ビールや飲料のさらなる サステナブルな製造や輸送とは？

業務改善や環境への負荷軽減を濃縮技術で実現

2022年3月

二酸化炭素排出の抑制

ビール醸造所や飲料製造施設は、どのようにすればカーボンフットプリントを削減しながら業務効率を向上させることができるでしょうか?

原材料の購入や電気の使用、製造、パッケージング、材料、流通から生じる直接的・間接的な二酸化炭素の排出量削減が重要な役割を果たします。

本書では、メーカーによるサプライチェーンのカーボンフットプリント削減に向けた費用対効果の高い手法として知られる、ビールや飲料濃縮用の逆浸透(RO)膜ろ過に焦点を当てます。

物流の効率性改善と
カーボンフットプリントの削減

ビールや飲料を濃縮することで、生産量向上や排出量削減、物流や流通経路全体におけるコストの削減が実現されます。このガイドでは、ビールやシードルから水分を取り除き、消費地で還元するための方法を解説します。適切なビールや飲料用濃縮システムを選ぶことで、コスト削減や水・エネルギーの節約、排出量削減、自社のサステナビリティプロファイルの改善を図ることができます。

- ビールや飲料の濃縮で実現するサステナブルなビールの製造や輸送
- ビールや飲料の濃縮方法
- 低温・高圧ROシステムを選ぶ理由
- 極低温・高圧ROシステム

高品質なビール・飲料の濃縮液で、物流コストの削減やサステナビリティプロファイルの改善を実現

ビールや飲料の濃縮によってもたらされるサステナブルなビールの製造・輸送。そしてカーボンフットプリント削減を実現するために——

調達・製造から物流・流通までをカバーするバリューチェーン全体のカーボンニュートラル実現に向けた戦略を採用するビール・飲料メーカーが増加しています。例えばビール製造の場合、ビール醸造所の総カーボンフットプリントの約10%を占めるのは製造工程です。一方、物流・流通は11%と若干高い割合を占めています。よりカーボンニュートラルな方法でビールや飲料を製造するべく、ビール醸造所や飲料メーカーの間では、サステナブルな事業戦略としてのビールや飲料の濃縮が広まりつつあります。

ビールや飲料の濃縮は、消費地に向けた飲料の輸送にかかるエネルギー消費の削減や二酸化炭素削減に向けた取り組みにおいて大きな効果を発揮します。さらに、業務効率が向上し、サステナビリティ改善に向けた実績を蓄積できるため、メーカーは競争優位性を獲得することができます。

ビールや飲料の濃縮方法

ビールや飲料の分離には、大きく分けて2つの方法があります。熱的分離と物理的分離です。

熱的分離

熱的分離を使った方法には蒸発濃縮や、飲料を冷却することで水分を氷結晶化し、氷結晶を取り除く凍結濃縮などがあります。

蒸発濃縮法では、製品の加熱による味の変化や、蒸発による香気の損失が起こります。ジュースなどの特定の飲料では問題ありませんが、ビールやより複雑な飲料の良質な風味プロファイルや香気プロファイルを維持するためには、他の濃縮法が必要となります。

凍結濃縮法では飲料は加熱されず、水分も蒸発しないため、飲料本来の風味を保持することができます。しかし凍結濃縮システムでは水から氷、氷から水へといった相変化を発生させる必要があるため、大規模な冷却が必要となります。このような冷却の必要性から、資本コストや運用コストの面で凍結濃縮システムは高額なものになってしまいます。

物理的分離

物理的分離法では様々な膜分離技術が採用されています。膜分離技術は、様々な製品に含まれる水分を取り除くために、1960年代より多くの産業で利用されてきました。最も基本的な用語で言うところの膜ろ過（クロスフローろ過）では、単一供給による液体を膜システムに通過させることで、保持液と透過液に分離させます。

適切な膜ろ過技術の選択

食品や飲料向けに使用される一般的な膜ろ過技術には、孔径が大きいものから順に「精密ろ過」「限外ろ過」「ナノろ過」「逆浸透ろ過」の4種類があります。

ビールなどのアルコール飲料を濃縮する場合、水分を選択的に膜に通過させると同時に、他の全成分を保持することが不可欠です。重要な点は、ビールに含まれる水以外の最小分子であるエタノールのように、非常に小さい分子を保持できる膜が必要であるということです。

