



LN2-液体窒素滴下の 酒類飲料への適応

(付：LCO2-液体炭酸の
ワイン醸造への利用)

text = 喜多常夫 / きた産業株式会社

Kita Sangyo Co., Ltd.

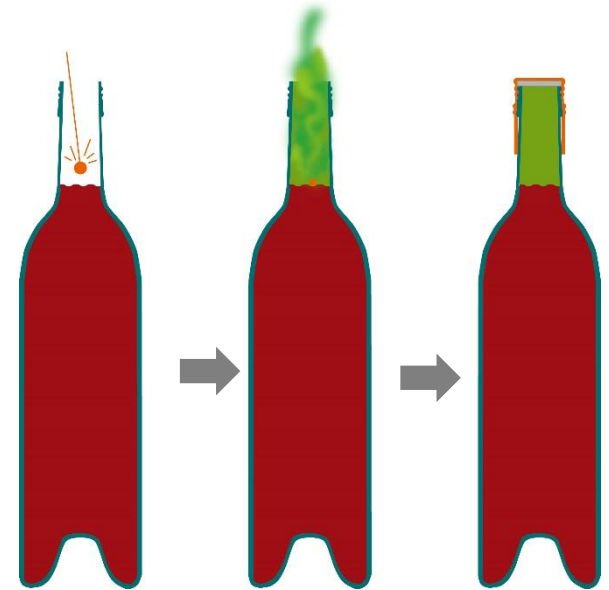
The Specialist of    gas for beverage industry

N₂

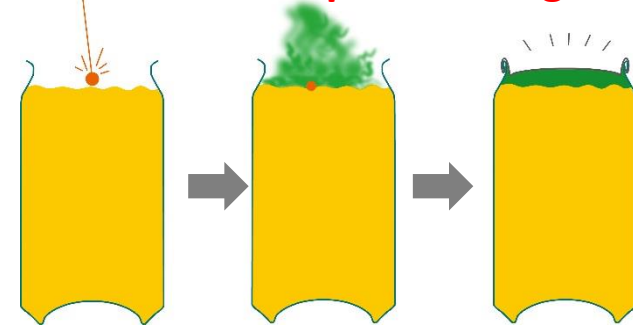
液体窒素 (LN₂) 滴下とは

- 液体窒素 (Liquid Nitrogen: LN₂) は1気圧下での沸点が -196 °C。滴下機で1滴をボトルや缶などの容器に滴下すると、すぐに窒素ガス (N₂) に気化し始める。直ちにキャップや缶蓋で密封すると、密封容器内は窒素雰囲気となる。液体窒素が窒素ガスに気化すると、容積は約700倍になる。
- 窒素は水に溶けにくいので、液体容器に入れた場合、ほとんどがヘッドスペース部分に残る。
- **主要用途① - inerting** : 急速に気化膨張する窒素ガスがキャッピング前に容器からエア(酸素)を追い出して酸化防止を行う。
- **主要用途② - pressurising** : キャッピング後に窒素ガス圧力を形成し、容器に剛性をもたせる。
- 窒素は空気の主要成分で、人体に対して無害なほか、無味無臭で食品品質に影響しない。
- 1950年代にアメリカで実用化された技術。日本には、1970~80年代にユニバーサル製缶(当時は三菱マテリアルのアルミ缶部門)が導入したのが嚆矢だと思います。

主要用途① - inerting



主要用途② - pressurising



LN₂滴下が利用される分野と効用: 「酒類」

		実績			効能		
		海外での実績	日本での実績	日本で今後期待される	酸化防止	容器の加圧	その他
ワイン (ノンガス)	ガラスびん	●	×	●	●		●*1
	PETボトル、 ボトル缶、缶	●	●	●	●	●	
清酒・焼酎 (ノンガス)	ガラスびん	---	●		●		
	PETボトル、 ボトル缶、缶	---	●	●	●	●	
ビール (ウィジェット入り)	ガラスびん	● (ギネス)	×		●		●*2
	缶	● (ギネス等)	● (ヤッホー)		●		●*2
ビール (ウィジェットなし)	ガラスびん	●	×	●	●		●*2
	缶	●	たぶん●	●	●		●*2
RTDなど (ノンガスなど)	ガラスびん	?	×		●		
	缶	●	?	●	●	●	●

1:亜硫酸使用量の低減。 2泡を細かく、泡持ちを長くする効果。炭酸ガス使用量を削減する効果。

LN₂滴下が利用される分野と効用：「飲料・食品」

	実績			効能		
	海外での実績	日本での実績	今後期待される	酸化防止	容器の加圧	その他
スポーツドリンク、無炭酸飲料、ミネラルW – PETボトル	●	●	ミネラルWでは加圧なしの薄肉が主流に(「いろはす」など)	●	●	
スポーツドリンク、無炭酸飲料 – ボトル缶	●	●	●	●	●	
スポーツドリンク、無炭酸飲料 – アルミ缶	●	●	●	●	●	
コーヒー飲料などのスチール缶からアルミ缶・ボトル缶への切り替え	●	●	●	●	●	
ガラスびんに入れられた熱充填飲料のPETボトルへの切り替え	●	●	●	●	●	
酢、醤油のPETボトルの軽量化	---	×	●?	●	●	
ピーナッツ、マヨネーズ、マスタード、シロップ、アイスクリーム – ガラス壺、プラ容器など	●	× ~ ●	●	●		●

