

袋詰食品のガス置換技術

久延 義弘, 中野 和子, 末松 伸一

Inert Gas Replacement Technology of Food Packed in Pouch

Yoshihiro Hisanobu, Kazuko Nakano, Shinichi Suematsu

実験方法

1. 充填前から密封までの条件

当研究所に設置している間歇運動するロータリー式充填シール機（充填シール機）の工程を参考（Fig. 1）に、生産速度を15袋/分と仮定して、従来法は充填2秒（開）→待機2秒（開）→ガスブロー2秒（閉）→待機2秒（閉）→密封とし、CGB法はガスブロー1秒（開）→充填と同時にガスブロー2秒（開）→ガスブロー4秒（閉）→待機2秒（閉）→密封として、手詰めによるシミュレーションを実施した。

また、上記（ ）内は袋開口部の状態を表しており、開は開口状態を、閉は閉口状態（袋上部両端を左右に引っ張って開口部を閉じた状態）を、また待機とは充填シール機の移動区間の再現操作を表した。

ドライパック品の袋詰において含気包装する場合、内容品の酸化・褐変などを防ぐためには、不活性ガスでガス置換する必要がある。しかし、間歇運動するロータリー式充填シール機では、固定ゾーンにおいて内容品上部から不活性ガスを吹き付けるガス置換法（ガスブロー法）であるために、内容品がブローガスの流れを妨げるので、袋底部側のガス置換が不十分となり、結果的に袋内全体の置換率が低くなり、置換率の因子の一つである残存酸素濃度としては、2%から3%程度までが限界と考えられている。

そこで、従来の固定ゾーンでガスブローする方式（従来法）を見直した結果、ガスブローでのガス置換が難しいと考えられていた精白米などのガス置換包装において、充填前から密封直前まで連続的にガスブローする方式（Continuous Gas Blow Method, CGB法）とする事で、残存酸素濃度を0.5%以下にできる可能性を認めたので報告する。

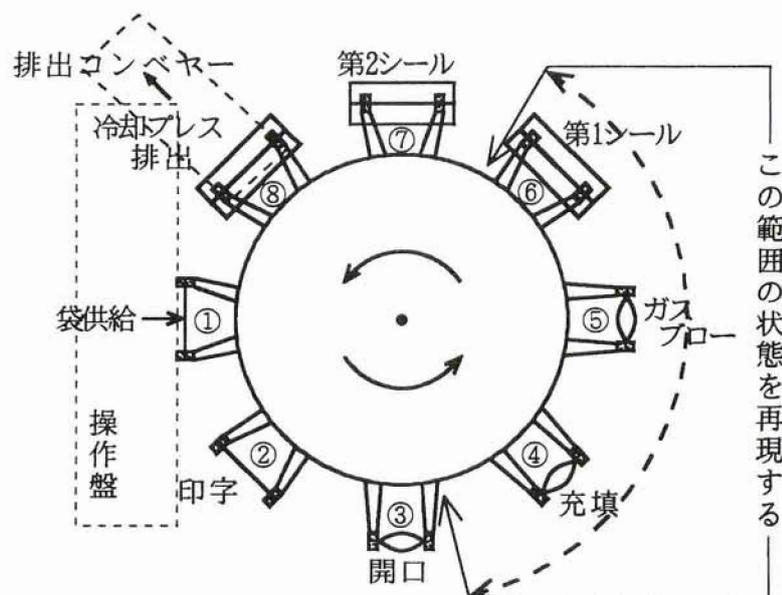


Fig. 1 袋用充填シール機の概要

2. 装置

充填前から密封までの操作を手詰めで敏速に行うためには、操作を単純化する必要があったので、ガスブローノズルを充填ノズルの両脇に取り付け（Fig. 2上）、ガスブロー