用途に適した膜ろ過技術の選択は、プロセス効率化の基本となります。

膜ろ過の利点

近年の膜技術の進歩に伴い、食品や飲料産業、とりわけビール醸造所や飲料メーカーでの利用が拡大しています。これらの進歩により資本・運用支出の削減やエネルギー削減といったサステナビリティ向上が実現し、以前よりも費用対効果の高い膜ろ過が可能になりました。また、膜技術では物理的分離が可能であるため、重要な風味成分のすべてを保持することができれば、飲料の風味プロファイルを損なうことはありません。

膜ろ過の種類

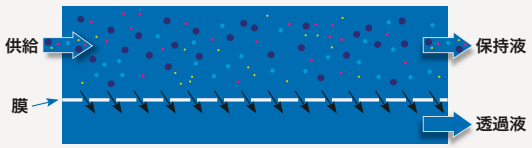
一般的に知られている4種類の膜ろ過は、供給液から除去する必要のある物質の大きさに基づき定義されています。膜ろ過には、孔が小さい順に「逆浸透」「ナノろ過」「限外ろ過」「精密ろ過」の4種類があります。

逆浸透

逆浸透（RO）を使った液体分離では、できるだけ目の細かい膜が使用されます。バクテリア、胞子、脂質、たんぱく質、ガム質、塩、糖類、ミネラルなどの物質は、膜を通過しません。

ROフラットシート膜やROスパイラルワウンド膜の詳細はこちら。

逆浸透



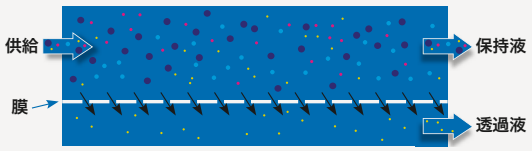
ナノろ過

ナノろ過（NF）では、小イオン（ミネラルなど）を通過させ、より大きなイオンやほとんどの有機物成分（バクテリア、胞子、脂質、たんぱく質、ガム質、糖類など）を除去します。

孔が若干大きい膜を使用するナノろ過の分離プロセスは、逆浸透ろ過ほど効果が高くありません。

NFフラットシート膜やNFスパイラルワウンド膜の詳細はこちら。

ナノろ過

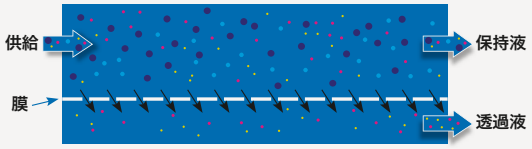


限外ろ過

限外ろ過（UF）では孔が大きい膜を使用します。また、圧力は比較的低めです。塩、糖類、有機酸、小ペプチドは通過しますが、たんぱく質、脂質、多糖は通過しません。

UFフラットシート膜やUFスパイラルワウンド膜の詳細はこちら。

限外ろ過

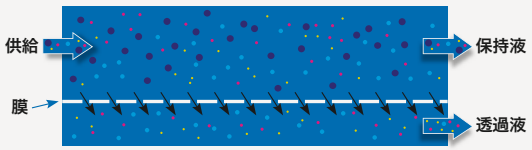


精密ろ過

精密ろ過（MF）では一般的に懸濁物、バクテリア、脂肪球のみを除去します。

MFフラットシート膜やMFスパイラルワウンド膜の詳細はこちら。

精密ろ過



ビールや飲料の濃縮に Revosが選ばれる理由とは？

ビールなどのアルコール飲料を濃縮する際、従来のROシステムだけでは本来の風味プロファイルを十分に保持することはできません。ROシステムでは、本来の風味プロファイルを保持するために、エタノールなどの小分子を除去する能力が求められます。また、ビールのような飲料の浸透圧は高いため、従来の逆浸透システムが作動する圧力では有意な濃縮係数を得ることができません。

アルファ・ラバルのRevos™濃縮システムは、低温・高圧の膜ろ過技術でビールや飲料を濃縮する、特許取得の事前組み立て式逆浸透プロセスモジュールです。Revosシステムでは一連の専用膜を用いて、供給液中のアルコール、たんぱく質、エステルから水分を除去し、元の飲料のアルコール度数（AMV）を最大22%まで濃縮することができます。多くのRO膜ろ過システムと違い、Revosシステムでは芳香族やアルコールが膜フィルターを通過しません。

低温、高圧、小孔径、アルコールや香気の回収といった要素を組み合わせることで、Revosは飲料の風味プロファイルに影響を与えることなく濃縮液を生成することができます。