液体窒素滴下機のサプライヤーと技術

- 大手製罐メーカーの東洋製罐、大和製罐、ユニバーサル製罐などが、自社製または輸入機の液体窒素滴下装置を供給。そのほか、日本の滴下装置メーカーもある。
- きた産業は、20年以上にわたって滴下装置を販売・施工した実績を持ちます。上記各社の製品も扱うほか、近年はアメリカのVBC社 (Vacuum Barrier Co.) の滴下機を販売。世界的な販売台数実績、リーズナブルな価格、液体窒素の供給ラインが固定でなくフレキシブル配管であること、などのメリットがあります。
- 1,000cph以下だと「間歇式」。それ以上では「流下式」あるいは「連続式」が選ばれる。
- 間歇式は滴下量・滴下位置の正確さ、容器への追従性などがポイント。また、製品が熱充填の場合には湯気による凍結の防止機能も。
- 流下式には、液体でなく霧状にした液体窒素を供給する「ミスト方式」もある。

NITRODOSE® EASY DOSER UTILITY CONNECTIONS

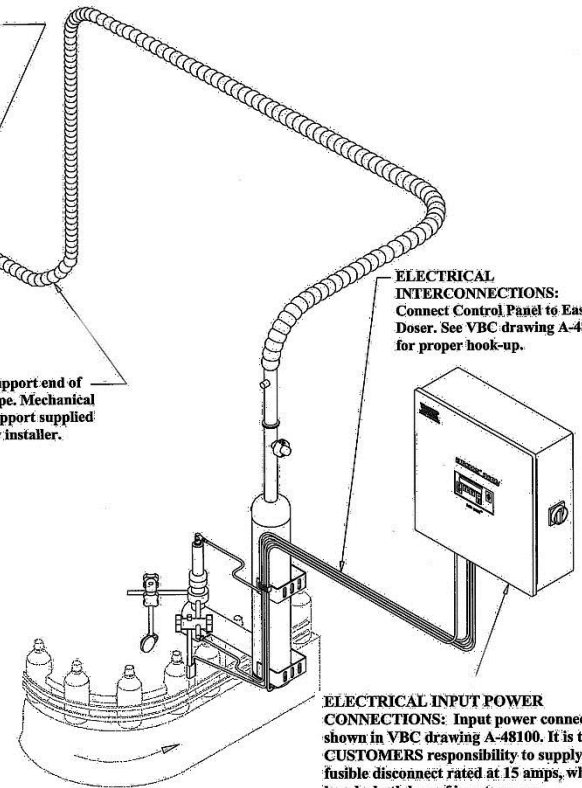
US Patent No. 5,743,096

LIQUID NITROGEN SUPPLY:
Regulated to 15-22psig (1.0-1.5 bar). Ensure connected to liquid port on Dewar (37.5° JIC fitting).
WARNING: Extreme caution must be taken when disconnecting LN₂ feed pipe from Dewar as LN₂ may still remain inside pipe.



Support end of pipe. Mechanical support supplied by installer.

ELECTRICAL INTERCONNECTIONS:
Connect Control Panel to Easy Doser. See VBC drawing A-48100 for proper hook-up.



ELECTRICAL INPUT POWER CONNECTIONS: Input power connections shown in VBC drawing A-48100. It is the CUSTOMERS responsibility to supply a fusible disconnect rated at 15 amps, which breaks both legs of input power.

VACUUM BARRIER VBC CORPORATION

液体窒素について

- ごく少量の場合はデュワー瓶で調達することも可能だが、通常は「119kgボンベ」(世界規格の超低温液化ガスボンベ:外径505mm、高さ1,540mm、容器重量111kg、液体窒素充填の場合は重量が119kgで容積は107m³)で購入します。
- ボンベの液体窒素の自然減:内容液を保つためバルブから自然放出します。夏場、25℃前後の室内で約2ヶ月くらい、外気温の低い冬場は3ヶ月くらいで、ボンベは空になります。



