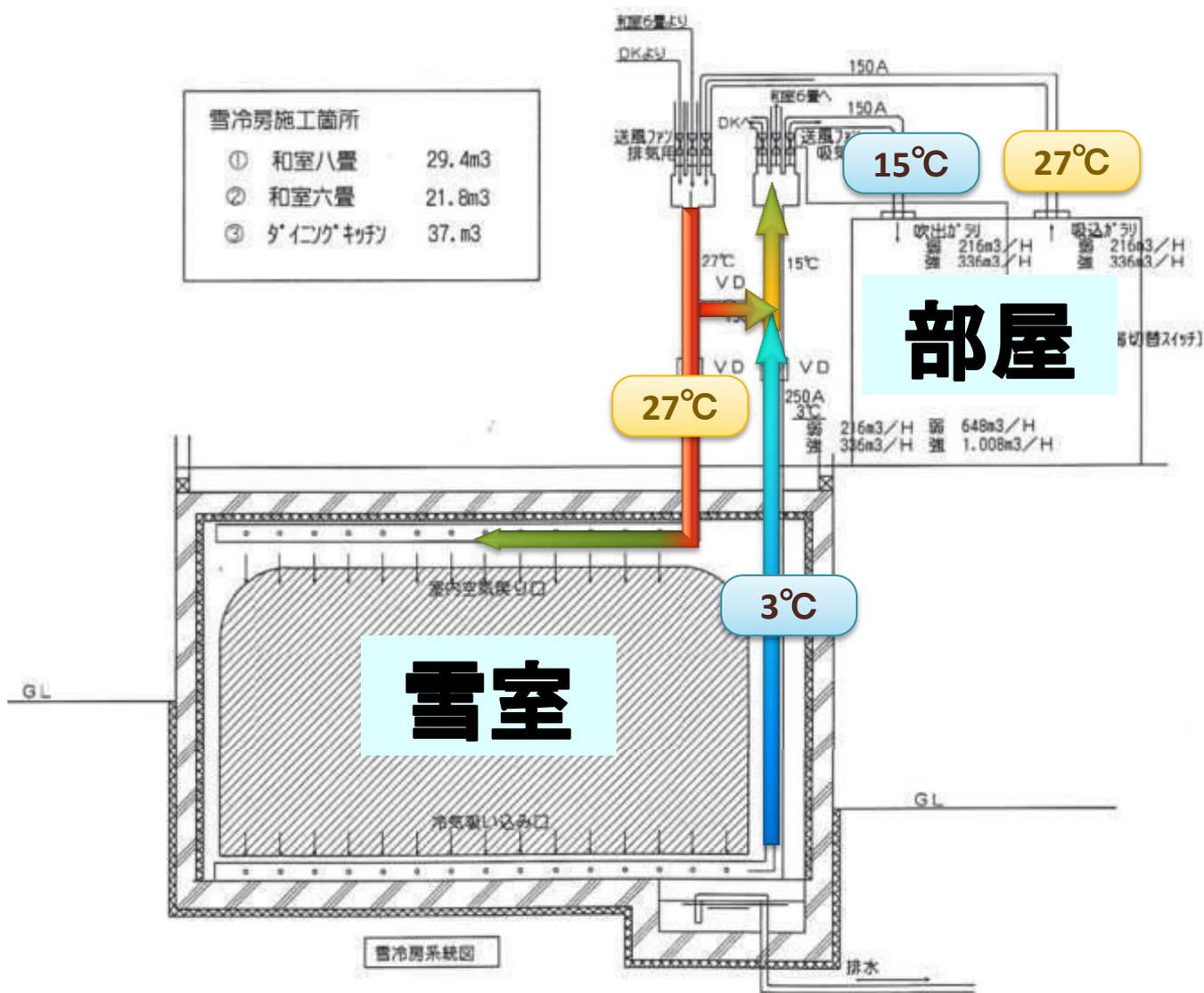
- 魚沼市単独補助事業
- (有)山良工務店

- 30トンの雪で  
4部屋40畳を冷房





# 空気をまわすだけ



室内から27°Cの空気

↓

雪室で3°Cの冷気に

↓

冷気を27°Cの空気と混ぜて15°Cに

# 雪冷房の強み



- 電気を **省** できる！

省エネ

- 空気の **湿度** が下がる！

除湿

- 空気が **清浄** になる！

空気清浄

# 電気代はどれくらい？

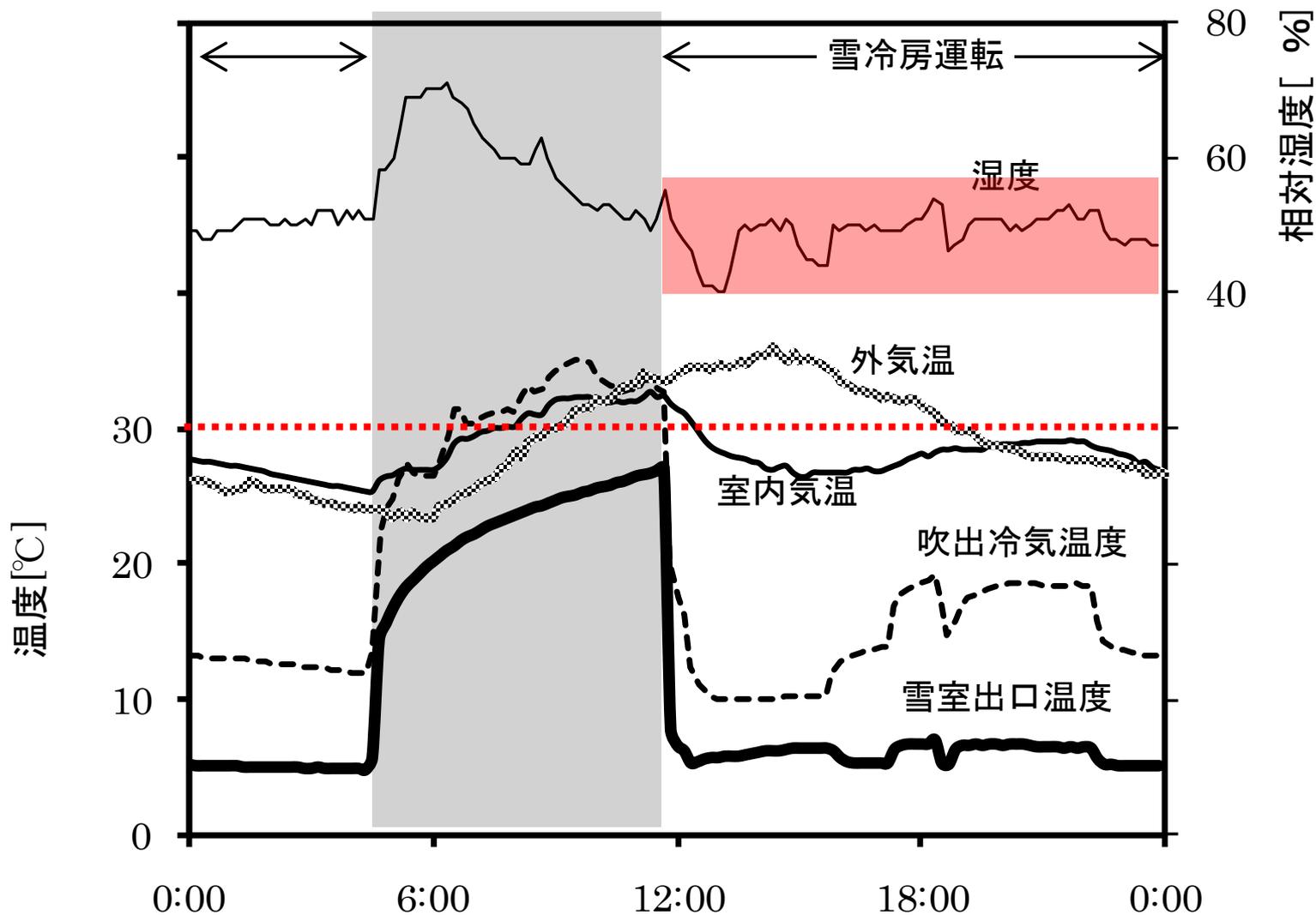
	2006年	2007年	2008年	備考
DK (10畳)				家族が集う部屋
6畳和室				DK横の居間
8畳和室				客間
合計				