低温：濃縮時に飲料の風味・香気プロファイルの変化を防ぎます。

高圧：最大120bar（1,740psi）の運転圧力により、アルコール度数が最大22%の高濃縮飲料を生成することができます。

小孔径：特別開発された小孔径を備えるRO膜により、アルコールや香気などの小さな分子と水分を効果的に分離することができます。

アルコール・香気回収プロセス（特許取得済）：膜に複数回通過させることで、最初の膜を通過してしまったあらゆるアルコールや香気成分を確実に回収することができます。二回目の通過により清浄水（最終透過液）と回収されたアルコールや香気の流路に分かれ、後者は供給流路に戻り再循環します。

アルファ・ラバルRevosの技術

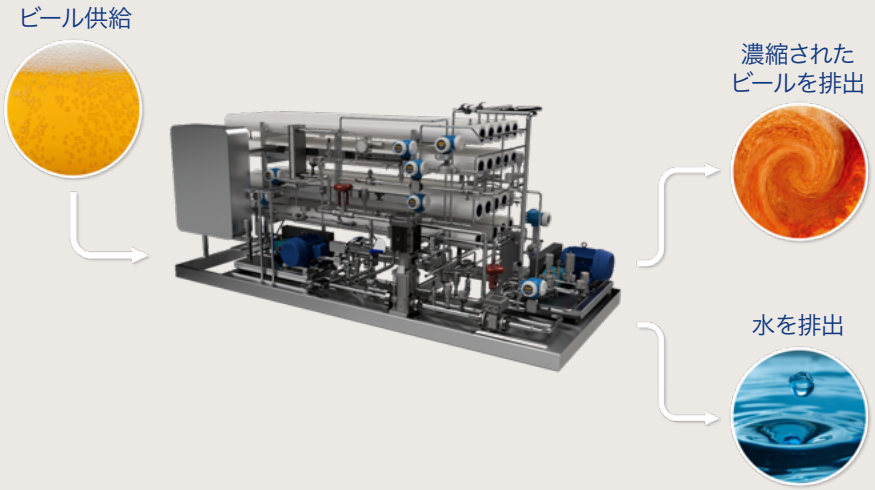
極低温・高圧ROシステム

アルファ・ラバルのRevos濃縮システムは、ビールやシードルなどのアルコール飲料を濃縮することができる低温・高圧RO膜ろ過システムです。ビールから水分を除去し、残留濃縮液にアルコール、風味、香気を残すことができます。高い運転圧力（120bar／1,740psi）により、アルコール度数が最大22%の高濃縮飲料を生成することができます。

Revosの技術が信頼される理由とは？

以下の特許技術を搭載したRevos濃縮システムは、他のROシステムよりも優れた性能を発揮します。

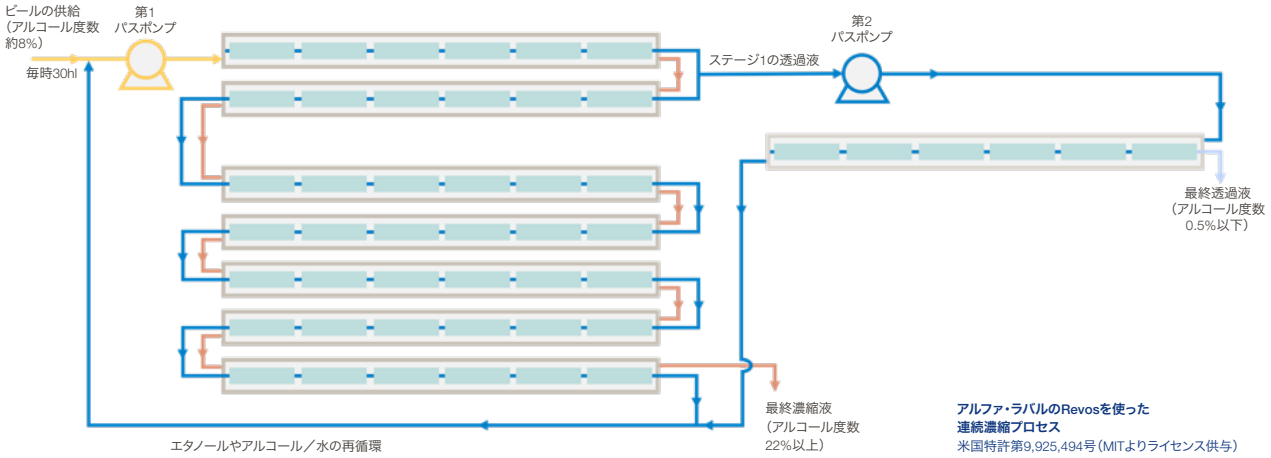
- 最小径の孔を備え、高圧にも耐えうるコア膜の設計により、定置洗浄（CIP）時に流れが阻害される箇所が解消されるため、水分とアルコール・香気成分の高効率的な分離と膜の完全洗浄が可能です。
- 濃縮制御により、高圧マルチパスROプロセスでのアルコール、香気、揮発性物質の高回収が可能です。
- 流路制御により、濃縮液生成時やCIPシーケンス時に最適な流路パターンを設定することができ、膜の洗浄時間を大幅に短縮することができます。
- 起動時、切替時、ランアウト時のロスを削減します。
- 断熱ハウジングを備える圧力容器の設計により、処理効率を最適化します。
- アルコールや香気の回収システムにより、濃縮液を還元した際に飲料本来の風味を完全再現することができます。