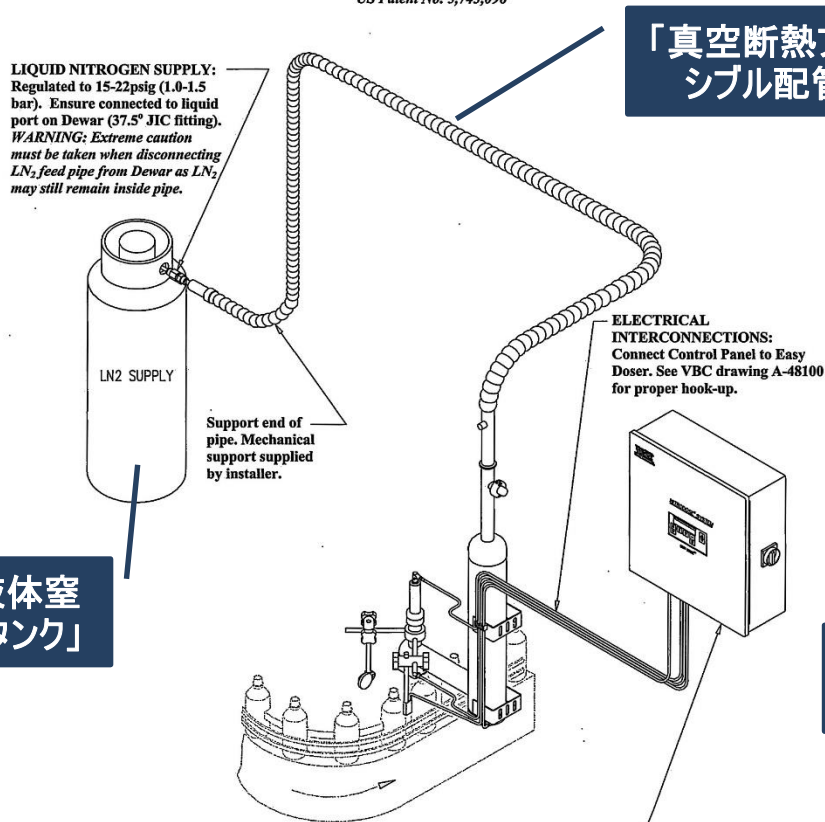
- 食品衛生性:窒素は空気中にある物質で安全性は問題ないと考えられる。ただし日本では一般に「純度グレード」だけがあって、「食品添加物グレード」として液体窒素は販売されていない。(純度などについてガスサプライヤーとの取り決めで安全性を担保)
- 作業安全性1:閉鎖された工場で液体窒素を継続的に使うと酸素濃度が減少する。環境中の酸素濃度は18%が安全限界。これ以下にならないように自動換気装置や警報装置などの設置がのぞましい。
- 作業安全性2:滴下機から放出される液体窒素1滴を手の上に乗せても、経験的には低温やけどなどの問題はおこらない。ただ、もちろん大量の液体窒素中に指をつけたりすれば凍傷や壊疽など重大な事故になりうる。
- 作業安全性3:ボンベは防露されることが好ましいが、実務的にはバルブやメーター周りが極低温になって凍結する。安全皮手袋などを着用して操作することが必要。

液体窒素滴下機への配管

- VBCの場合の液体窒素配管事例。「液化ガスポンベ」から直接つなぐ場合は専用の「真空断熱フレキシブル配管」で対応できるので配管工事は不要。(イラスト左) 距離が短いほうが熱損失が少ない。
- 「液体窒素タンク」から配管する場合や、ポンベからの距離が10mを超える場合は、「気液分離装置 (Phase Separator)」を設置する必要がある。(イラスト右)

NITRODOSE® EASY DOSER UTILITY CONNECTIONS

US Patent No. 5,743,096

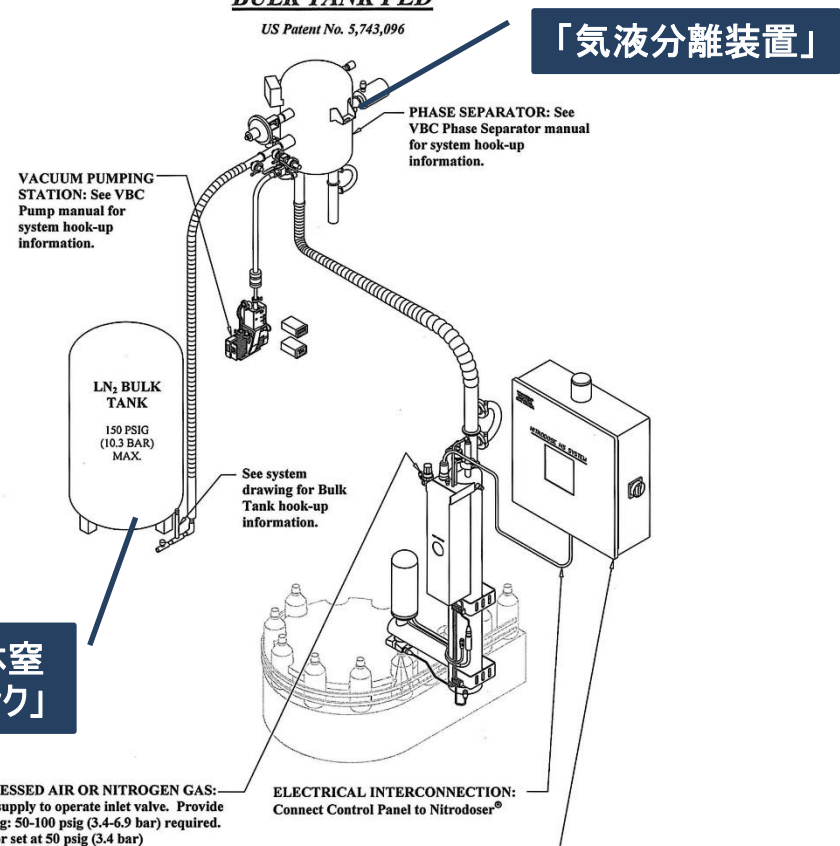


ELECTRICAL INPUT POWER CONNECTIONS: Input power connections shown in VBC drawing A-48100. It is the CUSTOMERS responsibility to supply a fusible disconnect rated at 15 amps, which breaks both legs of input power.