ノズルから窒素を送気し、従来法とCGB法の各工程・区間の状態を操作手順に従って再現した（Fig. 2下）。

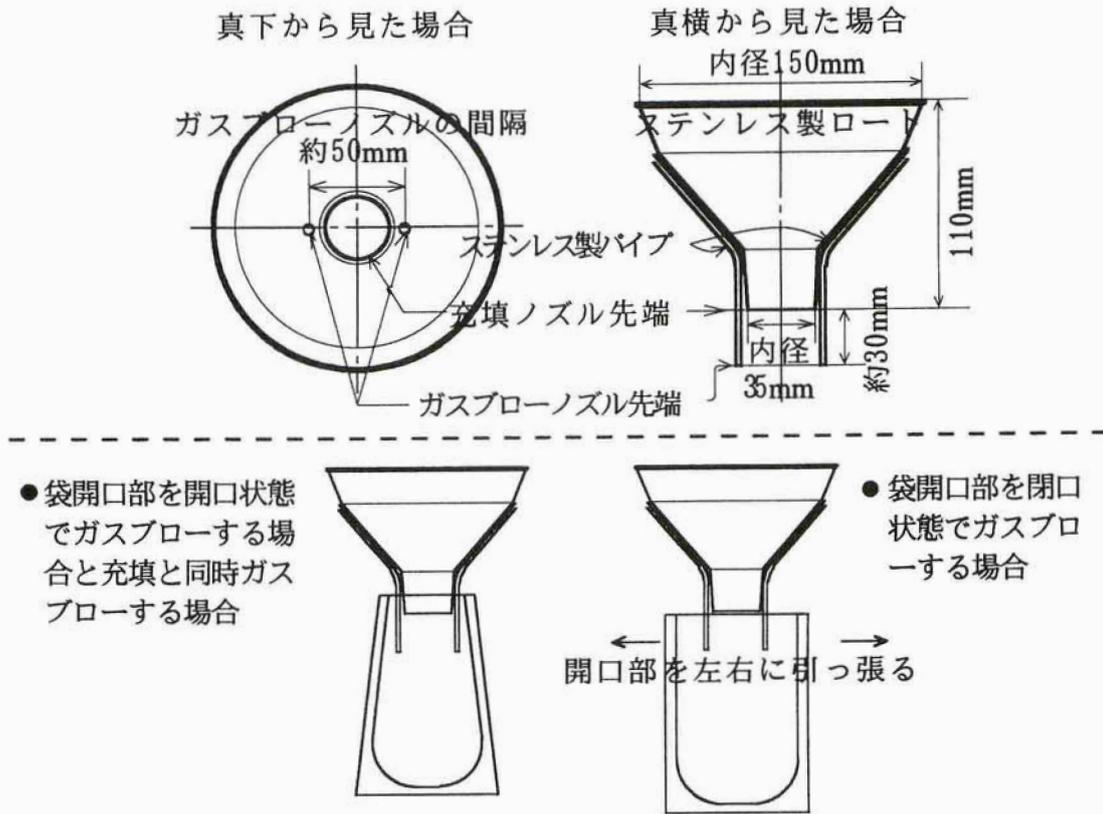


Fig. 2 手詰め用ガスブローノズル付き充填ノズルの概要

3. 容器

- ・手詰めの場合：アルミ箔積層スタンディングパウチ
(100×160×29mm).
- ・充填シール機を用いる場合：
(120×175×33mm).

4. 内容品

- ・むぎ甘栗（甘栗）：市販袋詰品10個，約60g，平均封入ガス量約60ml.
- ・ゆで大豆（大豆）：60g，平均封入ガス量約60ml.
- ・ゆでコーン（コーン）：60g，平均封入ガス量約60ml.
- ・水戻しヒジキ（ヒジキ）：60g，平均封入ガス量約60ml.
- ・精白米（無洗米）：手詰めの場合（120g，平均封入ガス量約30ml）.
- ・
：充填シール機を用いる場合（150g，平均封入ガス量約75ml）.
- ・煎茶茶葉（煎茶）：40g，平均封入ガス量約50ml.

5. 残存酸素濃度の測定

被検体の袋外側に粘着ゴム板を貼り付け，マイクロシリンジで袋内ガスを約10ml採取し，東レ製・ジルコニア式

酸素計 LC-700F 型で袋内残存酸素濃度を測定した。

結果と考察

従来法のガスブロー時間（ブロー時間）は，生産速度を15袋/分と仮定した場合2秒であるが，CGB法の総ブロー時間7秒の結果と比較するために，従来法でも同じ7秒間ガスブローした試験を実施し，ブローガス流量と残存酸素濃度との関係を調べた。

1. 甘栗のガス置換包装 (Fig. 3)

従来法・CGB法とも，ブローガス流量を多くすると残存酸素濃度は低くなり，従来法のブロー時間2秒では，ブローガス流量10ℓ/分以上で0.39%，CGB法では，ブローガス流量7.5ℓ/分以上で0.19%まで低くなり，甘栗の様な大きさ・形状のものはガス流量を多くするだけで，目標の0.5%以下になった。

また，従来法でもブロー時間を7秒とすれば，ブローガス流量7.5ℓ/分以上で0.26%となり，ブロー時間を長くすれば従来法でも残存酸素濃度は低くなるが，0.26%までが限界で，ガス流量が1/3（2.5ℓ/分）のCGB法（残存酸素濃度0.27%）程度であった。

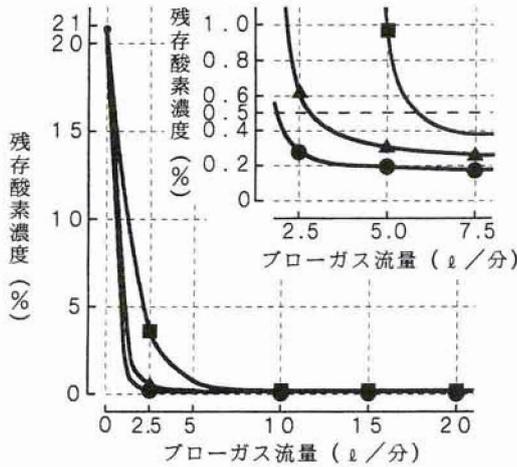


Fig. 3 むき甘栗のガスブローによるガス置換包装

- , 従来法, ブロー時間 2 秒.
- , CGB法, ブロー時間 7 秒.
- ▲, 従来法, ブロー時間 7 秒.