仕組み

Revos濃縮システムでは、連続2パスろ過システムを採用しています。

- 第1パスでは、ビールなどの飲料がポンプで連続的にRevos濃縮システムへと送られます。その間に、42枚のスパイラルワウンド膜を備える7個の膜ハウジングを通過します。
- 高圧で水を膜に透過させることで、アルコール度数を最大22%まで濃縮することができます。
- 膜孔が小さいため、たんぱく質、糖質、香気をビールや飲料の濃縮液に残すことができます。
- ビールが第1パスの最終地点に到達すると、アルコール度数が約22%の最終濃縮液がシステムから連続的に排出されます。
- 第1パスのろ過で取り除かれた水分（ステージ1の透過液）は第2パスのろ過（下図：右）へと送られます。
- 第2パスでは、第1パスでの濃縮時に膜を透過してしまったアルコールや香気成分を回収します。
- 第2パスでは清浄水（最終透過液）と回収されたアルコールや香気の流路を生成します。
- 清浄水（最終透過液）はビール醸造所で利用することができます。



概要図：Revos濃縮システムの連続2パスろ過プロセス

ビールの輸送を
よりサステナブルに

ビールや飲料の濃縮技術により、メーカーはビールの輸送から生じるカーボンフットプリントを大幅に削減することができます。

また、ビールや飲料を濃縮することにより、ビール醸造所や飲料メーカーが負担する輸送コストも削減することができます（バルク輸送の事例（右）を参照）。さらにバーやレストラン、カフェは、配送・物流の簡素化や飲料の流通システムから生じる環境負荷の軽減を容易に行うことができ、利便性も向上します（アルファ・ラバルRe-draftディスペンスシステム（後述）の事例（右下）を参照）。

サプライチェーンのカーボンフットプリントを削減

バルク輸送を例に見てみましょう。通常の高比重ビールではなくビール濃縮液を輸送した場合、タンクローリーによる輸送回数を約65%削減することができます。濃縮液を輸送することで、ビールや飲料100リットルあたり5〜15ユーロの配送費を節約することができます。人件費や燃料費の削減によって生じるビール醸造所のコスト節約効果は、特定のルートにおけるビールのコストに大きく依存します。

濃縮液をバルク輸送すると、配送先のビール醸造所やパッケージング施設向けのビールへのブレンディング比率が高くなります。醸造や発酵といったその他のプロセスに変化はありません。

バルク輸送の事例

- タンクローリーによる輸送回数を65%削減。
- タンクローリーによる輸送費を100リットルあたり5〜15ユーロ節約。
- サプライチェーンのカーボンフットプリントを削減。

Re-draft ディスペンスシステムの事例

- ビール樽による輸送費を100リットルあたり20ユーロ以上節約。
- ビールや飲料の濃縮液を還元し、バーのタップから提供可能。
- サプライチェーンのカーボンフットプリントを削減。

処理量と運転パラメーター

アルファ・ラバルのRevos濃縮システムは、高比重のビールや類似飲料を毎時30hlで処理することができます。処理量を上げる必要がある場合、システムを並行運転させることもできます。