NITRODOSE® HSV UTILITY CONNECTIONS:

BULK TANK FED

US Patent No. 5,743,096

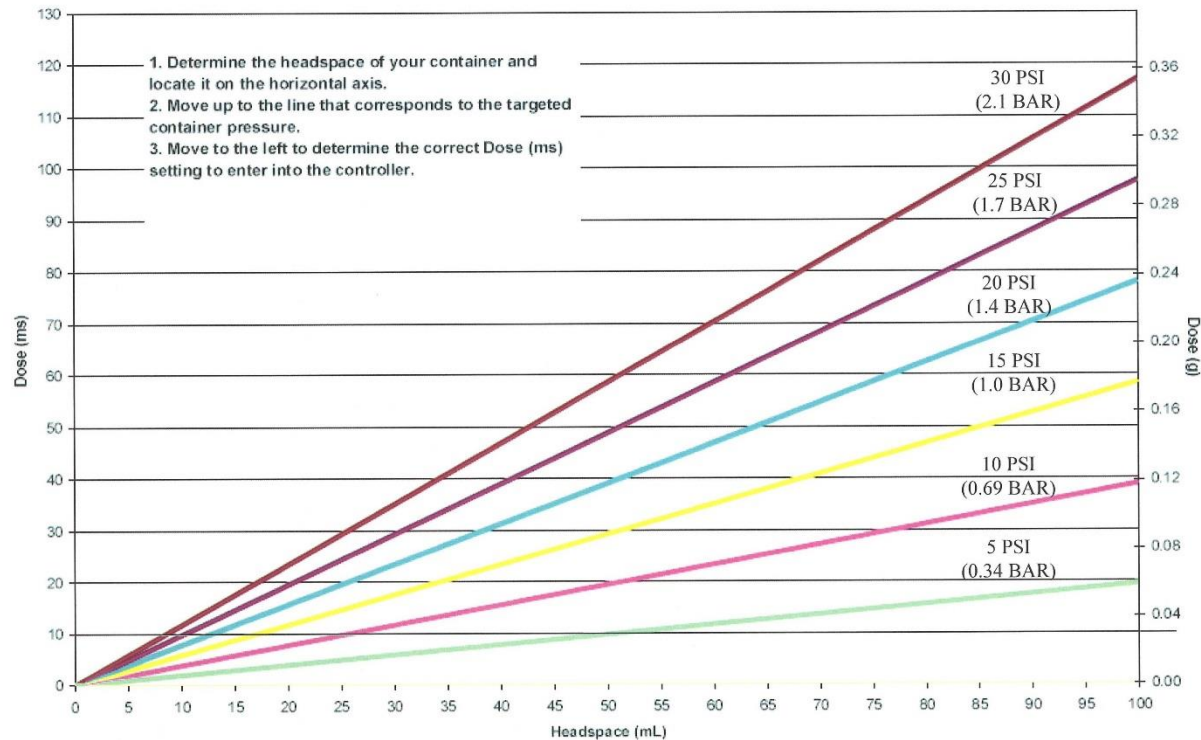


ELECTRICAL INPUT POWER CONNECTIONS: Input power connections shown in VBC drawings D-48950 (Allen-Bradley) & D-49150 (Siemens). It is the CUSTOMERS responsibility to supply a fusible disconnect rated at 15 amps, which breaks both legs of input power.

液体窒素滴下の基礎技術

- **ヘッドスペース加圧の場合** → 「ノズル径」と「ノズル開放時間」で内圧が決定される。
(VBCのチャートから) 縦軸がノズル開放時間 (micro sec.)、横軸は容器のヘッドスペース (mL)。実際のヘッドスペースから縦に上がって、設定したい圧力の斜め線と交差したところで左の秒数を読む。それを目安にタイマー設定。

CHART 1: Dose vs. Headspace for Various Target Container Pressures using Nitrodoser 0.065" Nozzle



- **空容器のパージの場合** → 容器容積の2.5倍相当の液体窒素を滴下する。

2,000本/時のワイン充填ラインで、 空壇のプレパージに使用する場合のコスト試算

- 液体窒素ポンベの価格: 21,900円と仮定(1本単位で当社が購入した場合の価格。地域や購入量によって異なります。生産用に継続購入される場合にはもっと安くなると思います。)
- 液体窒素ポンベの中身量: 119kg
- 液体窒素ポンベの自然減: 内容液を保つためバルブから自然放出します。25°C前後の室内で新しいポンベが空になるまで約8週間くらい(外気温の低い冬場はポンベは2.5~3ヶ月くらい)
- 720mlびんを空壇のプレパージする場合の使用量は、多い目に見て2.1g(「容器容積の2.5倍」で計算していますが、実際には2倍程度でも実用できるかもしれません。)
- 2,000本では $2.1 \times 2000 = 4.2\text{kg}$ → 仮に6時間稼働で12,000本充填したとして25.2kgを使用。
- 「119kgが8週間でゼロに」 → 一定量で減ると仮定すると1週間で $119/8 = 14.9\text{kg}$ の自然減。
- 仮に「週に1日、12,000本を充填」を毎週続けるとしたら、ポンベ量 $119 / (\text{使用}25.2 + \text{自然放出}14.9) = 2.96$ → 3週目の充填はできませんが、4週目までにポンベが空になる計算です。

<ケース1> 「毎週1回、1回につき12,000本充填する場合、ポンベ1本で3週間(36,000本)充填可能」 → 1本当たりのコストは $21,900\text{円} / 36,000\text{本} = 0.61\text{円}$