2. 大豆のガス置換包装 (Fig. 4)

従来法・CGB法とも、ブローガス流量を多くすると残存酸素濃度は低くなり、従来法のブロー時間2秒では、ブローガス流量10 l/分以上で0.41%，CGB法では、ブローガス流量7.5 l/分以上で0.20%まで低くなり、大豆の様な大きさ・形状のものはブローガス流量を多くするだけで、目標の0.5%以下になった。

また、従来法でもブロー時間を7秒とすれば、ブローガス流量10 l/分以上で0.31%となり、ブロー時間を長くすれば従来法でも残存酸素濃度は低くなるが、0.31%までが限界で、ブローガス流量が1/2 (5 l/分) のCGB法 (残存酸素濃度0.24%) 程度であった。

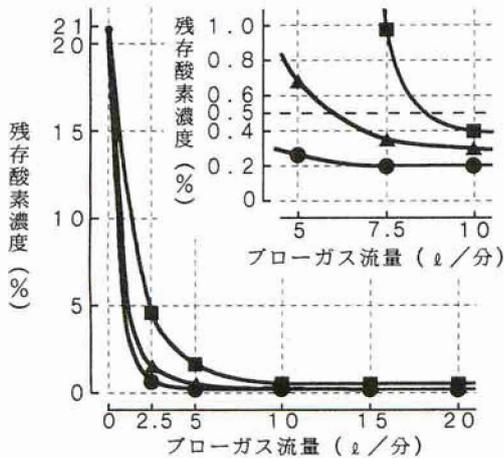


Fig. 4 ゆで大豆のガスブローによるガス置換包装

- , 従来法, ブロー時間 2 秒.
- , CGB法, ブロー時間 7 秒.
- ▲, 従来法, ブロー時間 7 秒.

3. コーンのガス置換包装 (Fig. 5)

従来法・CGB法とも、ブローガス流量を多くすると残存酸素濃度は低くなるが、従来法のブロー時間2秒では、ブローガス流量20 l/分以上でも1.1%となり、コーンの様な大きさ・形状のものは、ブローガス流量を多くしても目標の0.5%以下にはならなかった。CGB法では、ブローガス流量7.5 l/分以上で0.22%まで低くなり、コーンの様な大きさ・形状のものでもCGB法を用いると、目標の0.5%以下になった。

また、従来法でもブロー時間を7秒とすれば、ブローガス流量10 l/分以上で0.26%となり、ブロー時間を長くすれば従来法でも残存酸素濃度は低くなるが、0.26%までが限界で、ブローガス流量が1/2 (5 l/分) のCGB法 (残存酸素濃度0.22%) 程度であった。

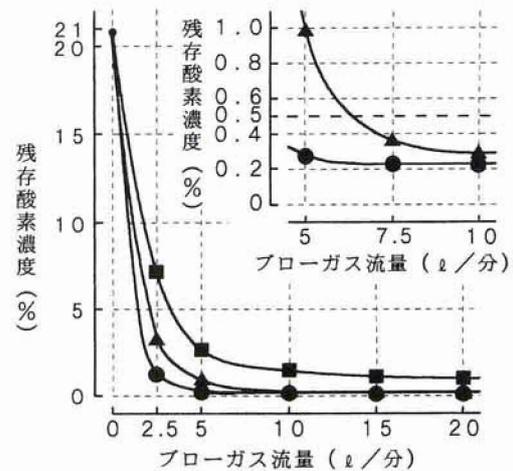


Fig. 5 ゆでコーンのガスブローによるガス置換包装

- , 従来法, ブロー時間 2 秒.
- , CGB法, ブロー時間 7 秒.
- ▲, 従来法, ブロー時間 7 秒.

4. ヒジキのガス置換包装 (Fig. 6)

従来法・CGB法ともブローガス流量を多くすると残存酸素濃度は低くなるが、従来法のブロー時間2秒ではブローガス流量20 l/分以上でも1.4%となり、ヒジキの様な細長い形状のものは、ブローガス流量を多くしても目標の0.5%以下にはならなかった。CGB法では、ブローガス流量12.5 l/分以上で0.43%まで低くなり、ヒジキの様な形状のものでもCGB法を用いると、ギリギリではあるが目標の0.5%以下になった。

また、従来法でもブロー時間を7秒とすれば、ブローガス流量15 l/分以上で0.53%となり、ブロー時間を長くすれば従来法でも残存酸素濃度は低くなるが、0.53%までが限界で、ブローガス流量が2/3 (10 l/分) のCGB法 (残存酸素濃度0.43%) にも及ばなかった。