← ちょっと節約

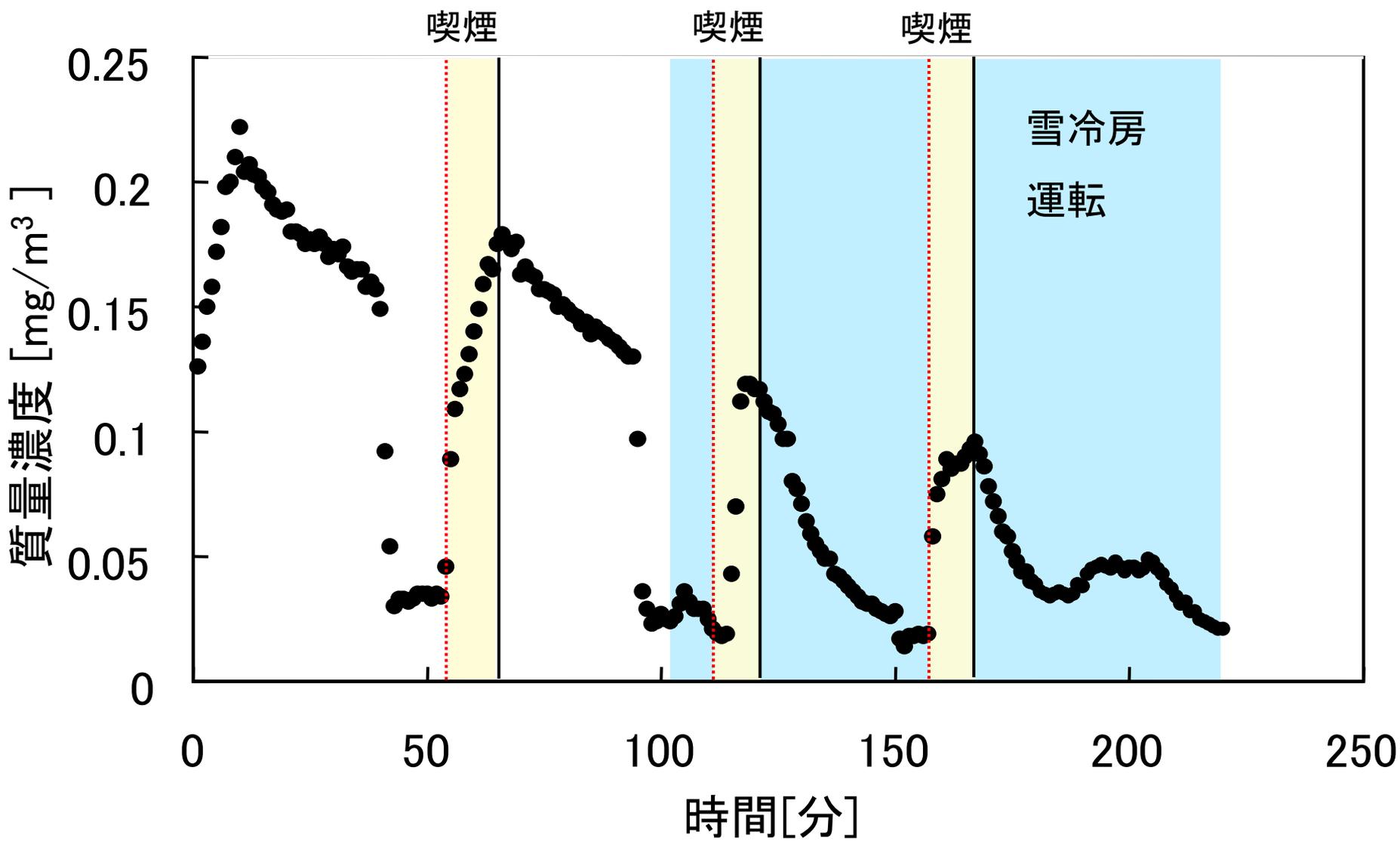
↑ ライフスタイルに合わせて

↑ いれっぱなし

# 雪冷房を運転すると・・・

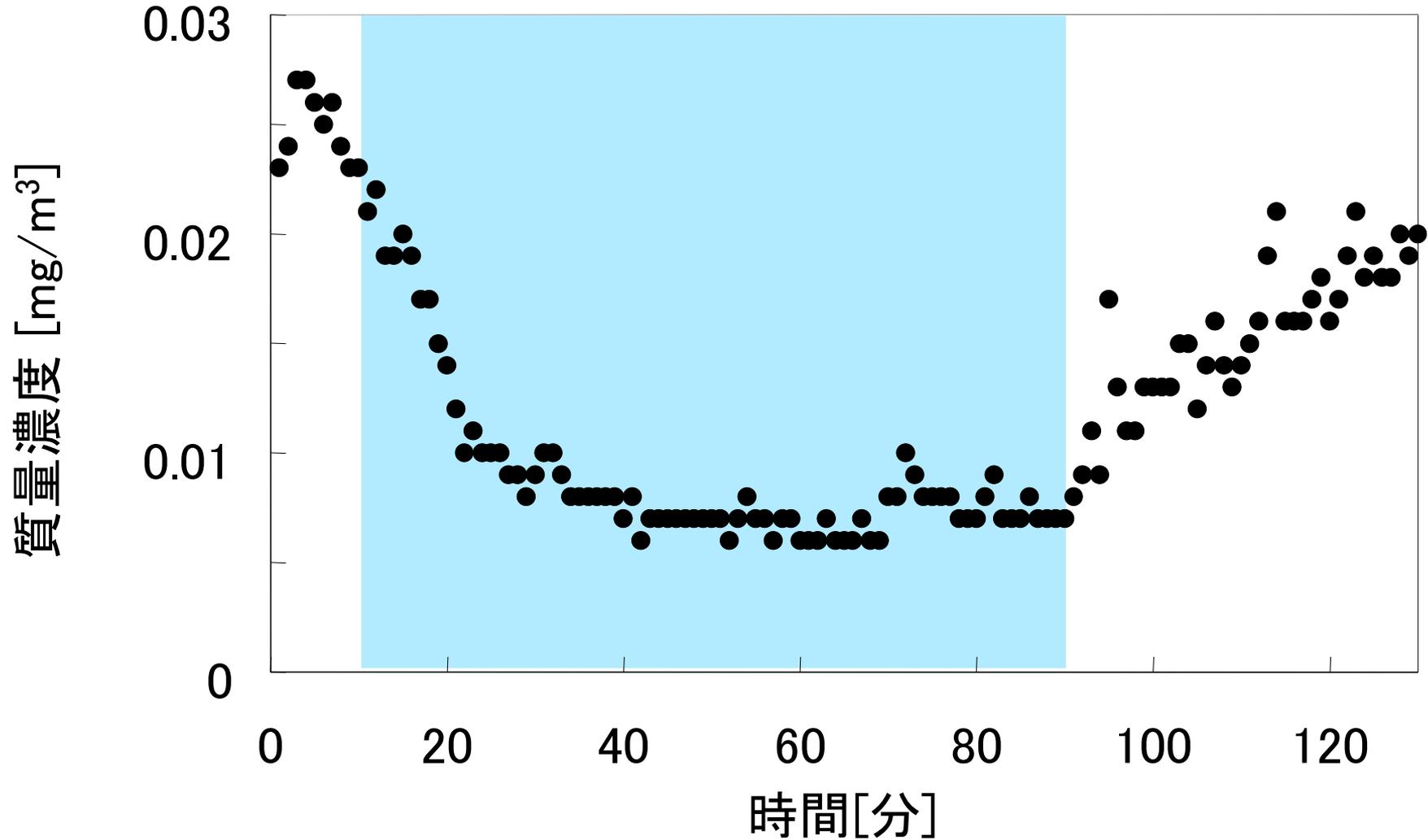


# たばこの煙がきえた！？





# 外の空気よりきれいに！！



# 雪冷房住宅 魚沼市3棟目、H25.4竣工



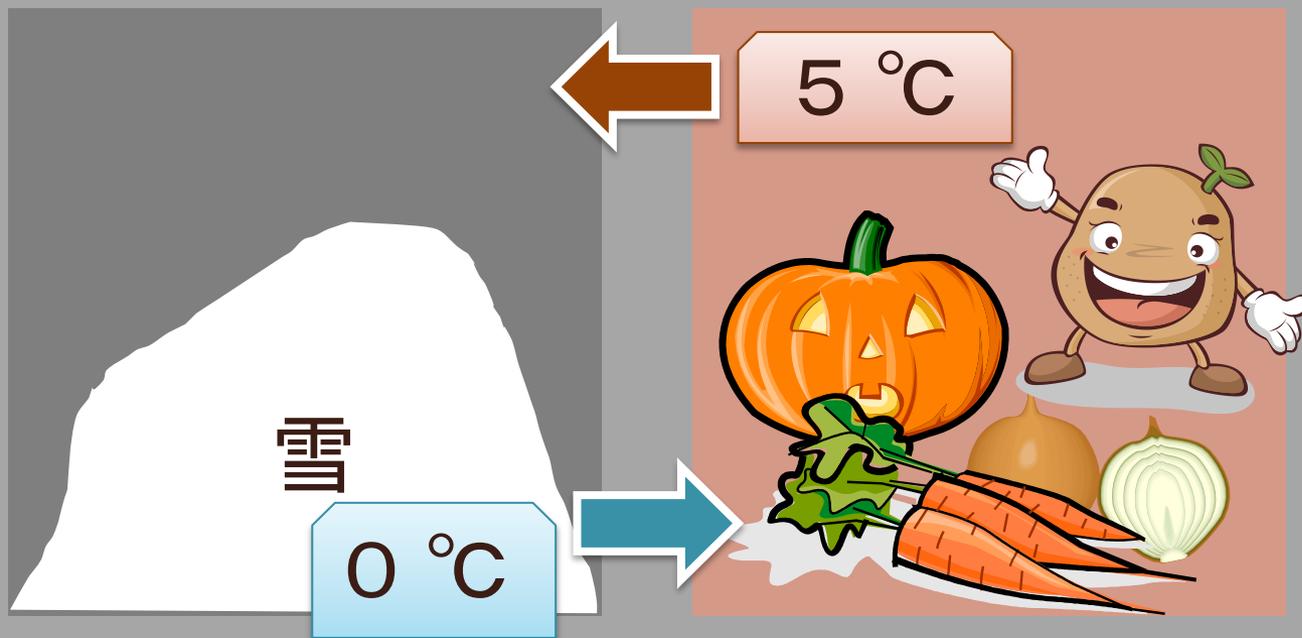
初期費用**500**万円

$$B/C = \frac{\text{効果}}{\text{費用}}$$

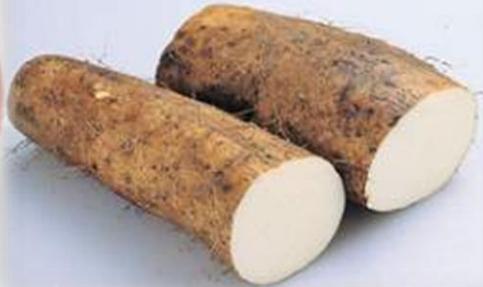
費用対効果

# 雪冷蔵

- 自然対流式
  - 冷たい空気は下に、暖かい空気は上に流れる性質を使って冷やします。



# 雪の冷蔵庫に入れておくものは何？



北海道十勝  
雪室熟成ジャガイモ

3種類セット 3キロ



あたたまる鍋に、シチューに  
雪から掘り起こす白菜  
雪中甘熟野菜「とろける白菜」



おいしいお米をもっとおいしく  
旨味を保つ【雪蔵貯蔵】+旨味を引き出す【水溫熟成】2つの効果で  
雪の恵みが作り上げたおいしい熟成米です。

産地直送  
魚沼産こしひかり

熟成 水溫

雪室熟成  
仕込み

お届け：1月限定 予約販売  
販売：全国有機農産物流通会

新潟清酒 越前初梅

雪中貯蔵酒

純米大吟醸

初梅

雪中貯蔵発酵の蔵  
since 1977



JA北魚沼 1000トンの雪室、H24年竣工

# 雪の冷蔵庫に入れておくものは何？



雪室熟成牛

雪室熟成芋

雪室熟成豚





ーとは  
た「雪室」で一定  
することで旨み  
レーが苦手な方  
のカレーに仕上

ホテル日航新潟  
高級料理長 監修

# 雪室熟成豚カレー

新潟県産  
ポーク使用

ケース (22パック入り)  
9,900円(税別)

日航新潟

NIIGATA SNOW AGING PORK CURRY

雪室熟成豚カレー

hotel niko nigata

雪室熟成豚カレー  
一食 1,950円(税込)

新潟県産の豚肉を雪室で熟成させたカレーです。旨みと柔らかさが特徴です。



9/7日 - 11/30日

日曜・祝日 毎週開催

15:00～17:00 (16:30最終入場)

大人 1,950円 | 小学生 1,100円  
中学生以上 500円

SRIN  
POUND CAKE

上品な甘さが美味しさを引き出す  
ホテル自慢のバウンドケーキ

1,950円(税別)