<ケース2> 「毎月1回、1回につき12,000本充填する場合、ポンベ1本で2回(24,000本)充填可能」 → 1本当たりのコストは $21,900\text{円} / 24,000\text{本} = 0.91\text{円}$

<ケース3> 連続119kgを使いきるとしたら5万7,000本程度充填可能
→ 1本当たりのコストは0.38円

※実際の運用方法によってコストは大きく違います。

内圧判定機

- 液体窒素滴下後、ライン上で製品全数の内圧を検査することが一般的。内圧によって「叩いたときの音(打検)」や、「押さえた場合の容器の変形度合い」が異なることを利用して良否を判定する。
- 缶の場合は蓋を打検、金属キャップの壺の場合はキャップを打検、プラスチックボトルの場合は胴部を挟んで判定することが多い。
- TapToneというアメリカの判定機が世界的に高いシェアを持っていて、日本でも多く使われている。(当社もお勧めしています。)
- 常温充填か低温充填の場合は比較的問題が少ないが、ホット充填の場合や、液面高さや容器形状によって液体窒素の飛び散りが起こりやすい場合などは、内圧がバラつきやすい。内圧がバラつくと、内圧判定機の数値もバラついて、正常品を不良と判定するムダばねが多くなる。

INSPECTION TECHNOLOGY
TapTone® 500



Simplify
The TapTone 500 and vacuum, and value-packed cost of use, timely da solution for inspe

Benefits

- Rapid on-line ins containers per m
- Combined inspec up to 3 primary it Proximity, and X-
- Up to 7 digital in
- Two independent reject outputs for container sorting
- Floor and conveyor mount options for sensors
- Pressure inspection on carbonated or UVZ dosed beverage cans
- Leak inspection on glass beer bottles with metal crowns
- Fill height inspection on glass, metal and plastic containers
- Flat sour detection
- Cooker protection

How It Works

Acoustic Technology
Acoustic technology measures pressure or vacuum in containers with metal closures that do not have a measurable lid deflection. The sensor applies a "tap" to the top of each container lid using an electromagnetic pulse, exciting the closure. The lid vibrates at a natural resonant frequency "tone" based on internal pressure or vacuum. The resultant "tone" signal is sensed by a microphone. The Digital Signal Processor (DSP) produces a real-time signal spectrum and calculates the frequency of the "tone" for that lid which is then compared to user set limits. Containers with a frequency outside these limits are rejected.

Proximity Technology
Proximity technology measures pressure or vacuum in containers with metal closures by measuring the lid deflection. The sensor produces a continuous magnetic field that monitors the distance between the sensor and the metal lid. The continuous signal is digitally sampled to produce a mean value of the lid profile. The profile value is then compared to user set limits. Containers with lid deflection outside these limits are rejected.

Fill Level Technology
Optical Technology: The optical sensor is used to measure fill level of water based products in glass and plastic containers. The sensor utilizes a special emitter/receiver infrared wavelength tuned to the absorption band of water. The beam is powerful enough to pass through most types of plastic and glass containers but will not pass through water based liquids.

X-ray Technology: The X-ray sensor is used to measure the fill level in steel, aluminum, glass, plastic and paper containers. An X-ray beam is focused in the expected fill level region of the container. As the X-ray beam penetrates the container, it is attenuated by the amount of product blocking the beam. The attenuation is proportionate to the fill level of the container.

www.TapTone.com

COMPRESSION TECHNOLOGY
TapTone® 4000-C



Leak Detection for Flexible Containers

The TapTone 4000 Compression system inspects 100% of your containers at production line speeds. The TapTone 4000 Compression system will detect pin-hole leaks in plastic containers and tubes. When combined with optional sensors, this system will also perform fill level inspection, cap inspection and label detection.

Benefits

- Rapid on-line inspection: up to 1.52 m/sec (300 RPM) maximum
- Accurate leak detection as small as 0.578 mm (0.023 in). Application and container dependent
- Easy operation & product set up using a large color touch screen and ion driven menus
- Controlled access to system features with multi-level passwords
- Combined inspections on a single controller. Up to 4 primary inspectors (Compression, X-ray Proximity)
- Reject and sort with 2 independently operated reject outputs
- Meets CE requirements, UL and CE, approved
- Available in a Low Profile format for small containers

Applications

- Leak detection in plastic containers
- Leak detection in tubes
- Leak detection in food/dairy cups

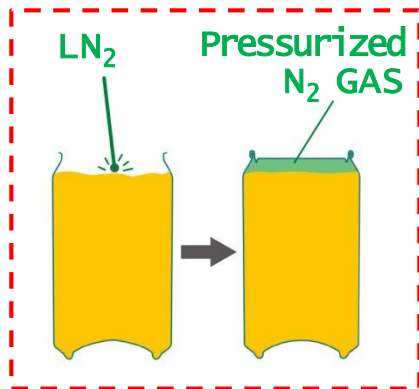
T4000-C
Single Sensor Compression Inspection for leak detection in plastic containers. Available in Standard or Low Profile configuration.

How It Works
Compression Technology
Detects leaks in plastic containers. As a container passes through the system, dual parallel belts apply force to the sidewalls of the container. This action compresses the front space of the container, which allows a sensor to take a force measurement at the discharge of the system utilizing RIP technology. The controller analyzes the measurement and assigns a mean value to each container. If the mean value is outside of the acceptable range, a reject signal actuates a remote reject system.

