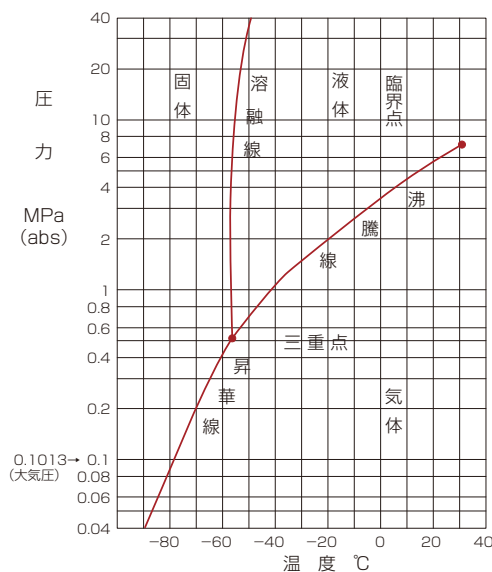


ドライアイス

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、溶融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

<p>⚠ 警告</p> <p>密閉すると爆発して危険です。ペットボトルやビンなどの容器に入れしないでください。</p> <p>▲ドライアイスは昇華(ガス化)して気体になると体積が750倍に膨らみます。</p> <p>中毒もしくは酸欠になり危険です。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。</p> <p>▲自動車内に持ち込む場合は、窓を開けるなど換気を充分にしてください。</p> <p>地下室や換気のない場所で貯蔵・取扱をしないでください。</p> <p>▲炭酸ガスは空気より重いので床に溜まります。十分な換気のできる場所をご使用ください。</p>	<p>直接手で触らないでください。凍傷になる恐れがあります。</p> <p>▲触れる際には保護手袋をご使用ください。</p> <p>ハンマーなどで砕いて使用しないでください。</p> <p>▲ドライアイスの欠片が飛び可能性があります。</p> <p>ドライアイスで遊んだり口に入れてしないでください。</p> <p>▲ドライアイスは食品添加物ではありません。直接口に入るようなことがないようにしてください。</p> <p>子供の手の届かない場所に置いてください。</p> <p>▲誤って素手で触ってしまったり、口に入れてしまう恐れがあります。</p>	<p>⚠ 注意</p> <p>ドライアイスを直接食品に当てて冷却しないでください。</p> <p>▲ドライアイスは食品添加物ではありません。直接口に入るようなことがないようにしてください。</p> <p>ドライアイスの廃棄方法</p> <p>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。</p>
--	---	---

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	濃度 (%)	影響
0.035	正常空気中濃度	7.0	許容限界：15分程度で意識不明
0.5	長期安全限界濃度(日本産業衛生学会勧告値)	10.0	整備機能不能：10分程度で意識不明
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)	25.0	呼吸低下・麻痺等：数時間後に死に至る
3.0	短期暴露限界(15分：米国産業衛生専門官会議)		

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)

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

B 呼吸熱の発生を伴う輸送物
(果物、野菜)

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

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/m²h²°C

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m²

C = 比熱KJ/kg°C

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°Cの炭酸ガスになるまでの呼吸熱量KJ/kg

計算例 -1

-20°C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°C、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/m²hr°C A (伝熱面積) = 0.47m²

ΔT = 50°C (30°C - (-20°C)) 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)

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

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/m²hr°C)

計算例 -2

5°C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°C、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/m²hr°C A (伝熱面積) = 49m²

ΔT = 25°C (30°C - 5°C)

コンテナ重量 = 1000kg

Hr (輸送時間) = 12時間

C = 1.05/kg°C (コンテナ比熱)

① コンテナ予冷用 (C式より)

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

② 温度維持用 (A式より)

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

∴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/m²hr°C

●断熱厚み 75mmの場合: 1.67 KJ/m²hr°C

●断熱厚み 50mmの場合: 2.52KJ/m²hr°C

A (伝熱面積) の目安

●1t車: 約18m²

●2t車: 約27m²

●3.5t車: 約40m²

●4t車: 約49m²

●6t車: 約67m²

●8t車: 約80m²

●10t車: 約94m²