Revos			
処理量（フィード）	hl/h	6	30
フットプリント	m	4.6 x 1.9 x 1.7	9.6 x 2.4 x 2.3
電力	kWh/hl	0.8	0.7
水利用（脱気水）	hl/hl	0.2	0.2
水利用（定置洗浄）	hl/hl	< 0.1	< 0.1
透過液回収	hl/hl	~0.7	~0.7

アルファ・ラバル Re-draftによるモニタリング

状態の管理および追跡

- 変化に対して動的に対応することで、飲用時の一貫した品質を維持。
- 飲料を注ぎ始める際や、水流量・圧力が変化した際の流量変動に対応。

品質

- ビールや飲料を冷たい状態で保管。
- 紫外線殺菌で塩素除去後の微生物の繁殖を防止。

タッチスクリーンディスプレイ

- 飲用時の飲料、樽、二酸化炭素量に関するデータをバーのスタッフが確認可能。
- 洗浄、較正、メンテナンスに関するデータを点検業者が確認可能。

アラーム

- 樽や二酸化炭素ボンベの交換、修理の必要性をスタッフに通知。
- 機械や飲料に関する問題点を検知。
- 規格外の飲料の提供を防止。

サービスとしてのコネクティビティ

リモートモニタリングやロギングにより、次のことが実現。

- 規格に準拠した飲料の提供。
- 定期的な洗浄。
- ビール醸造所やメーカーによる利用状況の分析。

濃縮液の還元

濃縮液が最終目的地に届いたら、濃縮液に水を加えて還元する必要があります。そのためには、アルファ・ラバルのドラフトディスペンスシステムであるRe-draftが必要です。コンパクトなポストミックス式ディスペンスシステムにより、消費地でビールや飲料の濃縮液を還元することができます。
パブやレストランで冷たいドラフトビールや飲料を提供する直前に、ろ水や炭酸ガスを加えて飲料本来の風味を再現します。

アルファ・ラバルのRe-draftを使い、アルコール・ノンアルコール飲料の濃縮液をタップから直接提供することで、以下のメリットが生まれます。

- ビール樽を使った輸送費を100リットルあたり20ユーロ以上節約。
- 内臓モニタリングシステムによる、飲料の品質管理が可能。
- ビール醸造所や飲料メーカーの施設、提供店舗から生じる二酸化炭素フットプリントを削減し、サステナビリティ目標の達成に貢献。

利点

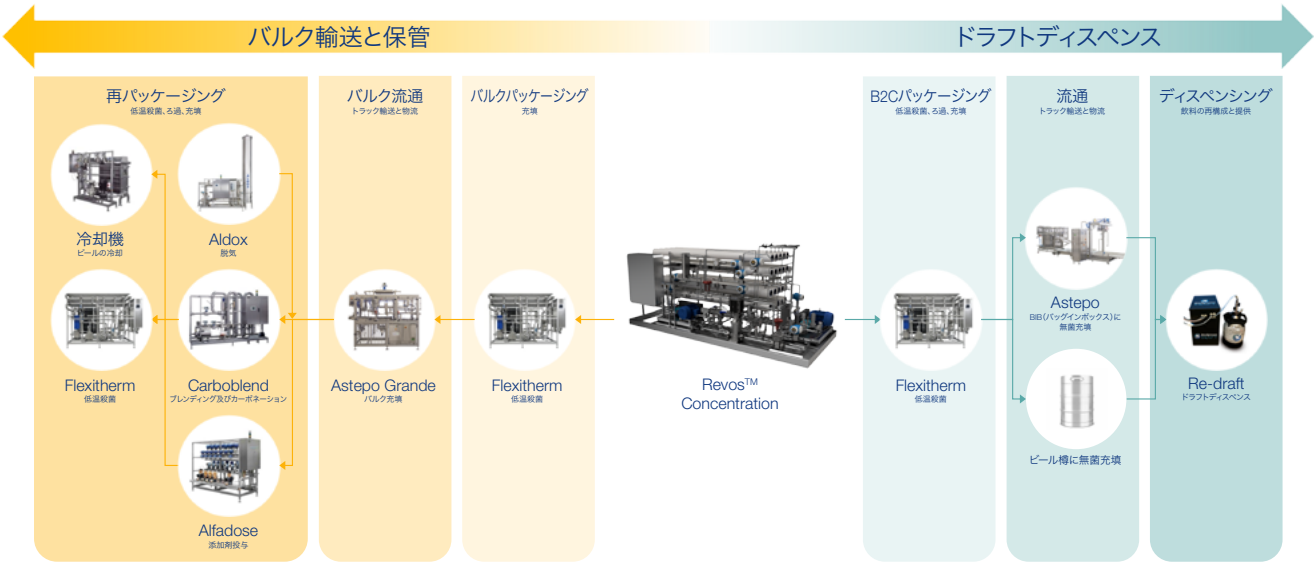
- ビール醸造所や流通業者：輸送費が4～6倍削減されることで、コスト削減やプライスポイント向上が実現。
- ビール醸造所：飲用時の品質に関するリアルタイムデータ（温度、炭酸、アルコール度数、流量）をディスペンス装置から取得可能。
- バー：配送回数や保管スペースの削減。
- 顧客：Revosドラフトディスペンスシステムに搭載のリモートモニタリングシステムにより、飲料品質の一貫性が向上。