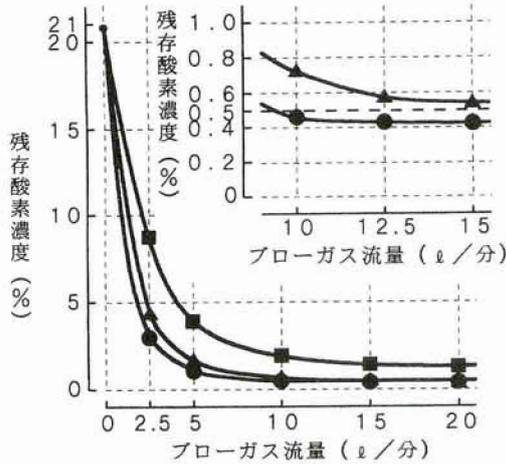


Fig. 6 水戻しヒジキのガスブローによるガス置換包装

- , 従来法, ブロー時間 2 秒.
- , CGB法, ブロー時間 7 秒.
- ▲, 従来法, ブロー時間 7 秒.

5. 無洗米のガス置換包装 (Fig. 7)

従来法・CGB法ともブローガス流量を多くすると残存酸素濃度は低くなるが、従来法のブロー時間2秒では、ブローガス流量20 l/分以上でも8.5%となり、無洗米の様な大きさ・形状のものは、ブローガス流量を多くしても目標の0.5%以下には全く届かず、ガスブローでのガス置換が難しい内容品であった。CGB法でもブローガス流量を多くしないと置換状態が悪くなり、ブローガス流量が12.5 l/分以上で0.28%まで低くなり、無洗米の様な大きさ・形状のものでもCGB法を用いると、目標の0.5%以下になった。

また、従来法でもブロー時間を7秒とすれば、ブローガス流量20 l/分以上で3.8%となり、ブロー時間を長くすれば従来法でも残存酸素濃度は低くなるが、3.5%までが限界で、ブローガス流量が1/4 (5 l/分) のCGB法 (残存酸素濃度3.2%) 程度であった。

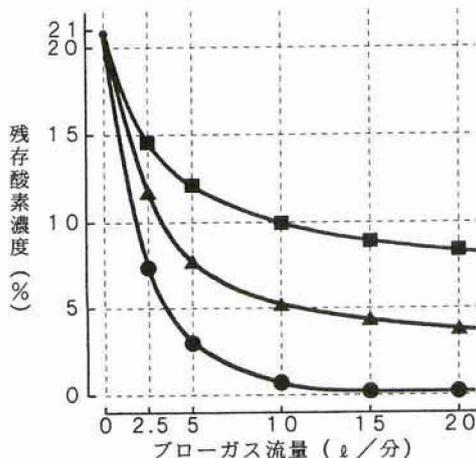


Fig. 7 無洗米のガスブローによるガス置換包装

- , 従来法, ブロー時間 2 秒.
- , CGB法, ブロー時間 7 秒.
- ▲, 従来法, ブロー時間 7 秒.

6. 煎茶のガス置換包装 (Fig. 8)

従来法・CGB法ともブローガス流量を多くすると残存酸素濃度は低くなるが、従来法のブロー時間2秒では、ブローガス流量20 l/分以上でも8.6%あり、煎茶の様な形状のものは、ブローガス流量を多くしても目標の0.5%以下には全く届かず、ガスブローでのガス置換が難しい内容品であった。CGB法でもブローガス流量を多くしないと残存酸素濃度は低くならず、ブローガス流量20 l/分以上で0.53%となり、目標の0.5%以下にわずかに届かなかった。

また、従来法でもブロー時間を7秒とすれば、ブローガス流量20 l/分以上で4.7%となり、ブロー時間を長くすれば従来法でも残存酸素濃度は低くなるが、4.5%までが限界で、ブローガス流量が1/4 (5 l/分) のCGB法 (残存酸素濃度2.2%) にも及ばなかった。さらに、煎茶の場合は、従来法・CGB法ともブローガス流量が多くなると、内容品に含まれる微粉末が袋開口部から舞い上がり、シール部に嘔み込むので注意が必要であった。

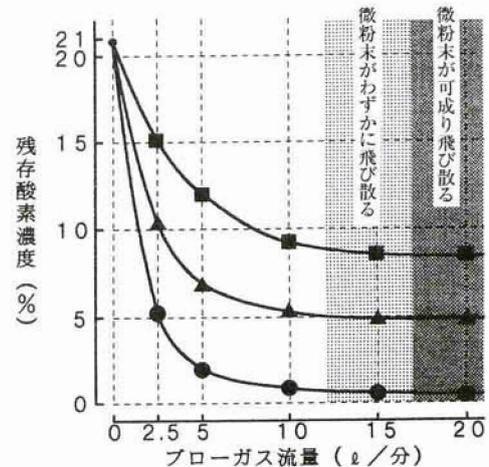


Fig. 8 煎茶茶葉のガスブローによるガス置換包装

- , 従来法, ブロー時間 2 秒.
- , CGB法, ブロー時間 7 秒.
- ▲, 従来法, ブロー時間 7 秒.