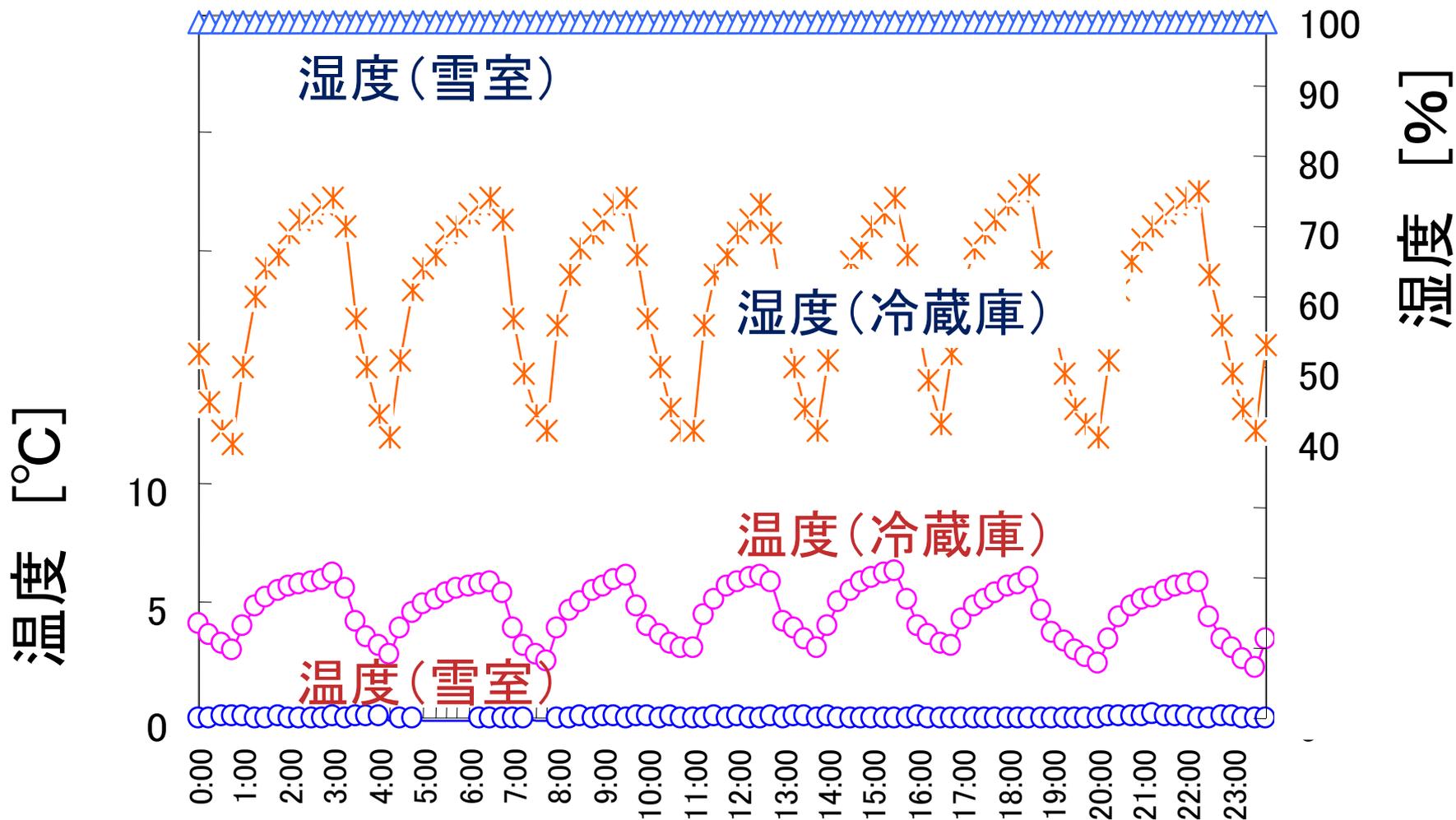
日航新潟  
豚カレー

雪室熟成豚カレー

ポークカレー



# 雪室と冷蔵庫の温度と湿度



# 農産物の保存・生育環境としての雪

- 鮮度保持 **低温** **高湿度** 野菜・穀物など
- 食味向上 **低温** **高湿度** 根菜など
- 熟成制御 **低温** 果実・花卉など
- 高品質熟成 **安定低温** 肉、酒、珈琲など
- 加工(乾燥) **除湿効果** 魚一夜干し、材木

- 品質向上: 花卉の発色改善など
- 収量増加: シイタケ、鶏舎など
- 出荷期調整: 花卉、野菜、果実など
- 安定栽培: 旬の時期拡大      環境改善: 豚舎の脱臭



越後  
雪室屋



# 米納津屋 弥彦神社通店

豊かな自然が生んだ  
雪国からの贈り物。

雪室珈琲  
ホット 四五〇円  
水出し 五二〇円

新潟は雪の国。

降り積もる雪に困らせられながらも  
暮らしいかして

昔から、共に歩み

きた伝統的な知恵があります。

天然の貯蔵庫 雪室(ゆきむろ)も

そのひとつ。その室内で

ゆっくりと有むことと

しつかりとした風味をのこす

まろやかで すっきりとした

コーヒーになりました。



# 魚沼の里 八海醸造

40万リットルの酒

千トンの雪

← 桜の枝



# 現在までに得られている知見

- リンゴ(東京農業大学)
  - 雪室貯蔵5ヶ月後の減耗率が3%未満
- コーヒー(新潟県立大学)
  - 好ましい香気成分を保持しながら熟成
- 馬鈴薯(農業総合研究所食品研究センター)
  - 雪室貯蔵日数に比例して糖度が増加
- 日本酒(秋田県立大学・名誉教授)
  - 官能検査で有意差。生老香を抑制しつつ吟醸香増

B/C

費用対効果

=

効果

費用

- 冷熱
- 空気清浄/除湿
- 安定した温湿度環境
- **雪・雪室の  
ブランド価値**
- **観光資源にも**
- **食味/品質向上**

データセンター、防災備蓄、流通団地・・・

**新たな産業への展開**



# 「雪冷熱」施設の誘致検討

## データセンターを冷却

雪冷熱エネルギーを使ったデータセンターの県内立地を目指し、県が豪雪地の上越・魚沼地域で適地調査に乗りだすことが21日、分かった。除排雪した雪を1カ所に集めて夏場のサーバー冷却に使うことで電気料金を抑え、情報通信企業の誘致に結び付ける狙いがある。2014年度一般会計当初予算案に調査費を計上する方針だ。

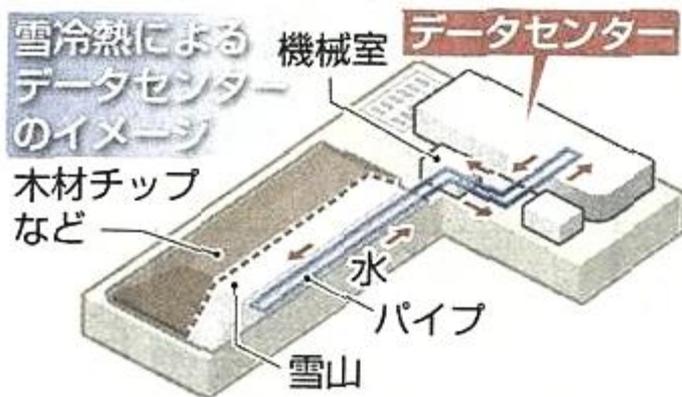
データセンターは企業や自治体、医療機関などの大量の電子情報を保管する共用設備。インターネット経由でソフトウェアやデータを呼び出して利用する「クラウド」の仕組みが普及し、需要が高まっている。

## 県、上越・魚沼で調査

### 14年度予算に経費計上

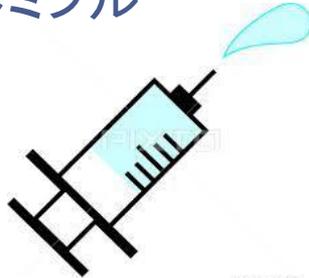
雪冷熱を使ったセンターは全国になく、県は進出を希望する事業者と共にシステムを構築する。

雪冷熱エネルギーを活用する施設建設では国から約2分の1の補助を受けられる見通し。事業者は電気料金の負担



# こんな産業への展開も・・・

タミフル



## パンデミックへの備え

– タミフル備蓄 → 期限切れ → 廃棄

## フローの備蓄へ

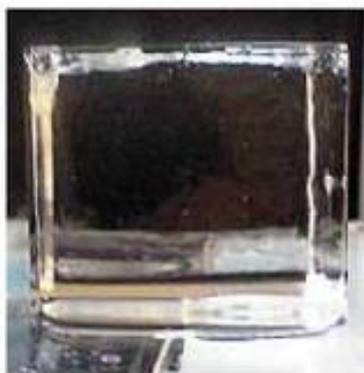
– タミフル製造 → **雪室備蓄** → 期限内に古い物から出荷

# 究極の透明氷 常識破り

長岡技科大教授、方法開発

究極の透明な氷を作る方法を、長岡技術科学大学（新潟県）の上村靖司教授（雪氷工学）が開発した。零度より高い環境で凍らせ、水の分子が完璧に並ぶ「単結晶」にする常識破りの手法。特許も取得した。

水の単結晶の代表は、きれいな水が洞窟で長時間かけて凍った「氷筍」。固くしまつて溶けにくく、水と見分けがつかないほど透明で美しい。水分子が六角形の網目をつくり、乱れなく並んで「一体



単結晶の水 上村靖司・長岡技術科学大学教授提供

## 放射冷却、+2℃でゆっくり凍結

化」しているためだ。

水に不純物が溶け込んでいると氷の中に気泡ができて濁る。コンビニなどで市販されているきれいな氷は、零下10度ほどでゆっくり冷やし、気泡を外に逃がしながら凍らせている。

ただ透明度には限度がある。冷凍庫でできるこれらの氷はふつう、多くの小さな単結晶が集まった「多結晶」だ。溶け始めると結晶の境界が濁りやすい。

上村さんは、水の熱エネルギーが赤外線として逃げる「放射冷却」という原理を活用して、もっとゆっくり凍ら

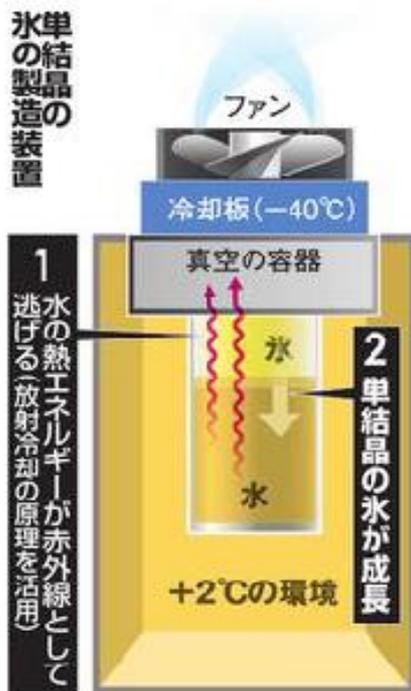
せれば単結晶ができると考えた。よく晴れた冬の朝、気温が零下でなくても池に氷が張る現象として知られる。

冷蔵庫のチルドルームに相当する2度の温度環境で、水が放射冷却で凍るしくみを作ったところ、大きな単結晶ができた。装置は、水を閉じ込める容器と真空を保つ冷却板や熱を逃がすファンなどを合わせた構造で、簡便だ。