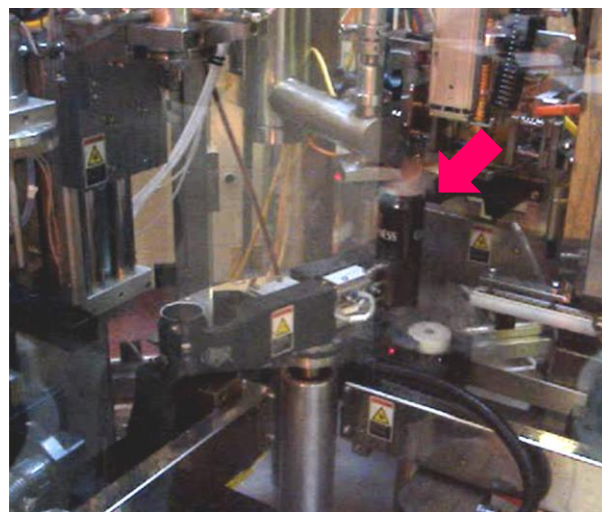
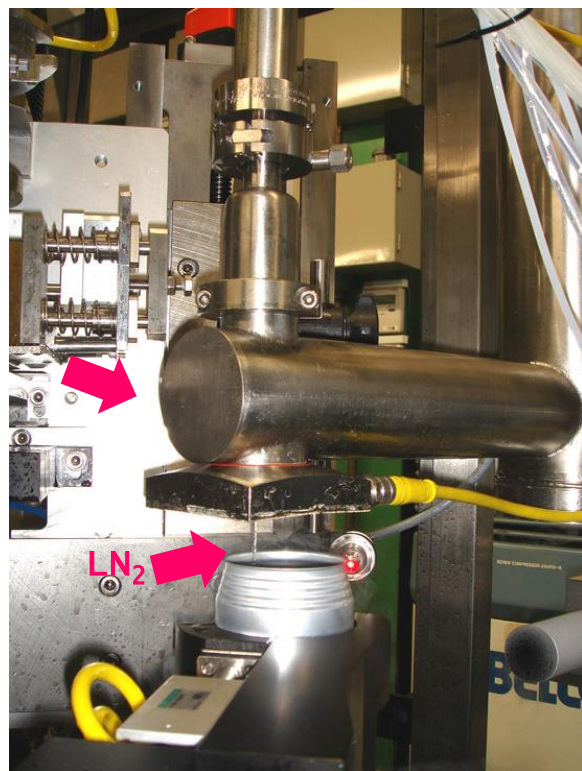


www.TapTone.com

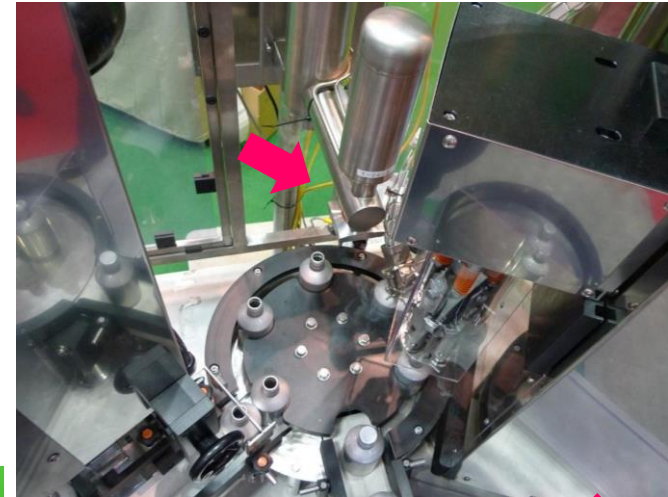
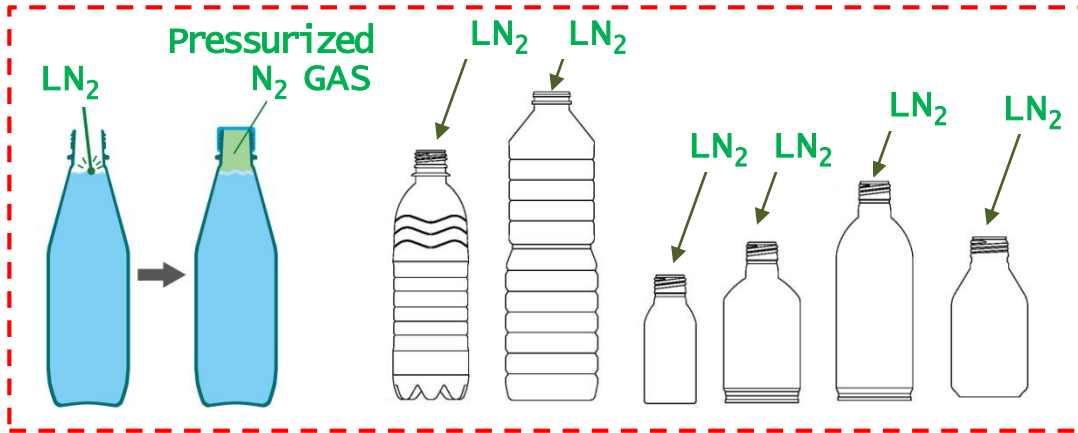
ケース1: VBC液体窒素滴下装置+ルーツ機械研究所・ラボ用缶詰機「BRX」