7. 方式の異なるガスブローでのガス置換包装の比較

ガスブローでのガス置換について、他の方式と比較するために、袋開口部とガスブローの状態 (Fig. 9) を再現して、無洗米のガス置換包装を実施し、残存酸素濃度を調べた (Fig. 10)。

固定されたゾーンでガスブローする従来法では、ブローガス流量が20 l/分でも、充填直前にガスブローするA方式の酸素濃度が2.8%、充填と同時にガスブローするB方式が3.8%、B方式に開封時のガスブローを組み込んだC方式が1.8%となり、結果と考察6まで従来法とした充填後にガスブローするD方式が8.3%、D方式に開封時のガスブローを組み込んだE方式が7.8%と酸素濃度が高くなるのに対し

て、充填前 (A方式)・充填中 (B方式)・充填後 (D方式) のガス置換方式をすべて取り込んだCGB法 (F方式) のみ

0.20%と、目標の0.5%以下となり、従来法より可成り酸素濃度は低くできる事を認めた。

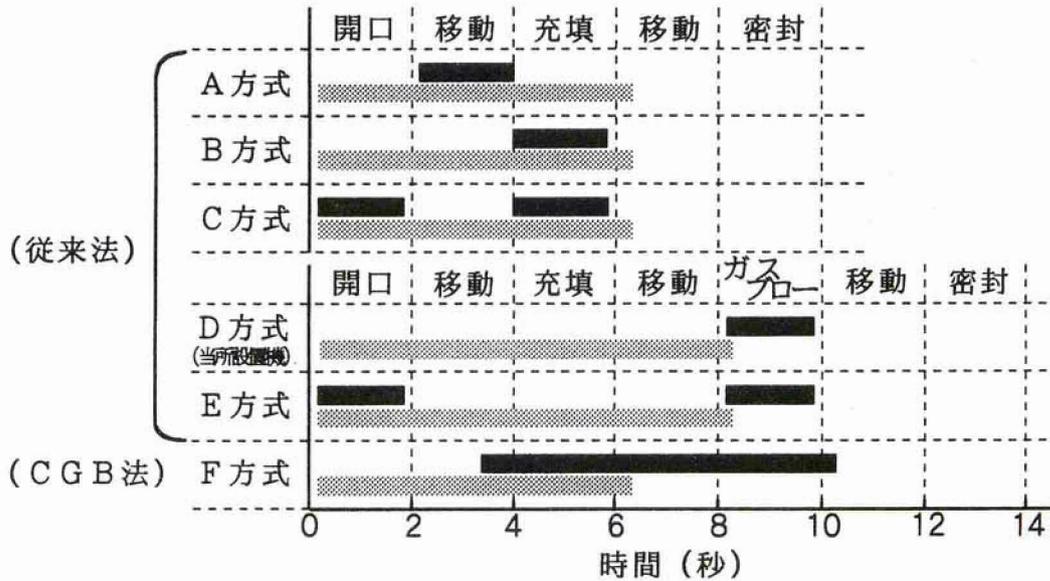


Fig. 9 充填シール機の袋開口部とガスブロー区間 (生産速度を15袋/分と仮定)

■, ガスブロー区間. ▨, 開口区間.

- A方式: 充填直前ガスブロー法. B方式: 充填時ガスブロー法.
- C方式: 開口時・充填時ガスブロー法. D方式: 充填後ガスブロー法.
- E方式: 開口時・充填後ガスブロー法. F方式: 連続ガスブロー法.

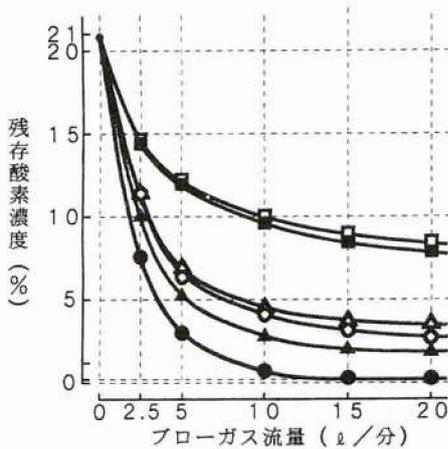


Fig. 10 各方式によるガス置換包装

- , A方式 (充填直前ガスブロー法).
- △, B方式 (充填時ガスブロー法).
- ▲, C方式 (開口時・充填時ガスブロー法).
- , D方式 (充填後ガスブロー法).
- , E方式 (開口時・充填後ガスブロー法).
- , F方式 (連続ガスブロー法).