「家庭用の冷蔵庫に組み込めれば、透明な氷を多くの人に楽しんでもらえる」と、上村さんは実用化に期待する。

（嘉幡久敏）

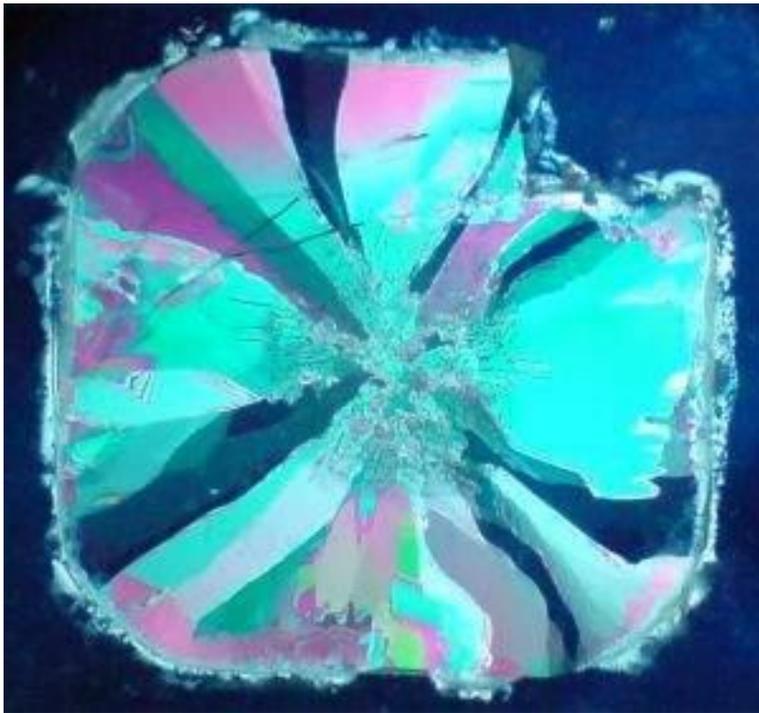
単結晶の氷の製造装置



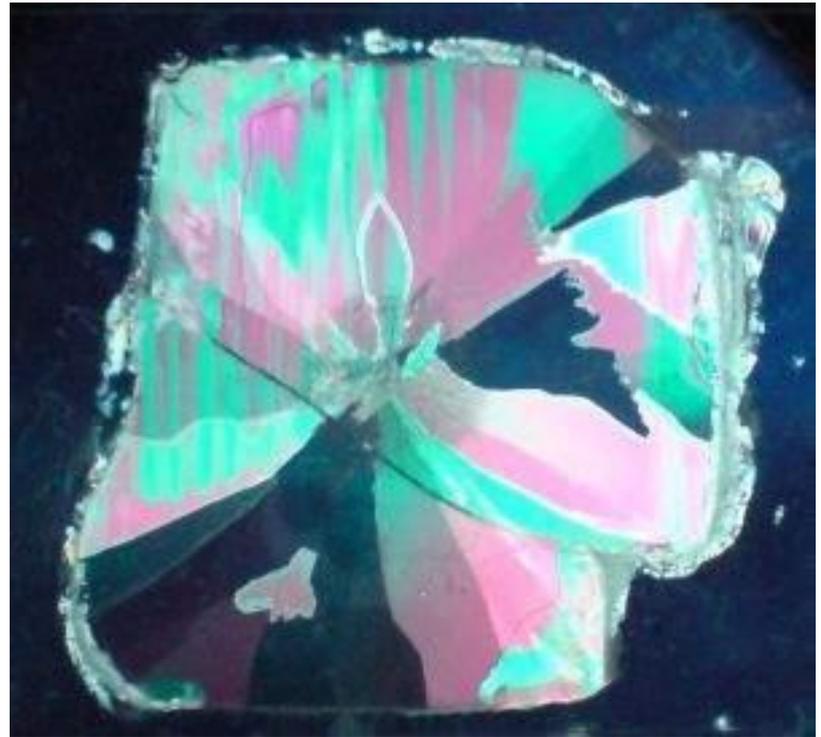


# 氷の偏光写真

- 製氷皿で作った氷



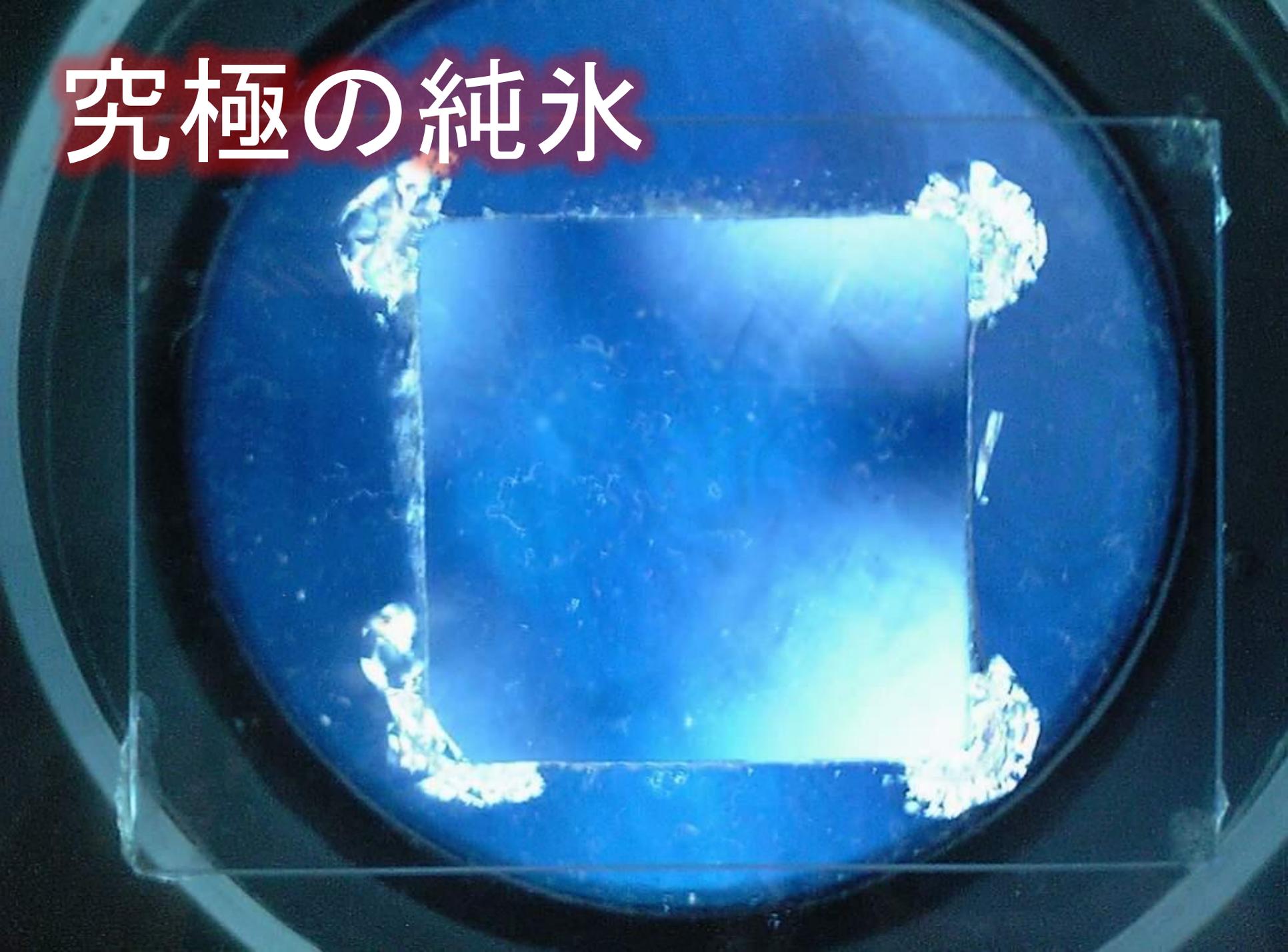
- 割り箸をはさんでゆっくり凍



# 究極の純氷



# 究極の純氷



# 有害鳥獣の威嚇

視覚への刺激  
的が小さく標的にす  
るのは難しい

目の直径 数cm

味覚・嗅覚への刺激  
環境への悪影響の恐れ

聴覚への刺激  
慣れによる効果の  
低減

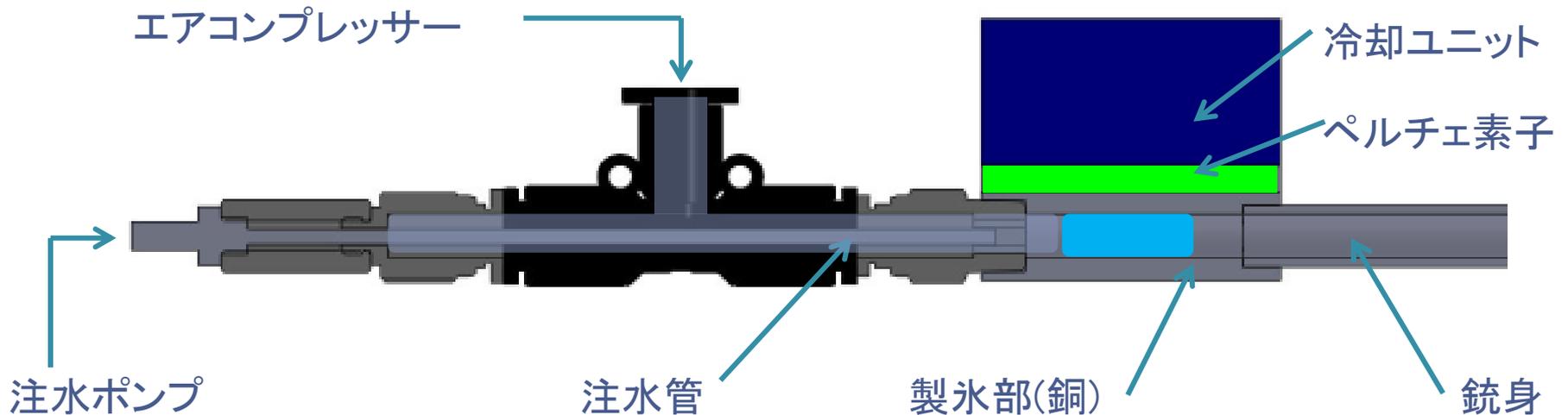
ハシブト 全長 約55cm  
ハシボソ 全長 約50cm

「痛み」による触覚への刺激  
慣れにくく、効果の持続が  
期待でき、的が体全体

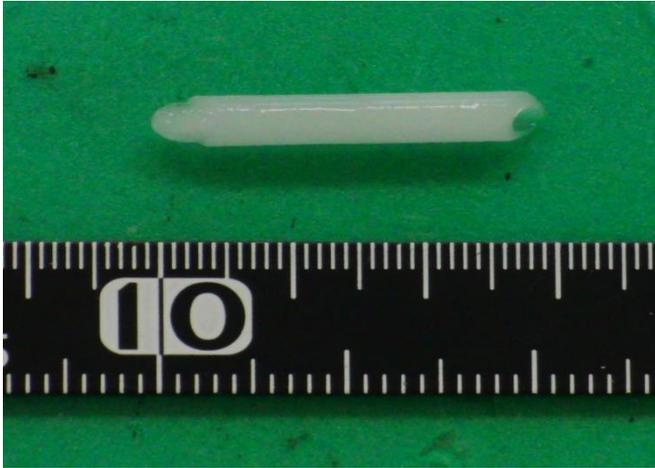
氷を弾丸として使うエアソフトガン(氷銃)を開発

# 基本原理

- ① 注水： 製氷部内に所定量の水を注入し、製氷部内に**水円柱**を作る
- ② 製氷： 製氷部を冷却して水円柱を凝固させ、製氷部内に**氷弾**を作る
- ③ 加圧： 氷弾ができたらエアコンプレッサー配管弁を開き**加圧**
- ④ 発射： 製氷部を加熱して氷弾－製氷部境界に水膜形成  
着氷力が空気圧を下回った瞬間に氷弾**発射**