アルファ・ラバル Revosによる ビールや飲料の濃縮

アルファ・ラバルのビール・飲料濃縮ポートフォリオは、Revos濃縮システムとRe-draftシステムで構成されています。

完全なエンドトゥエンドソリューション

アルファ・ラバルはお客様に合わせたビールや飲料の濃縮用エンドトゥエンドソリューションを提供し、無菌バルク充填剤といった上流と下流に必要となる多くの処理機器をご用意しています。



アルファ・ラバルRevosのエンドトゥエンドソリューションによるエコシステム：バルク再充填と充填からディスペンス

よりカーボンニュートラルなサプライチェーンに向けて

アルファ・ラバルのRevos濃縮システムやRe-draftを使うことで、ビール醸造所はよりカーボンニュートラルで業務効率の高いビールやシードルの製造を行うことができます。

重要なポイント

- コンパクトかつ経済的でエネルギー効率の高い技術により、風味や香気を残したままビールや飲料から純水を除去。濃縮液の還元に必要なものは純水のみ。
- 高い運転圧力により、アルコール度数が最大22%の濃縮飲料を生成可能。
- 供給脱気は不要。
- 特許取得の2パスシステムを使った低温処理により、飲料本来の風味プロファイル、香気、アルコール度数を保持。
- 製品ロスが少ない。
- 酸素ピックアップが少ない。
- 濃縮によりビールのミクロ安定性が向上し、流通・輸送コストが削減。
- 最先端の自動管理システムと処理設計。
- 製品や洗浄液が触れるパイプや機器のすべてが食品接触に適しており、洗浄が可能。
- バルク輸送コストやサプライチェーンに関する問題を削減。
- 消費地での還元システムを使った直接ドラフトディスペンス。

お問い合わせ

ビールやシードルの濃縮に詳しい専門家に相談したいことはありますか？　あなたが直面している課題を理解し、ニーズに応じたソリューションを提供することができるスタッフをご紹介いたします。

膜技術の分野におけるアルファ・ラバルの広範なノウハウに裏打ちされたビール・飲料ソリューションポートフォリオを通じて、お客様のカーボンフットプリントやコストの削減を実現します。

アルファ・ラバルへのお問い合わせ

ご質問やご意見がありましたらalfalaval.com/contact-usからお問い合わせください。皆様からのご連絡をお待ちしております。

アルファ・ラバルのご紹介

アルファ・ラバルは、エネルギー、海洋、食品・水の各分野で活動しており、その専門知識、製品、サービスを約100カ国の幅広い業界に提供しています。アルファ・ラバルは、プロセスの最適化、責任ある成長の実現、進歩の促進に取り組んでおり、お客様のビジネス目標やサステナビリティ目標の達成をサポートするために、常に一歩先を目指しています。

アルファ・ラバルの革新的な技術は、物質の浄化、精製、再利用に特化し、天然資源のより責任ある利用を促進します。これらの技術は、エネルギー効率や熱回収の改善、水処理の改善、排出量の削減に貢献しています。これにより、アルファ・ラバルは顧客のためだけでなく、人と地球のためにも成功を加速させています。世界をより良くするために、日々努力しています。それがAdvancing better™です。

アルファ・ラバル社の問い合わせ先

すべての国の詳細な連絡先は 当社のウェブサイトで絶えず更新されています。www.alfalaval.comにアクセスして直接情報を入手してください。

100005519-1-JA 2205

RevosとAlfa Lavalは、Alfa Laval Corporate ABが所有する登録商標です。
アルファ・ラバルは予告なく仕様を変更する権利を有します。