- 「BRX」は研究所のパイロットプラント缶詰機として多くの採用実績を持っています。
- 液体窒素滴下装置付きシステムとしての納入実績: アイルランドのギネスビール研究所、日本の大手ビールX社研究所、日本の大手ビールY社研究所(2基)。
- ノンガス飲料の薄肉缶への充填や、ビールへの窒素ガス強制添加等の目的に。
- 右下の写真はギネス、InBev、ハイネケンのフローティング・ウィジェット。



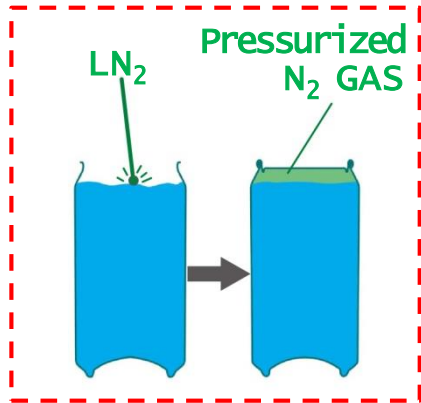
ケース2: VBC液体窒素滴下装置+ルーツ機械研究所・ラボ用ボトル缶充填機「BRZ」



- 「BRZ」は研究所用・小規模生産用の、ボトル缶・PETボトル充填機です。
- 液体窒素滴下装置付きのシステムとしての納入実績: 焼酎A社。
- 陽圧ボトル缶へのノンガス飲料充填、薄肉PETボトルへのノンガス飲料充填などの目的に。



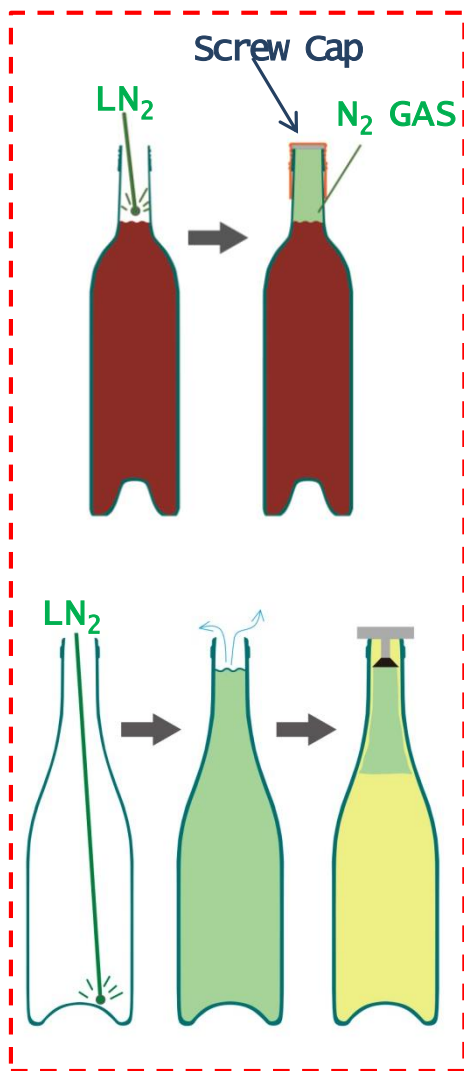
ケース3: VBC液体窒素滴下装置+ルーツ機械研究所・2000cph缶充填機「TRON」



- 「TRON」は2000cphのアルミ缶充填・巻締モノブロック機です。
- 液体窒素滴下装置付きのシステムとしての納入実績: 清酒B社。内圧判定装置(アメリカTaptone社製、右下写真2枚)を含むコンプリーラインの納入。
- VBC滴下機の搭載開始(2007年)以前に、VBC社とは異なるメーカーの液体窒素滴下機によるアルミ缶充填ラインとして清酒C社、清酒D社など複数の実績。また大型アルミ樽用など特殊なプロジェクトでも実績。
- 陽圧ボトル缶へのノンガス飲料充填、内容物の酸化防止などの目的に。



ケース4: VBC液体窒素滴下装置+ワイン充填への応用



- 欧米で酸化防止に液体窒素を活用するワイナリーが増えています。亜硫酸の使用量低減にも有効。
- コルク栓のワインは勿論、スクリュューキャップのヘッドスペース置換には特に有効。
- ヨーロッパではプレミアムワインの採用が多い。
- アメリカでは普及価格の量産ワインのほか、モバイルポトラで液体窒素滴下装置を搭載しているところも。
- 日本でもワイン生産への使用が始まっています。当社の納入実績: ワインE社。
- ヘッドスペースの置換、空壇に滴下して充填中の酸化防止、PETボトル入りワインの陽圧かと酸化防止、等の目的。