# 氷弾の形状



単弾

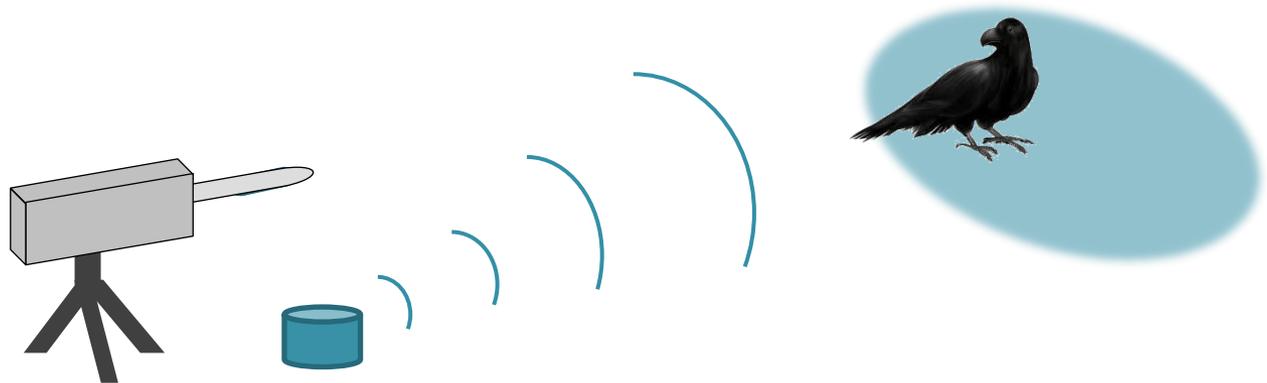


散弾

# 待ち受け型氷銃(3号機)

- コンセプト

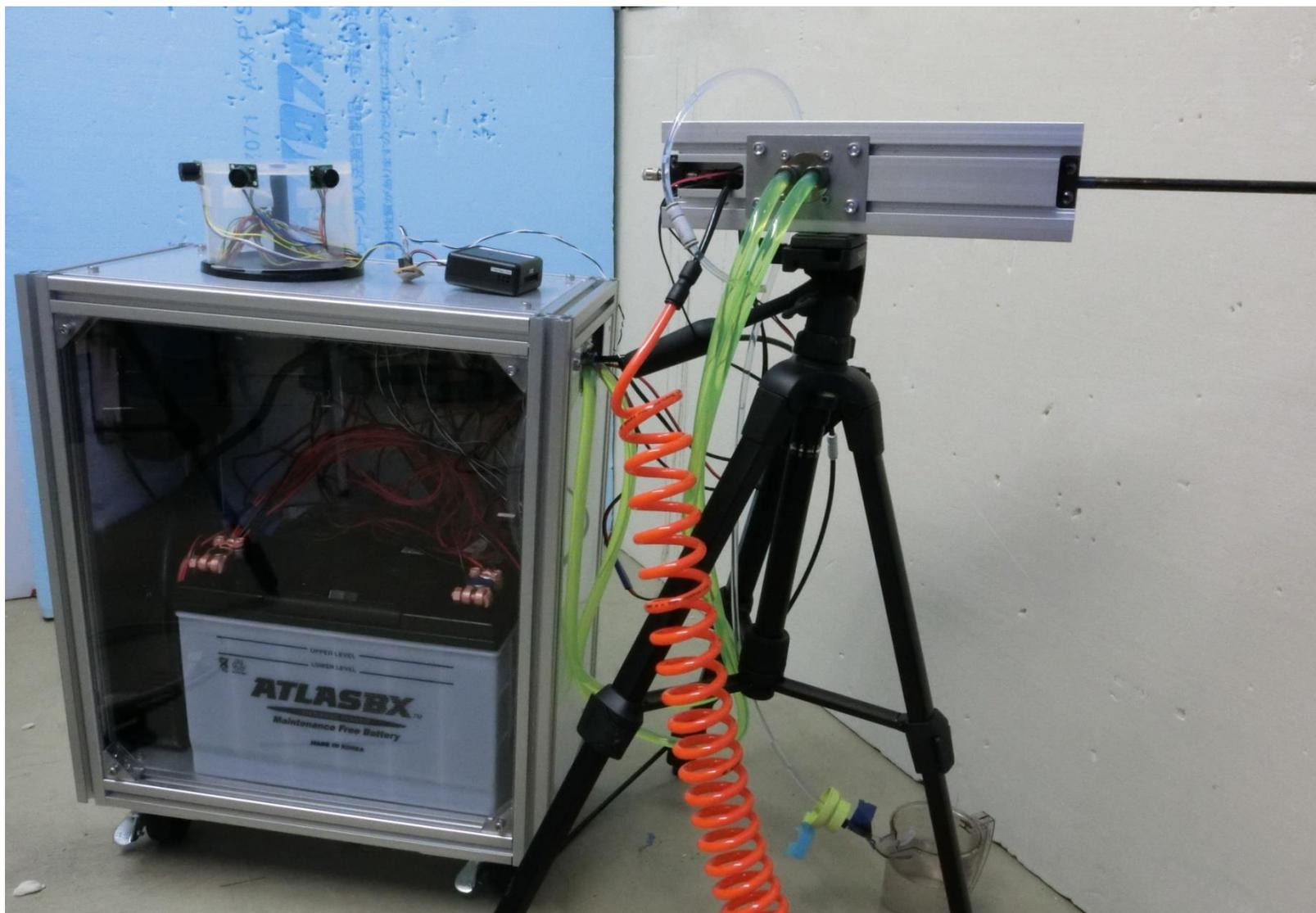
- 特定の範囲に侵入した鳥獣類をセンサで検知し、自動的に氷弾を発射する



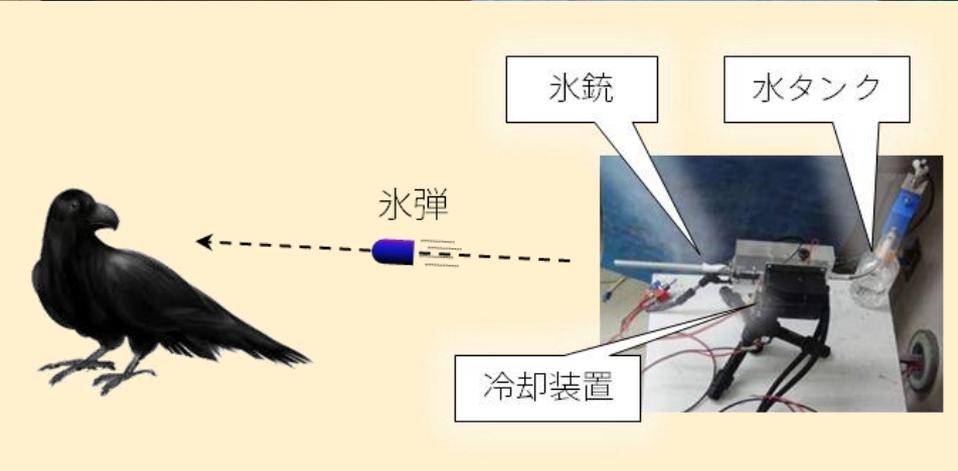
- 目的

- センシング技術との組み合わせで、注水から発射までを自動化
- 屋外での使用に向けて電源をバッテリー方式に変更

# 3号機の外観



# 氷銃





Snow

te TOKYO

2020

ご清聴ありがとうございました



# 3号機構成

運搬ケース

Arkas

リレー

ON/OFF

ON/OFF

ON/OFF

バイモル  
ポンプ

エアコンプレッ  
サー

水冷  
ユニット

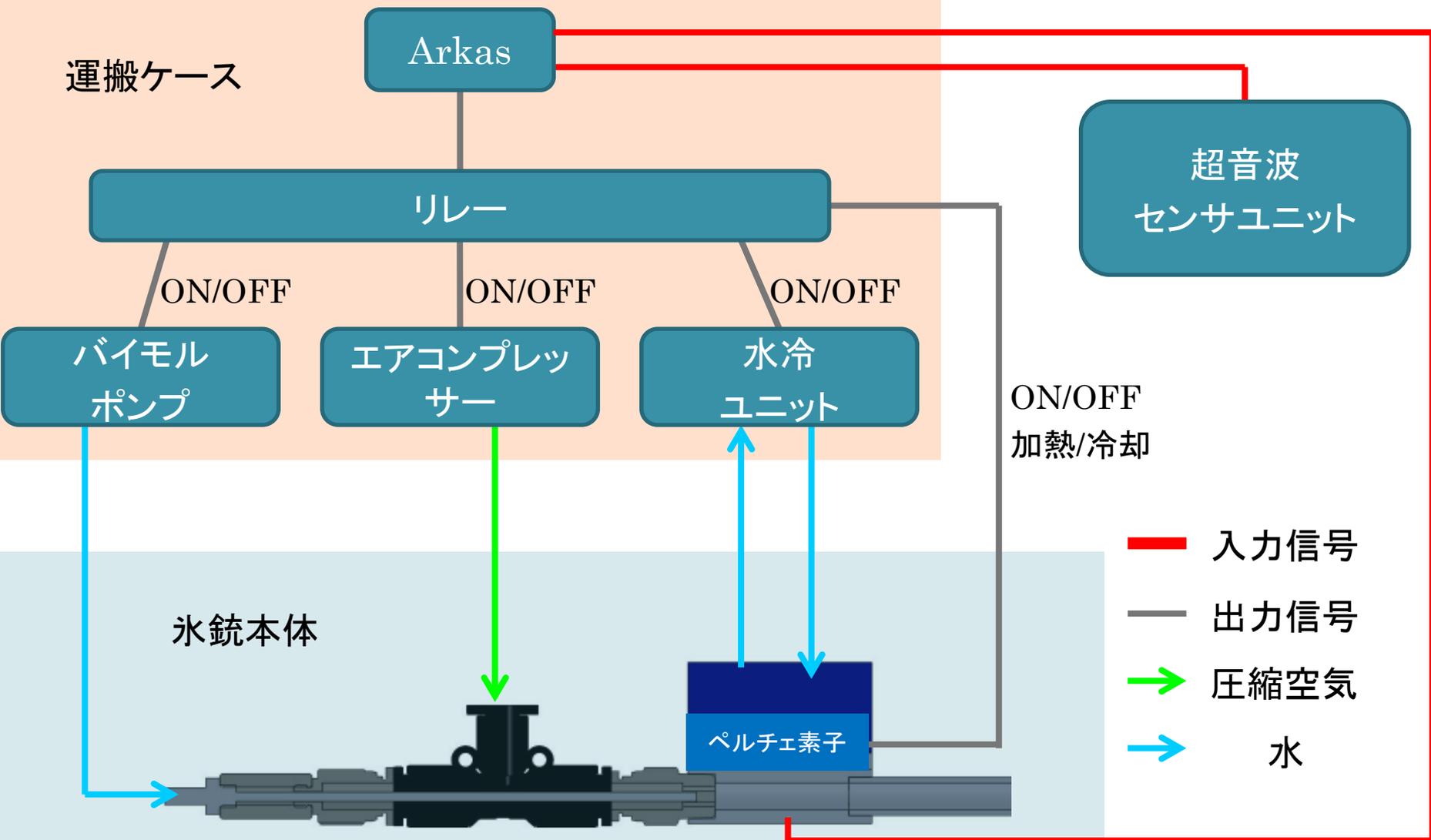
超音波  
センサユニット

ON/OFF  
加熱/冷却

氷銃本体

ペルチェ素子

- 入力信号
- 出力信号
- 圧縮空気
- 水



# 八色しいたけ きのこはうす上村



600トンの雪山

糸殻被覆(3年目)