8. 充填前・中・後におけるブロー時間

結果と考察7までのCGB法でのガスブロー条件は、充填

シール機の工程・区間の作動状態に合わせたもので、必ずしも最適な条件であるとは言えない。そこで、充填前・充填中・充填後のブロー時間と酸素濃度との関係を調べるために、結果と考察5から、ブローガス流量を12ℓ/分としたCGB法での無洗米のガス置換包装を実施して (Fig. 11)、最適ブロー時間を求めた。

充填前は、ブロー時間0秒 (ガスブローなし) でも残存酸素濃度が0.57%と低い事から、充填前のガスブローは残存酸素濃度の低下に大きく寄与していないと考えられるが、ブロー時間1秒で0.21%、2~3秒で0.19%となり、ブロー時間を長くすると残存酸素濃度は低くなるが、値から見て充填前の最適ブロー時間は0.5秒以上あれば十分であった。

充填中は、ブロー時間1秒で残存酸素濃度は0.38%、2秒で0.23%、3~4秒で0.19%となり、ブロー時間を長くすると残存酸素濃度は低くなるが、値から見て充填中の最適ブロー時間は1秒以上あれば十分であった。

充填後は、ブロー時間0秒 (ガスブローなし) で残存酸素濃度が1.2%と高くなる事から、充填後のガスブローは残存酸素濃度の低下に大きく寄与していると考えられるが、ブロー時間1秒で残存酸素濃度は0.50%、2秒で0.31%、3秒で0.23%、4秒で0.20%となり、ブロー時間を長くすると残存酸素濃度は低くなるが、値から見て充填後の最適ブロー時間は1.5秒以上あれば十分であった。

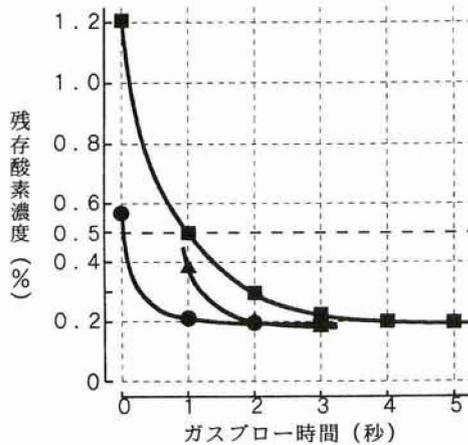


Fig. 11 充填前・中・後のガスブロー時間の検討

●, 充填前, ▲, 充填中, ■, 充填後.

9. 生産速度と残存酸素濃度との関係

結果と考察8の結果から、結果と考察7までの条件（充填前1秒・充填中2秒・充填後4秒、総ブロー時間7秒）では余分にガスブローしていた事になる。ただし、寸法が100×160×29mmや120×175×33mm程度の袋詰の場合、充填シール機での一般的な生産速度は30袋/分であり、結果と考察7までのブロー時間の1/2（充填前0.5秒・充填中1秒・充填後2秒、総ブロー時間3.5秒）となり、最適ブロー時間（充填前0.5秒・充填中1秒・充填後1.5秒、総ブロー時間3秒）ギリギリとなる。そこで、充填シール機にガスブローノズルを取り付け（Fig. 12）、生産速度と残存

酸素濃度との関係を調べた。

条件としては、充填シール機のプロダクション速度30袋/分（総ブロー時間：3.5秒）、15袋/分（総ブロー時間：7秒）とした場合と、逆に生産速度を7.5袋/分（総ブロー時間：14秒）と遅くした場合を想定して、CGB法で無洗米のガス置換包装を実施し、残存酸素濃度の変化を調べた（Fig. 13）。この場合、充填シール機の関係で、袋は120×175×33mm・無洗米150g・封入ガス量約70mlとした。

生産速度が15袋/分でブローガス流量12ℓ/分（総ブローガス量：1.4ℓ）での残存酸素濃度は0.28%、18ℓ/分（総ブローガス量：2.1ℓ）で0.22%、24ℓ/分（総ブローガス量：2.8ℓ）で0.20%であったが、生産速度が30袋/分でブローガス流量12ℓ/分（総ブローガス量：0.7ℓ）では0.48%、18ℓ/分（総ブローガス量：1.1ℓ）で0.34%、24ℓ/分（総ブローガス量：1.4ℓ）で0.27%となり、生産速度が2倍の30袋/分になっても、目標の0.5%以下になる事を認めた。

また、生産速度が7.5袋/分でブローガス流量12ℓ/分（総ブローガス量：2.8ℓ）での残存酸素濃度は0.21%、18ℓ/分（総ブローガス量：4.2ℓ）で0.19%、24ℓ/分（総ブローガス量：5.6ℓ）で0.18%となり、わずかに残存酸素濃度が低くなる傾向はあるが、総ブローガス量が多くなった割に変化が少なく、CGB法でのガス置換に限界のある事を認めた。逆に、ブローガス流量を6ℓ/分（総ブローガス量：1.4ℓ）と少なくとも酸素濃度は0.24%と低くなる事と、総ブローガス量と残存酸素濃度の値を見ると、ガスブローによるガス置換での残存酸素濃度は、ブロー時間やガス流量よりも総ブローガス量に影響されると考えられる。