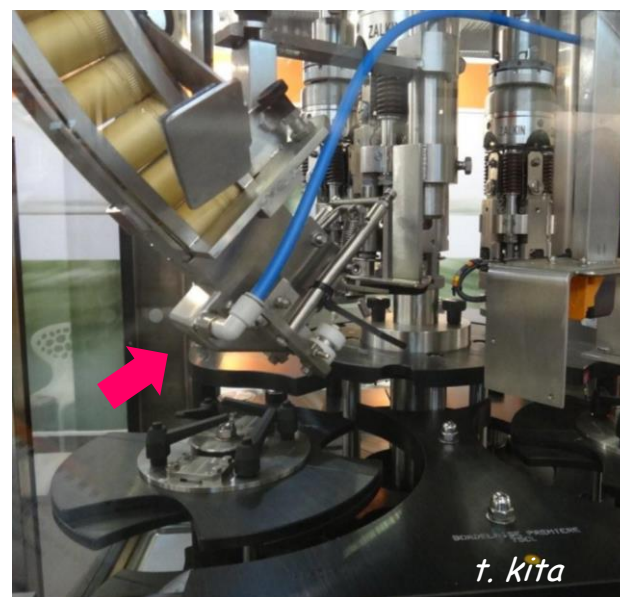
ワイン充填への応用: 参考情報 1

✓ コルク栓に比べるとスクリューキャップ(ステルヴァン30x60)のヘッドスペースはとても大きい。

天然コルク・合成コルク	スクリューキャップ
高さ8~25mm 容積2~7cc	高さ40~60mm 容積12~20cc

✓ コルク栓・合成コルクの場合は置換率の高い「バキュームマウスピース」や「窒素ブロー」が組み込みやすいがスクリューキャップの場合、同様の機構が組みにくい。

✓ AROL社は唯一スクリューキャップ用のライトバキュームヘッド(特許)を実用化しているが高価。キャップ・キャッチャーの窒素ブロー装置は各社がつくるが、業界最高技術水準のZALKIN社のシステム(写真)でも**40-50%**(メーカー公表値)にしか達しない。当社(きた産業)でも様々なブローノズルを試したが50%以上の置換は困難。ZALKINでも、これ以上の置換率にはVBC滴下機を推奨。



✓ 一方、LN₂滴下を行うと**80-90%**の置換率。効果的に酸素低減できる。

✓ スクリューキャップのヘッドスペースが55mmとした場合、酸素は約3.2cc=4.6mg。キャッピングで4.6mgの酸素が封入されると、それだけで18mgのSO₂が消費されることになる。



ワイン充填への応用: 参考情報 2

- 酸化防止のための充填・打栓で実際に行われている技術
 - カウンタプレッシャ充填機(炭酸ガスまたは窒素ガスで加圧)
 - 充填前の(プリエバと)不活性ガスチャージ
 - フィルターボール内の窒素置換
 - 充填前の空びんをガスパーズ
 - 充填前の空びんに液体窒素滴下**
 - コルカー、バキュームマウスピース付きのもの
 - コルカー・キャッパーでガスパーズ
 - 充填後・打栓直前に液体窒素滴下**

$$O_2 @ \text{ bottling} = \text{DO (Dissolved } O_2) + \text{HSO (Head space } O_2)$$



Bottling with LN₂ in U.S.

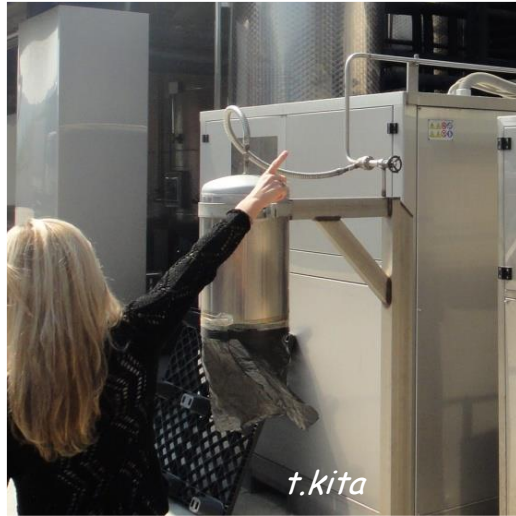
- E&J Gallo
- Sebastiani
- Kendall-Jackson
- Constellation Wines
- Sutter Home Trinchero
- Ravenswood
- Gehrringer Bros Estate Winery
- Mercer Estate Winery
- Hogue Cellars
- Domaine Chandon
- Napa Wine Company
- Halsey Mobile Bottling
- Ryan-McGee Mobile Bottling
- Top-It-Off Mobile Bottling
- G-3 Mobile Bottling
- Signature Mobile Bottling



イタリア・ピエモンテのVIGNE REGALIにて。
充填前の空壺にLN₂滴下をしている。



付録：LCO₂-液体炭酸のワイン醸造への利用



[チレット@2011年:ピエモンテ] ステンレスのシリンダー状カバーの下からLCO₂が出る。バスケットに入った状態の収穫ブドウをこの下で冷やす。そのほか、除梗破碎機とメンブランプレスにLCO₂を送る固定配管がある。カルボニック・マセレーション的な効果窒素でなく炭酸ガスを使用。



[Ch. d'Astros @2012年:プロヴァンス] ロゼの搾汁工程でLCO₂を使用。このノズルでブドウに向かって噴射して、温度を下げるとともに酸化防止を行う。

[山梨県工業技術センター @2007年:勝沼] ロゼの甲州ブドウの除梗破碎と搾汁工程を、LCO₂を噴射しながら行う試み。酸化を防ぎ温度をさげる。(東京国税局のウェブサイトから引用)



end / tk 131029