# 八色しいたけ きのこはうす上村

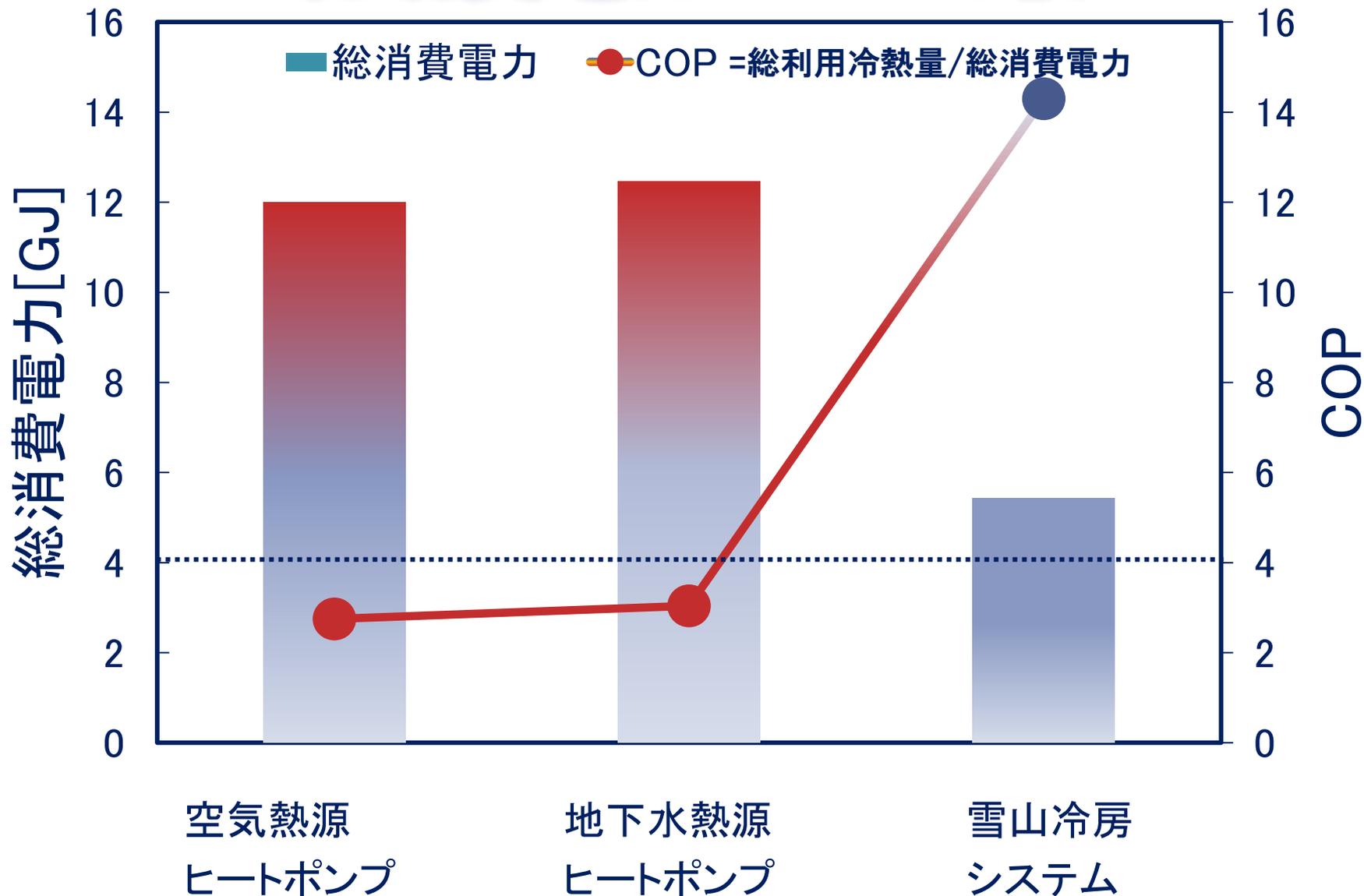


温室を雪冷房

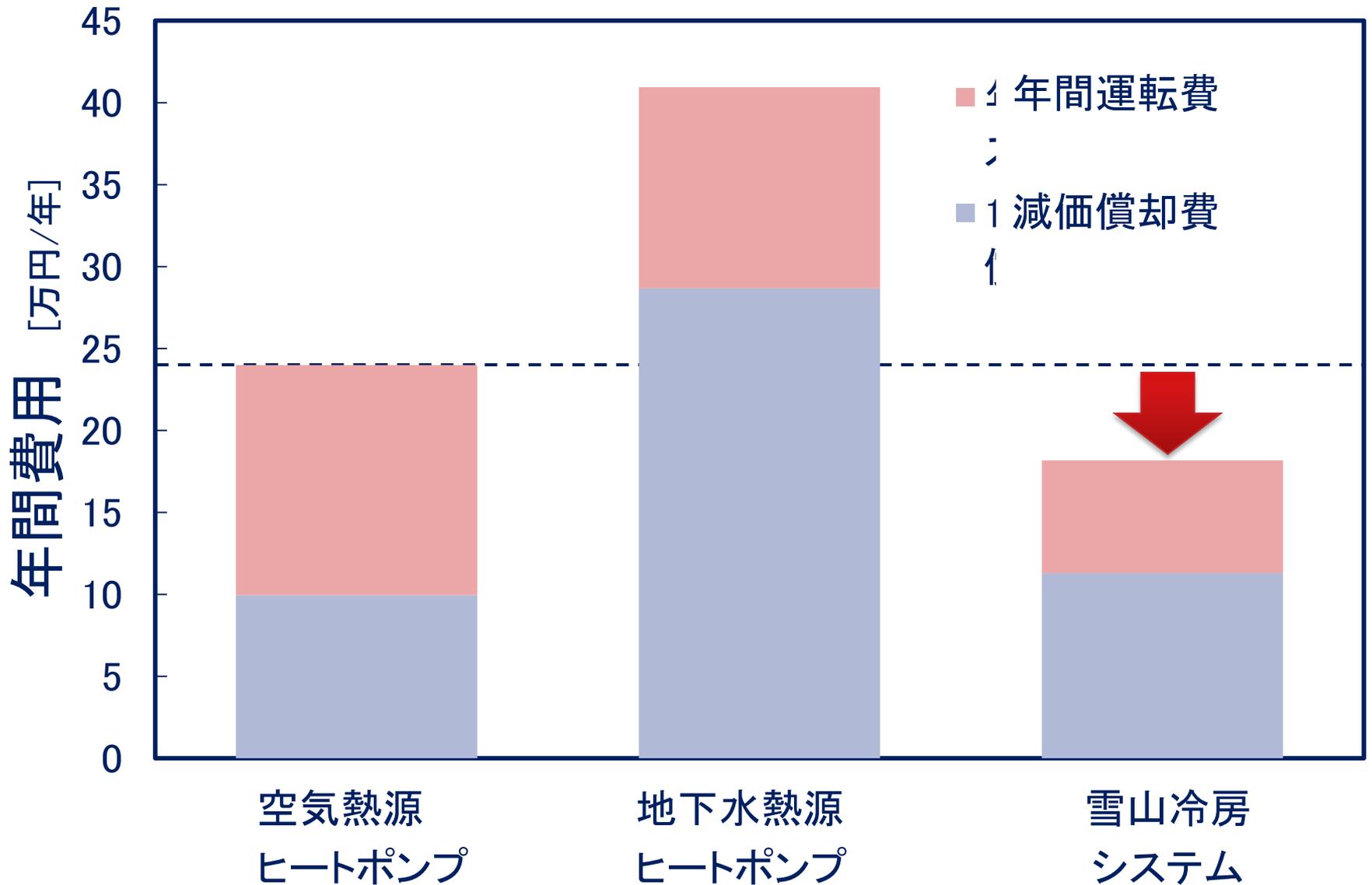
$$\text{COP} = \frac{\text{取得熱量}}{\text{消費電力}}$$

成績係数

# 総消費電力・COP比較



# トータルコスト比較

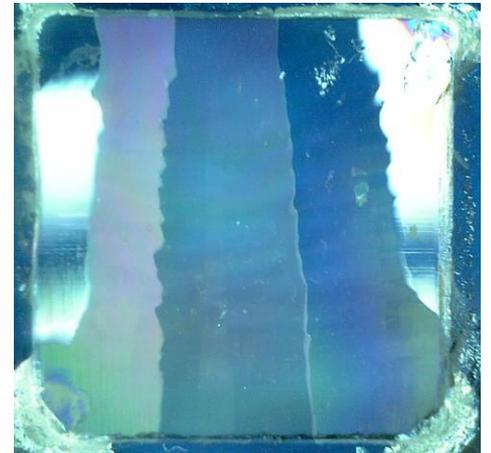
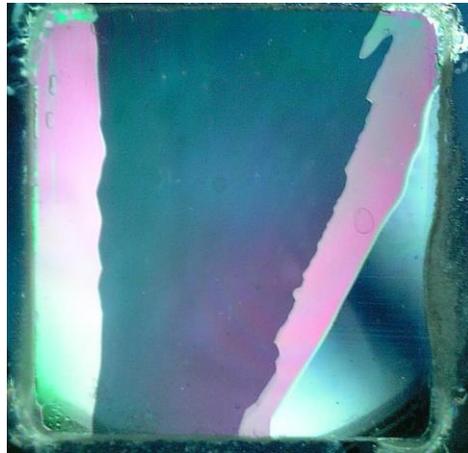
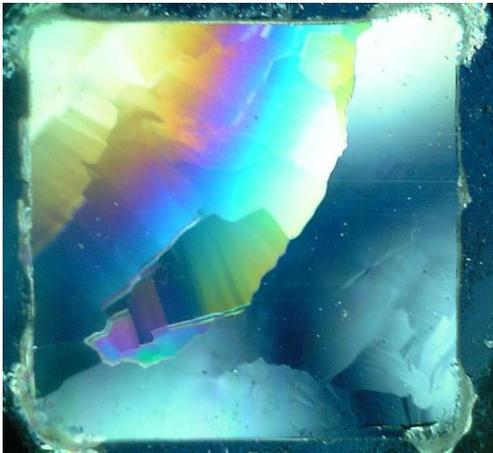
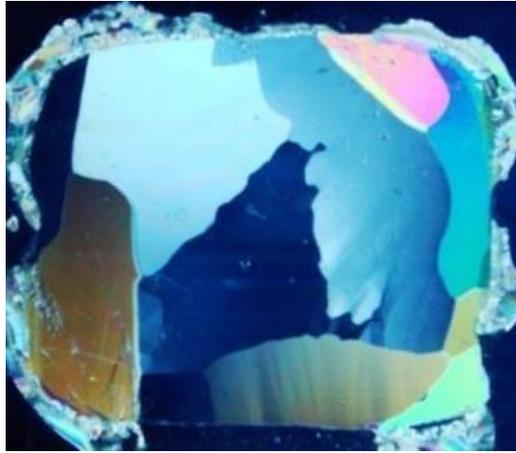
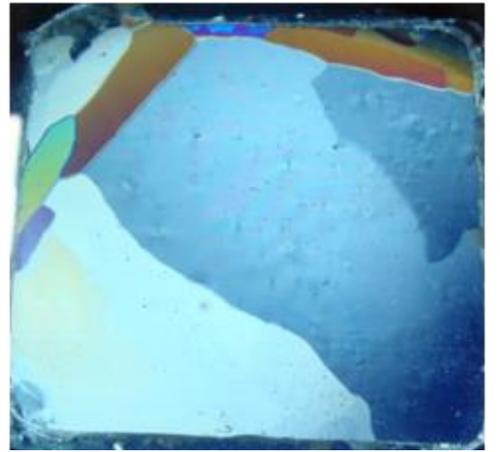
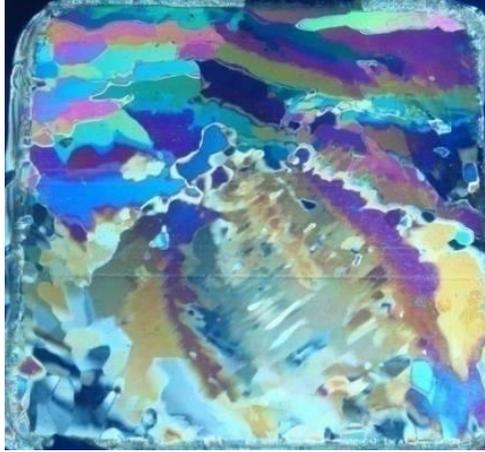
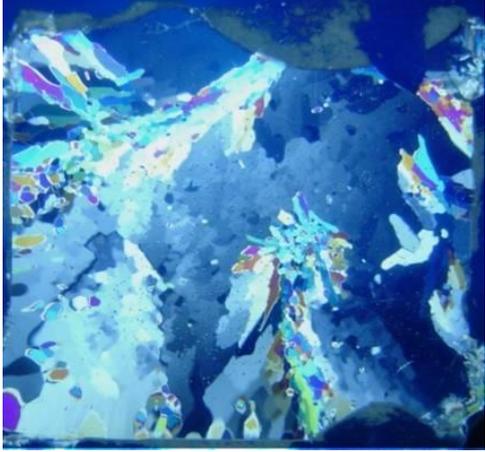


B/C

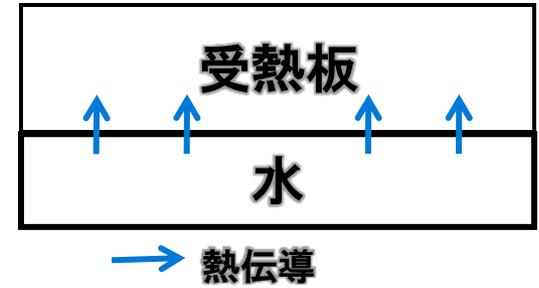
費用対効果

$$= \frac{\text{効果}}{\text{費用}}$$





# 新しい製氷方法



# 実験装置

## + 構成

+ 冷却ユニット

+ 真空槽

+ 水槽 (50 × 50 × 100mm)