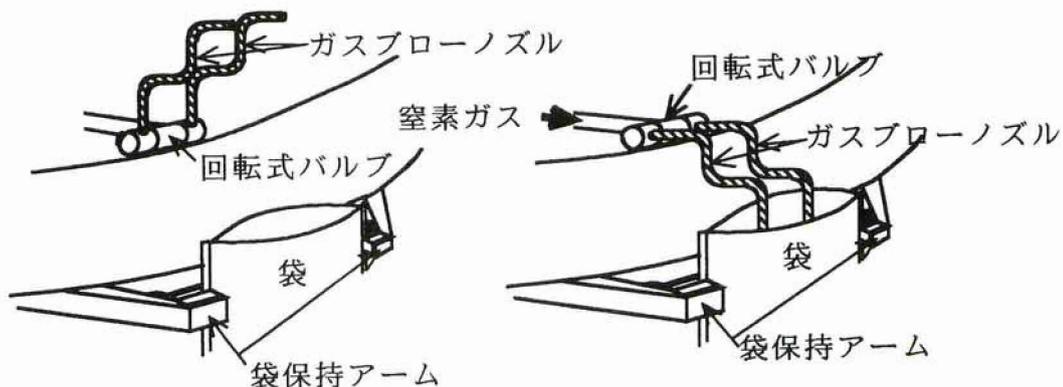


Fig. 12 ガスブロー装置の概要

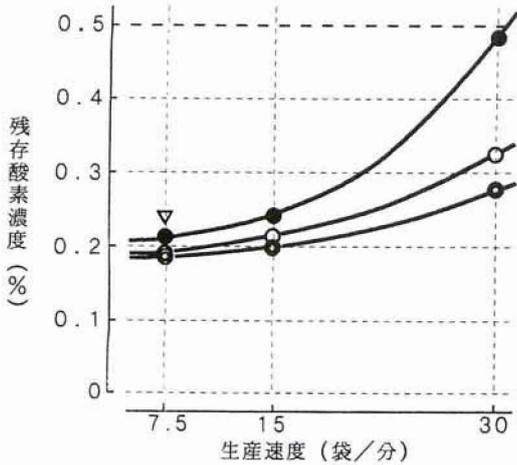


Fig. 13 生産速度と残存酸素濃度との関係

- ▽, ガス流量: 6 l/分.
- , ガス流量: 12 l/分.
- , ガス流量: 18 l/分.
- ⊙, ガス流量: 24 l/分.

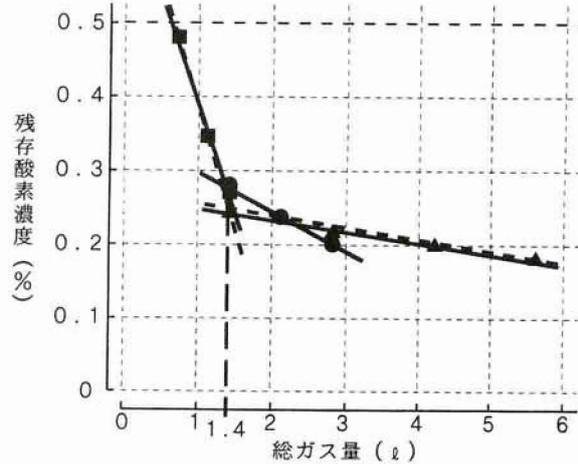


Fig. 14 総ガス量と残存酸素濃度との関係

- , ブロー時間: 3.5秒 (生産速度: 30袋/分).
- , ブロー時間: 7秒 (生産速度: 15袋/分).
- ▲, ブロー時間: 14秒 (生産速度: 7.5袋/分).

10. 総ブローガス量と残存酸素濃度との関係

Fig. 13の値を基に、総ブローガス量（ブローガス流量×ブロー時間）と残存酸素濃度との関係を調べた（Fig. 14）。

ブロー時間が同じ場合は、総ブローガス量と残存酸素濃度との間に直線性があり、ガスブローによるガス置換での残存酸素濃度の変化は、総ブローガス量に影響される事を認めた。また、ブローガス流量が多くなるほど残存酸素濃度は低くなるが、総ブロー時間14秒ではブローガス流量の範囲が3.7 lで残存酸素濃度の変化は0.03%、総ブロー時間7秒ではブローガス流量の範囲が1.4 lで残存酸素濃度の変化は0.05%、総ブロー時間3.5秒ではブローガス流量の範囲が0.7 lで残存酸素濃度の変化は0.20%と、総ブロー時間が短くなるほどブローガス流量の範囲が狭くなると共に、残存酸素濃度の変化が大きくなり、CGB法でガス置換する場合でも、総ブロー時間を長くした方が残存酸素濃度は安定化すると考えられる。

