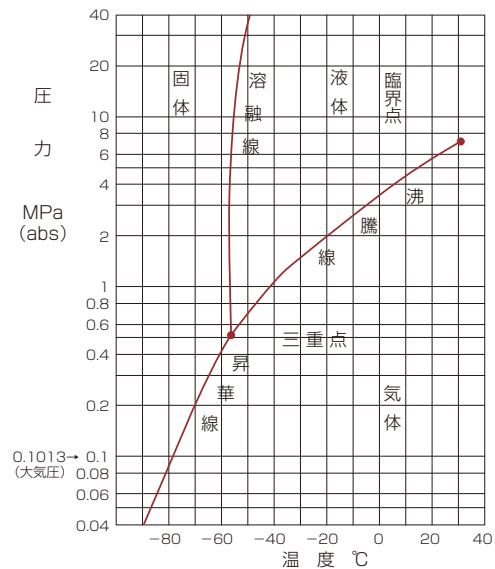


## ドライアイス

日本液炭は、炭酸ガスに秘められた可能性に果敢にチャレンジ。独自の技術力でドライアイスの機能性と向き合っています。

### 炭酸ガスの状態図

- ① 沸騰線は液体と気体の相変化、昇華線は固体と気体の相変化、溶解線は固体と液体の相変化を表します。
- ② 気体の炭酸ガスを圧縮・冷却すると液体になります。
- ③ 臨界温度(31.1℃)を越えると圧縮しても液化しません。なお臨界温度で液化を始める圧力(7.382MPa)を臨界圧力といいます。
- ④ 液体の炭酸ガスを冷却していくと、-56.6℃、0.518MPaで固体になります。この時、固体・液体・気体の状態が同時に存在することから、三重点といいます。
- ⑤ 三重点未満の圧力では液体の状態は存在しないため、大気圧では液体にならず固体のドライアイスは直接気体になります。
- ⑥ 通常貯槽や容器に充填されている状態の液体の炭酸ガスは、沸騰線上の状態にあります。これらを減圧すると、液体は沸騰を始めるとともに温度を下げていき、三重点を下回ると内部の液体は固体に変化していきます。



出典：液化炭酸ガス取扱テキスト 平成18年5月改訂

### ドライアイスの取扱い、安全上の注意

#### 警告

ペットボトルやビンなどの容器に入れないでください。密閉するとすぐに破裂して危険です。



運転手や乗客がいる自動車内に持ち込まないでください。中毒もしくは酸欠になり危険です。

▲荷台等、換気を充分できる場所に積んでください。



地下室や換気のない場所で貯蔵・取扱いをしないでください。

▲炭酸ガスは重いので床に溜まります。十分な換気のできる場所でご使用ください。



#### 注意

直接手で触れないでください。凍傷になります。

▲厚手の保護手袋をご使用ください。



ドライアイスで遊んだり、口に入れたりしないでください。

▲子供の手の届かない所に置いてください。



食品添加物ではありません。ソーダ水等の炭酸飲料は作れません。

▲食品に直接あてず、包装するなどして間接的に冷却してください。



**ドライアイスの廃棄方法** ドライアイスは-78.5℃の超低温の物質です。廃棄は風通しのよい場所で自然に消滅させてください。

### ドライアイス使用時は、人体への影響を考慮して換気に注意

濃度(%)	影響
0.035	正常空気中濃度
0.5	長期安全限界濃度(日本産業衛生学会勧告値)
1.5	長期間作業可能、この濃度以上で立入禁止(労働安全規則)
3.0	短期暴露限界(15分:米産業衛生専門官会議)

濃度(%)	影響
7.0	許容限界:15分程度で意識不明
10.0	整備機能不能:10分程度で意識不明
25.0	呼吸低下・麻痺等:数時間後に死に至る

高濃度の炭酸ガスを吸入すると人体に影響を与える恐れがあります。ドライアイスを使用する場合は換気に注意し、常に濃度1.5%未満になるようにしてください。

## 必要量計算法

ドライアイスの必要量は、次の計算式で求められます。

**A** 呼吸熱の発生を伴わない輸送物  
(アイスクリーム、冷凍食品、肉など)

$$\frac{K \cdot A \cdot \Delta T \cdot \text{Hr}}{630} = \text{ドライアイス 必要量}$$

**B** 呼吸熱の発生を伴う輸送物  
(果物、野菜)

$$\frac{K \cdot A \cdot \Delta T \cdot \text{Hr} + q}{630} = \text{ドライアイス 必要量}$$

**C** コンテナなど、容器の予冷用

$$\frac{\text{コンテナ重量} \cdot 1/2 \cdot C \cdot \Delta T}{630} = \text{ドライアイス 必要量}$$