+ 断熱覆い

## × 観察

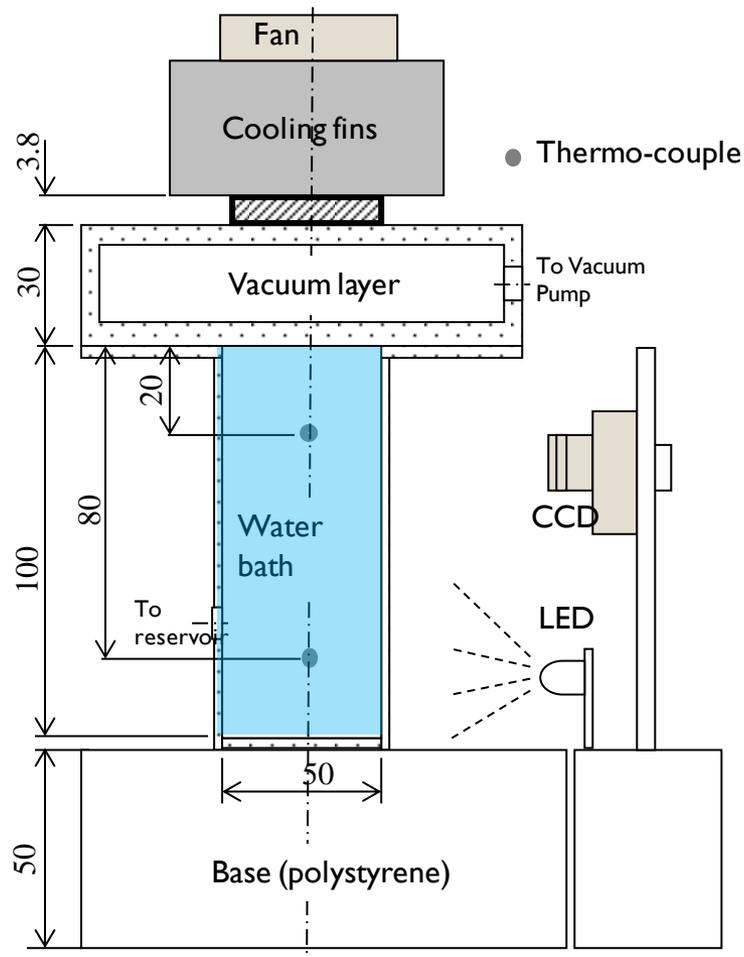
+ 氷の成長

+ CCDカメラ

+ 水温測定

+ 水槽内2カ所

+ 雰囲気1カ所



# 結果

- 実験条件 室温  $2^{\circ}\text{C}$ 、冷却面温度  $-37^{\circ}\text{C}$



(a) Side view

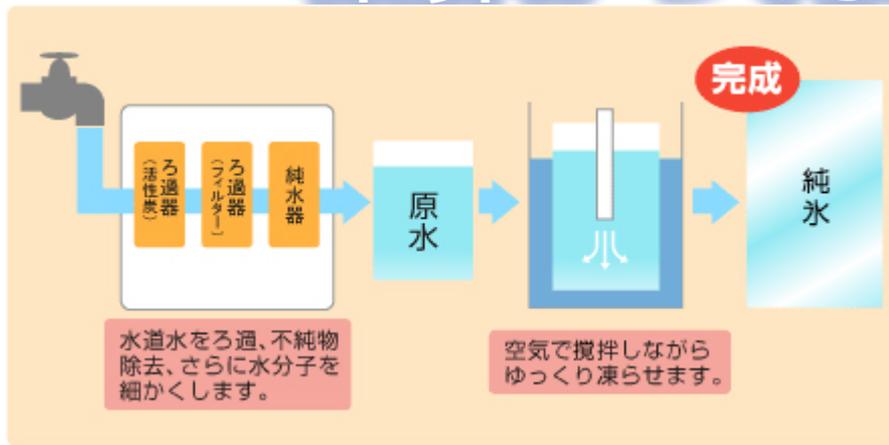


(b) Top view

- 鉛直下方に $0.6\text{mm/h}$  ( $14.4\text{mm/d}$ )で成長
- 目視で完全に透明、かつ無気泡



# 業界がつくる純水



(有) 富士氷室HPより



純水の結晶



一般水の結晶



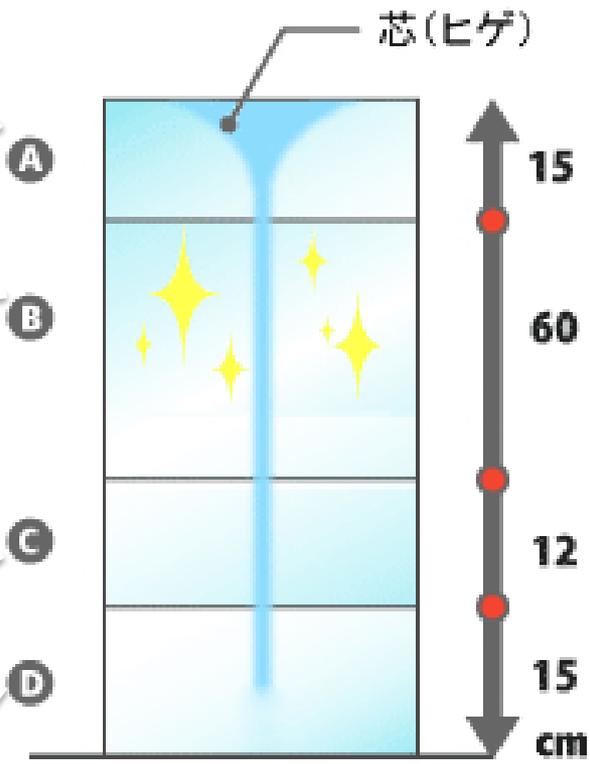
# 氷の使い分けの例

芯や気泡のかたまり「ヒゲ」が目立つため、冷却用のクラッシュアイスとして使用する。

氷の目がそろっている、もっともクオリティーが高い部位。透明度が高く、ボールアイスやスティックアイスに用いる。

やや芯が太く、ヒゲのないのが特徴

あらがき、クラッシュアイスとして碎き、ドリンク冷やし用の氷として用いる。



(有) 富士氷室HPより



Photo by TIA



Photo by TIA

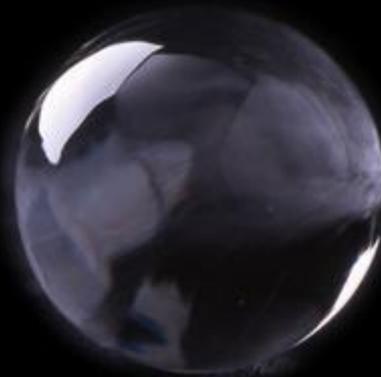


Photo by TIA



Photo by TIA



Photo by TIA



Photo by TIA



Photo by TIA



Photo by TIA

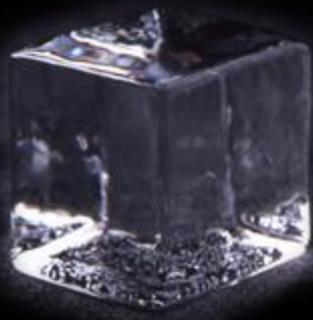


Photo by TIA



Photo by TIA

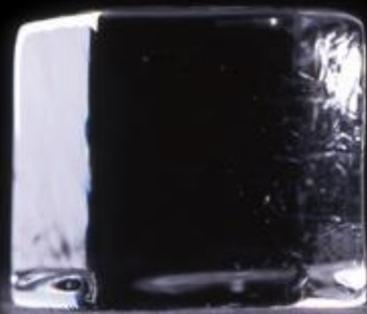
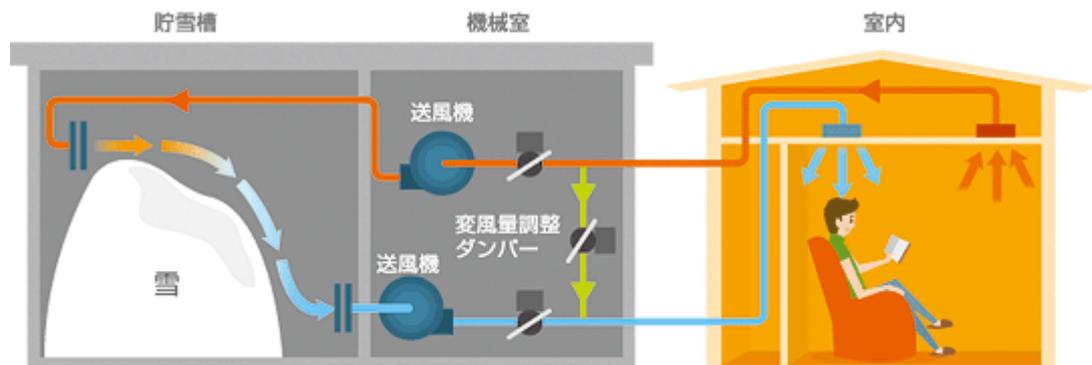