この事は、固定ゾーンで短時間にガスブローしてガス置換する従来法では、ブローガス流量とブロー時間を可成り正確に調整しないと、残存酸素濃度の変動幅が大きくなる事を示唆している。しかし、充填前から密封直前までの間をブロー時間とするCGB法では、充填シール機の袋保持ユニット数にもよるが、たとえば8ユニットでは従来法と同じ生産速度でもブロー時間を3.5倍以上長くできるので、残存酸素濃度の低下・変動幅の縮小など、いずれの結果においても従来法より優れていた。

11. 各試料の最適総ブローガス量

Fig. 14で得られた各プロットを2つの線に分けてみると（Fig. 14中の破線）、この2線の交わる点として総ブローガス量約1.4 lと残存酸素濃度0.25%が求まる。この値は、これ以上総ブローガス量を増加させても残存酸素濃度を低くする効果が小さい事を示しており、一例として残存酸素濃度0.25%を0.20%とする総ブローガス量は約4 lとなり、わずか0.05%低くするために、約2.6 l余分にガスブローする必要があり、置換効率やブローガスのコストを考えると問題がある。すなわち、この値は無洗米のガス置換包装において、残存酸素濃度を効率良く置換できる総ブローガス量と考えられるので、最適総ブローガス量と言える。そこで、甘栗・大豆・コーン・ヒジキ・煎茶についても同じ手法で最適総ブローガス量を求めた（Fig. 15）。

むき甘栗の最適総ブローガス量は約0.35 lで残存酸素濃度は0.32%、ゆで大豆は約0.64 lで0.27%、ゆでコーンは約0.6 lで0.33%、水戻しヒジキは約1.3 lで0.50%、無洗米は約1.4 lで0.25%、煎茶茶葉は約1.2 lで0.83%であった。すなわち、むき甘栗・ゆで大豆・ゆでコーンの様な大きさ・形状の物はCGB法を用いれば比較的ガス置換しやすいが、水戻しヒジキ・無洗米・煎茶茶葉の様な大きさ・形状のものは、CGB法を用いてもブローガス量を多くしないと置換率は向上しなかった。また、水戻しヒジキや煎茶茶葉（かりがね）の様に細長い物はCGB法を用いても残存酸素濃度は目標の0.5%以下にならず、CGB法を用いてもガス置換しにくい内容品であった。ただし、充填シール機を用いると仮定して、同じ生産速度間で残存酸素濃度を比較すると、水戻しヒジキは従来法が1.4%に対してCGB法が0.5%、煎茶茶葉は8.6%に対して0.53%と、目標の0.5%以下にはならないが、圧倒的にCGB法の置換率が高かった。

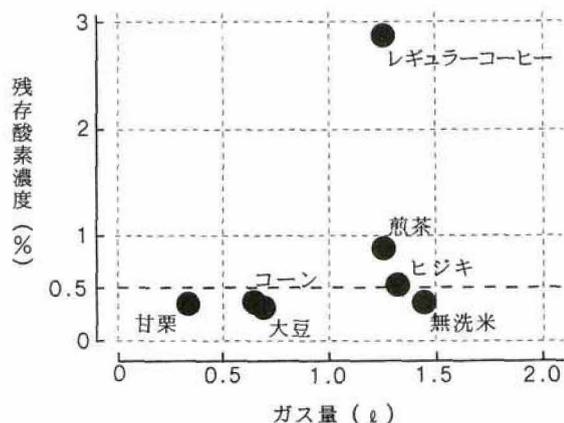


Fig. 15 残存酸素濃度の変化点

要約

袋詰ドライバック品の含気包装において、間歇運動する充填シール機を用いてガスブローによるガス置換包装を行う場合、従来の固定ゾーンでガスブローする方法（従来法）に対して、充填前から密封直前まで連続的にガスブローする方法（CGB法）について検討した。

本試験の条件内において、むき甘栗・ゆで大豆・ゆでコーンの様な大きさ・形状のものは、ブローガス流量を多くするかガスブロー時間を長くするだけで、従来法でも残存酸素濃度は目標の0.5%以下になるが、ブローガス流量を多くすると残存酸素濃度の変動幅が大きくなり、ガスブロー時間を長くするには生産速度を遅くする必要があった。

しかし、CGB法を用いると、ブローガス流量を従来法より少なくしても目標の残存酸素濃度0.5%以下となり、充填シール機の袋保持ユニット数にもよるが、ガスブロー時間を従来法の3.5倍以上長くしても生産速度は遅くする必要はなかった。また、従来法ではガスブローによるガス置換包装が難しいと考えられていた無洗米の様な大きさ・形状のものについても、CGB法を用いる事で目標の残存酸素濃度0.5%以下にできた。

ただし、ガスブローでガス置換を行う場合の欠点でもあるが、従来法・CGB法共、内容品に微粉末が含まれるとガスブローにより舞い上がるので、別のガス置換方法を考える必要があった。