**D** 対象品の品温低下用

$$\frac{W \cdot C \cdot \Delta T}{630} = \text{ドライアイス 必要量}$$

K = 保冷車・冷蔵貨車などの熱貫流率KJ/m<sup>2</sup>hr<sup>2</sup>℃

q = 果物・野菜が発生する呼吸熱量KJ

A = 保冷車・冷蔵貨車などの伝熱面積m<sup>2</sup>

C = 比熱KJ/kg℃

ΔT = (外気温) - (庫内保持温度)

W = 物品重量kg

Hr = 輸送時間

630 = 1kgのドライアイスが昇華して-15℃の炭酸ガスになるまでの呼吸熱量KJ/kg

## 計算例 -1

-20℃に予冷されている冷凍食品を容量12Lの発泡箱で6時間輸送するときのドライアイスの必要量を計算します。  
なお、外気温は30℃、発泡箱は厚み25mm、発泡倍率は60倍とします。

K(熱貫流率) = 4.51 KJ/m<sup>2</sup>hr<sup>2</sup>℃    A(伝熱面積) = 0.47m<sup>2</sup>  
ΔT = 50℃(30℃ - (-20℃))    Hr(輸送時間) = 6時間  
発泡箱外寸法 = 縦350mm×250mm×250mm  
発泡箱内寸法 = 縦300mm×200mm×200mm

温度維持用(A式より)

$$\frac{4.51 \times 0.47 \times 50 \times 6}{630} \div 1.0\text{kg}$$

上記の計算により6時間の輸送で必要となるドライアイスの必要量は1.0kgとなります。なお、実際の輸送時にかなり複雑な熱移動があるため、必ずしもこの計算結果通りにいくとは限りません。使用にあたっては、この計算方法を参考にして必ずテスト適正数値を確認してください。

〈発泡箱〉

K(熱貫流率)の目安

	発泡倍率 30倍	40倍	50倍	60倍
●発泡箱 厚み20mmの場合	4.61	4.87	5.12	5.36
●発泡箱 厚み25mmの場合	3.86	4.08	4.3	4.51
●発泡箱 厚み30mmの場合	3.31	3.51	3.7	3.89

(単位: KJ/m<sup>2</sup>hr<sup>2</sup>℃)

## 計算例 -2

5℃に予冷されているチルド品3,000kgを4t保冷トラックで12時間輸送する場合のドライアイス必要量を計算します。  
なお、外気温は30℃、コンテナ重量は1t、コンテナ断熱材厚みは75mmで外気温と同じ温度になっているものとします。

K(熱貫流率) = 1.67 KJ/m<sup>2</sup>hr<sup>2</sup>℃    A(伝熱面積) = 49m<sup>2</sup>  
ΔT = 25℃(30℃ - 5℃)    Hr(輸送時間) = 12時間  
コンテナ重量 = 1000kg    C = 1.05/kg℃ (コンテナ比熱)

① コンテナ予冷用(C式より)

$$\frac{1000 \times 1/2 \times 1.05 \times 25}{630} \div 21\text{kg}$$

② 温度維持用(A式より)

$$\frac{1.67 \times 49 \times 25 \times 12}{630} \div 39\text{kg}$$

∴ドライアイス必要量 ① + ② = 60kg

輸送時間12時間のためドライアイス1個の大きさは4kg。したがって、クラフト紙で包んだ4kgの大きさのドライアイスを15個(60÷4)投入すれば良いこととなります。なお、実際の輸送時にかなり複雑な熱移動があるため、必ずしもこの計算結果通りにいくとは限りません。使用にあたっては、この計算方法を参考に必ずテストにより適正数値を確認してください。

〈コンテナ〉

K(熱貫流率)の目安

- 断熱厚み100mmの場合: 1.26 KJ/m<sup>2</sup>hr<sup>2</sup>℃
- 断熱厚み 75mmの場合: 1.67 KJ/m<sup>2</sup>hr<sup>2</sup>℃
- 断熱厚み 50mmの場合: 2.52 KJ/m<sup>2</sup>hr<sup>2</sup>℃

A(伝熱面積)の目安

- 1t車: 約18m<sup>2</sup>
- 2t車: 約27m<sup>2</sup>
- 3.5t車: 約40m<sup>2</sup>
- 4t車: 約49m<sup>2</sup>
- 6t車: 約67m<sup>2</sup>
- 8t車: 約80m<sup>2</sup>
- 10t車: 約94m<sup>2</sup>