Photo by TIA

# 雪を使った冷房

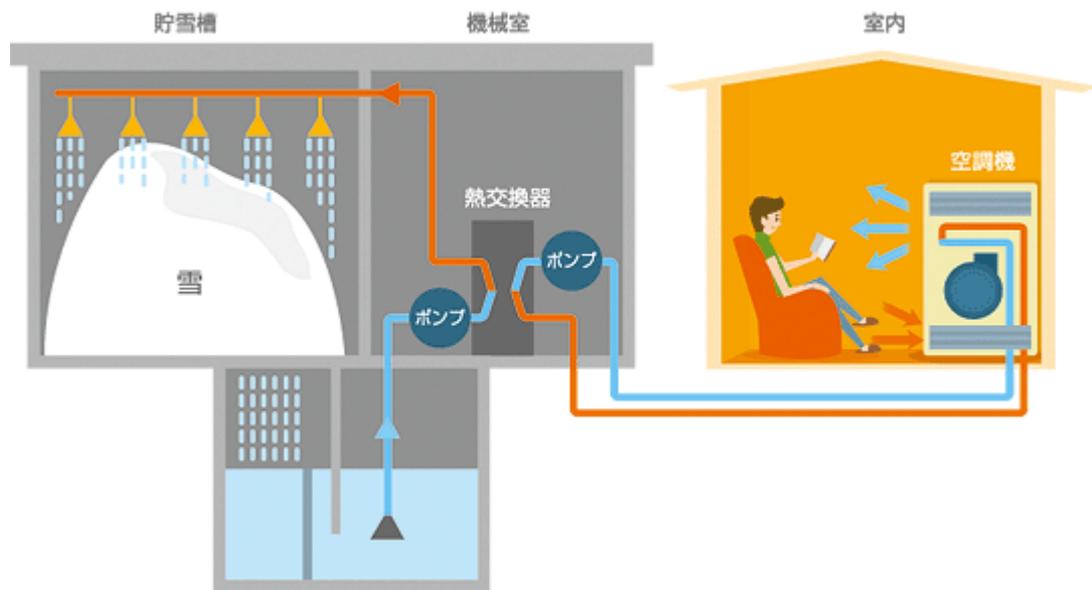
## 冷風循環式

暖かい部屋の空気を雪室で冷やして、直接部屋に戻します。



## 冷水循環式

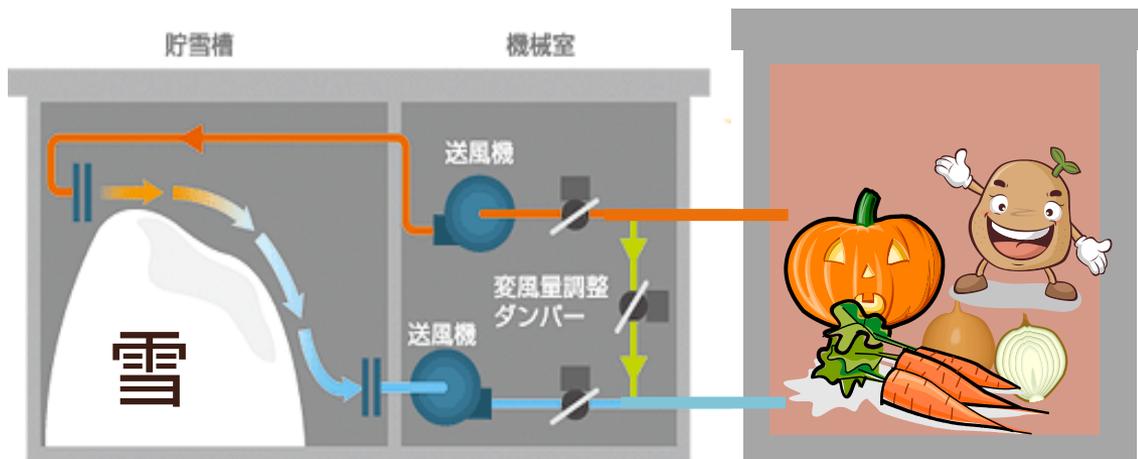
雪解け水で不凍液を冷やし、冷えた不凍液を部屋に送って冷房します。



# 雪を使った冷蔵

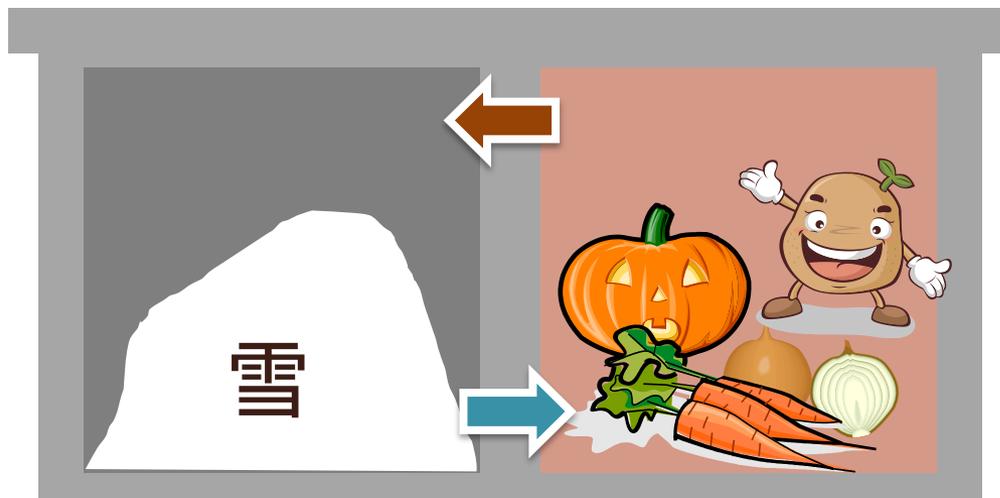
## 冷風循環式

暖かい部屋の空気を雪室で冷やして、直接部屋に戻します。

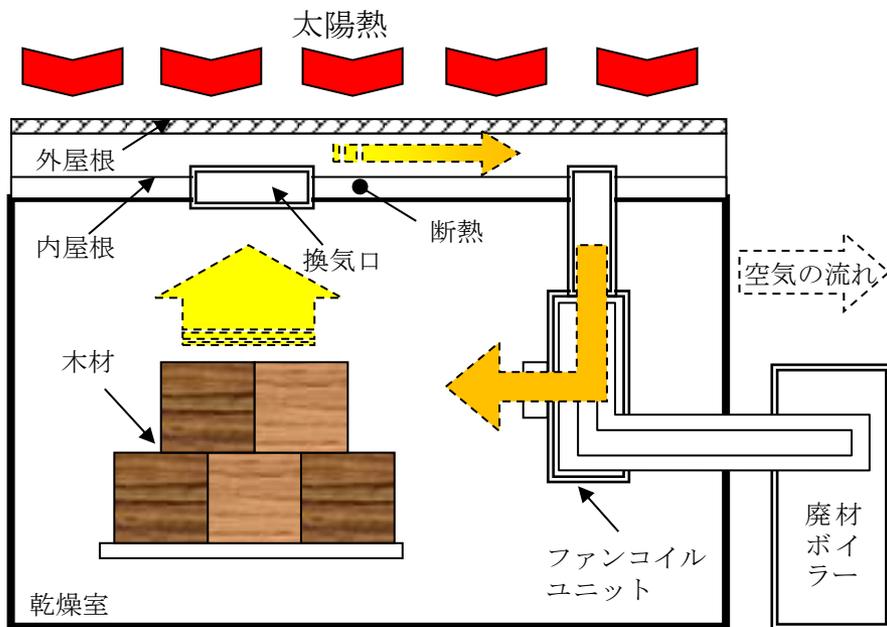


## 自然対流式

冷たい空気は下に、暖かい空気は上に流れる性質を使って冷やします。

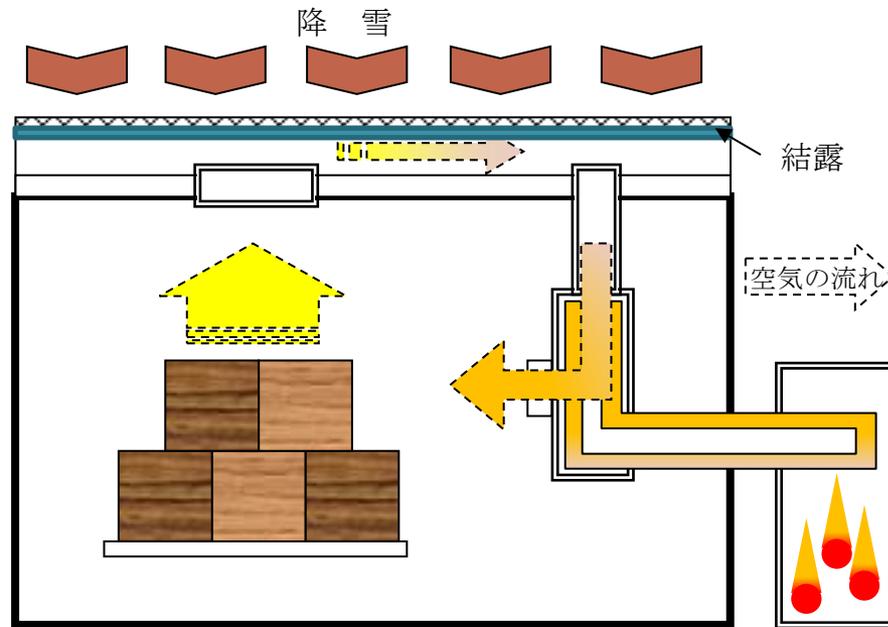


## 夏季 太陽熱利用モード



夏季は太陽熱によって暖められた屋根裏で**加熱された空気**を乾燥室に循環することで木材乾燥に利用する。

## 冬季 降雪利用モード



冬季は雪によって屋根が冷やされ、屋根裏で**結露すること**で乾燥した空気を廃材ボイラーで温め木材乾燥に利用する。

# '07

# 南魚沼市

水温熟成

ひとくちで  
思わず、笑顔



詳しくはこちら



水温熟成で年中「新米」  
吉兆楽の、自信作。



美味しいお米を、もっと美味しく

**吉兆楽印** 魚沼吉兆楽

おいしさへのこだわり

# 勇気

新潟市

’11



確信



カサブランカ



オリエンタル系ユリ

津南町 JA津南、(有)大地

- 冷熱
- 空氣清淨
- 除湿
- 安定した  
温湿度環境

効果

費用

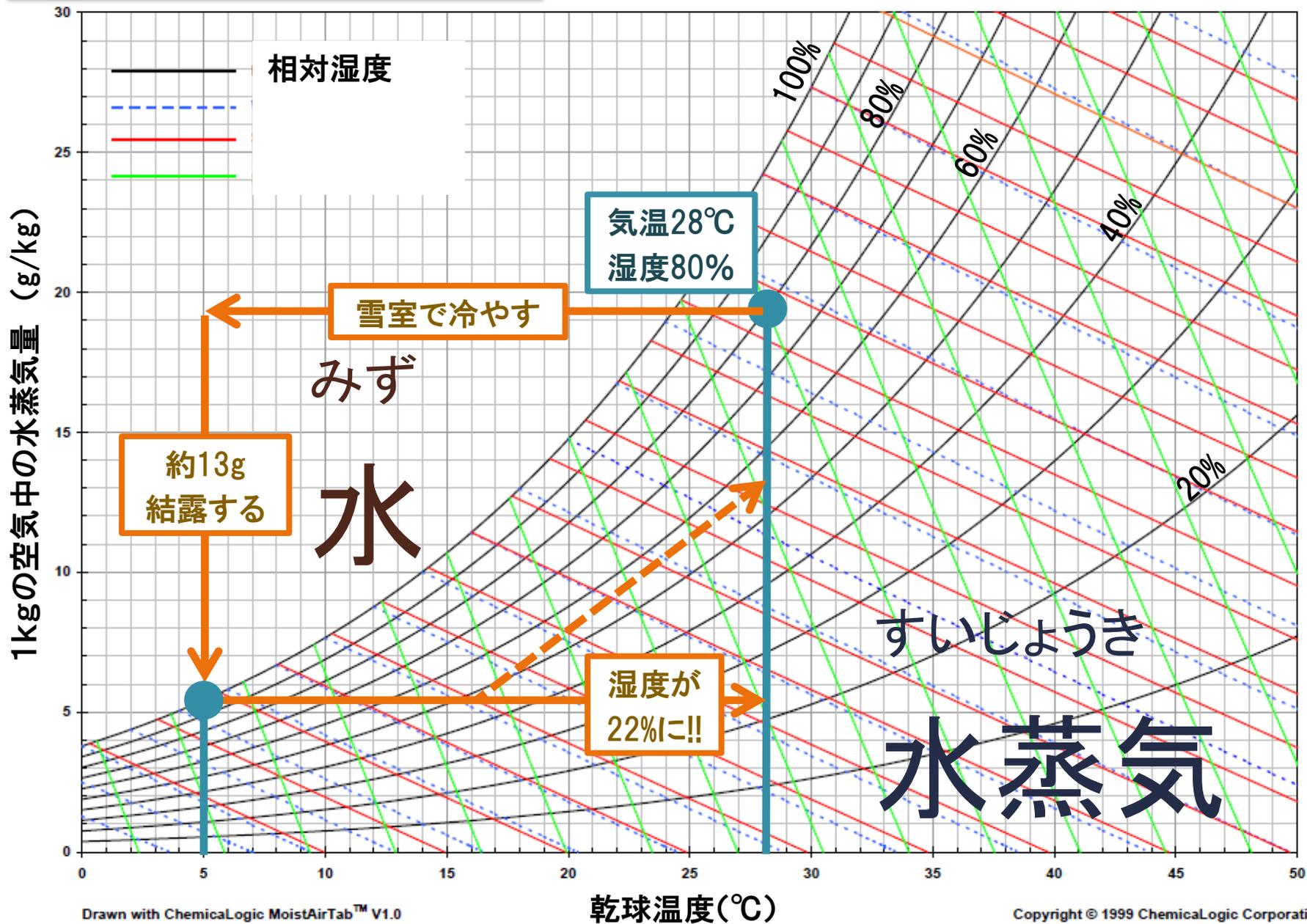
=

B/C

費用対効果

# 本当に除湿できるの？

## 湿り空気線図



# おいしくなる！？

- 雪国の農産物おいしい
- 雪室貯蔵した農産物・加工品は美味しくなる

は本当か？

※穀類の飽和脂肪酸の増加を抑える、根菜類の糖度が上がるは立証済み

- 上越市「雪中貯蔵に関する緩やかなルール  
(ガイドライン)づくり検討委員会」(2011年～)

B/C

費用対効果

=

効果

費用

- 冷熱
- 空気清浄
- 除湿
- 安定した  
温湿度環境
- 雪・雪室の  
ブランド価値
- 観光資源にも

# 究極の純氷

- 究極の純氷 = 単結晶氷塊
- 単結晶氷塊の製造
  - 引き上げ法(東・小黒, 1967, 百武ら, 2000)
  - 氷筍法(対馬, 1998)
  - 減圧法(Khusnatdinov, Petrenko, 1996)
- 条件
  - 原料水の処理(超純水、蒸留水など)
  - 雰囲気温度制御(例えば $1.0 \pm 0.2$  °C)
  - 低い成長速度(概ね13–20 mm/dの範囲)