



国際酪農連盟 (IDF)

# 酪農乳業の 持続可能性 見通し

研究の進捗 | グローバルインサイト | 専門家のオピニオン

## 乳処理加工 特別号



# はじめに

## IDF 事務総長からのメッセージ

IDF の「酪農乳業の持続可能性見通し」シリーズは、国連の持続可能な開発目標（SDGs）の達成に貢献するため世界の酪農乳業セクターにより実施されているイニシアチブに焦点を当てています。本特集号は、乳処理加工に特化したものとなっています。世界中の酪農乳業セクターが持続可能なシステムのためにどのように取り組んでいるかを示すさまざまな事例を集めました。

この報告書では、乳処理加工のさまざまな状況について掘り下げ、世界中の革新的な戦略と取り組みについて考察しています。フランスからオーストラリア、カナダからインドに至るまで、乳処理加工施設は最先端の技術と持続可能な慣行を取り入れています。

食品廃棄物の削減や効率性の向上から、再生可能エネルギーの活用、経済的・社会的な持続可能性の促進まで、酪農乳業セクターは前向きな変化を推進する最前線に立っています。コラボレーション、イノベーション、持続可能性に対する共通の取り組みを通じて、私たちは地球と将来の世代のために乳処理加工の状況を変革する機会を得ています。

より持続可能かつ強靱な未来に向けた乳処理加工の変革の可能性を探るこの旅に、ぜひご参加ください。

ローレンス・ライケン（Laurence Rycken）

IDF 事務総長

## 加工特別作業部会委員長からのメッセージ

この冊子をお読みの方へ

乳処理加工は世界の酪農乳業セクターにおいて極めて重要な役割を果たしており、生乳をさまざまな消費者ニーズを満たす栄養豊富な安全な幅広い製品へと変えています。保存期間の延長から栄養プロファイルの強化、食品の安全性の確保まで、牛乳の価値を最大限に高め、セクターの持続可能性をサポートするためには処理加工が不可欠です。

乳処理加工は、食料安全保障の向上、持続可能な農業の促進、健康の増進など、国連の持続可能な開発目標（SDGs）に貢献しています。効率的な加工技術を通じて、酪農乳業は保存期間の延長や製品の栄養価を向上させることで食品廃棄物の削減に貢献しています。さまざまな食事ニーズに対応した多様な乳製品を生み出すことで健康と福祉（SDG3）をサポートします。エネルギー効率の高い生産や廃棄物の削減など、持続可能な乳処理加工の実践は、責任ある消費と生産（SDG12）に貢献しています。さらに、数多くの農家や従業員に生計手段を提供するというセクターの役割は、貧困の撲滅（SDG1）や働きがいのある仕事と経済成長の促進（SDG8）に合致しています。

IDF は、世界中の乳処理加工実践を前進させる最前線に立ってきました。また IDF は、加工技術が効果的であるだけでなく持続可能であることを確保しながら、世界の酪農乳業環境の形成に貢献してきました。

乳処理加工の利点については、IDF 加工特別作業部会が策定したファクトシートをご覧ください（アクセスは[こちら](#)）。

ピエールクリスチアーノ・ブラザーレ  
（Piercristiano Brazzale）

IDF 加工特別作業部会委員長

# 目次

食品の安全と品質のための乳処理加工

状況に合わせた栄養ソリューションのための乳処理加工

廃棄物削減と技術効率化戦略のための乳処理加工

経済的・社会的な持続可能性のための乳処理加工

翻訳（仮訳）：一般社団法人 J ミルク

編者注：仮訳の正確性、完全性、有用性等についてはいかなる保証をするものではありません。

参考資料として扱い、内容に疑義が生じた場合は英文の原文をご確認ください。





# 食品の 安全と品質のための 乳処理加工





## フランス

# 安全で栄養豊富な発酵食品： 乳製品における食品カルチャー

## 寄稿者

フランソワ・ボーディション (François Bourdichon)

IDF 微生物学的衛生常設委員会委員長  
(Chair of the IDF SCMH)、フランス

✉ [francois.bourdichon@gmail.com](mailto:francois.bourdichon@gmail.com)

## SDGs との整合



## 発酵による乳処理加工

発酵は牧畜の初期段階と密接な結びつきがあり、人類の歴史の最も初期の段階にまで遡ります。そして微生物の本当の役割については、19世紀までほとんど知られていませんでした。近年、発酵食品は、栄養価が高く消費者にとって健康に良いものと認識されています。発酵食品の分野では、酪農乳業セクターが食品廃棄物、食品の安全性、栄養に関する科学的実証と関連性をけん引してきました。多くの取り組みの中でも特筆すべきプロジェクトの一つが2002年に始まった「食品カルチャー目録」であり、20年経った現在でも国際酪農連盟 (IDF) が携わっている取り組みです。

## IDF 食品カルチャー目録は、 発酵食品の規制に関する科学的根拠の 提供を目的としている

この取り組みでは、伝統的な発酵食品に使用されているさまざまな微生物種の役割を認識しています。また、規制を構築し、乳製品などの食品マトリクスを含む発酵食品の国際的な取引を支援するための科学的根拠を当局に提供しています。

この作業では、さまざまな発酵乳製品に関する見識や知識を持つ酪農乳業技術者と、懸念される病原体や衛生指標に精通している食品安全微生物学者が集結しました。このコラボレーションにより、技術を活用した食品微生物カルチャーの安全性実証の確立が確保され、2002年当初の取り組みは2012年、2018年、2022年に更新されています。

## 「食品カルチャーを最大限に 活用して、食品廃棄の問題に 取り組んでいます」

フランソワ・ボーディション  
(François Bourdichon)

### 食品発酵と食品微生物カルチャー活用 のリーダーとしての IDF

酪農乳業界以外でも認知してもらうために、この作業は2012年に査読付き論文として発表されました。現在でも最もダウンロードされている論文の一つであり、数多くの引用がなされています。この作業はこの分野の権威としてさまざまな公的機関から認識され、IDFは食品発酵と食品微生物カルチャーの活用におけるリーダーとしての地位を確立しています。

IDFの専門家の支援を受けているこの作業の成果は、発酵食品に関する国際的な取引における紛争を解決するためにいくつかの機会で活用されています。さらに、この取り組みは酪農乳業セクターにとどまらず、あらゆる種類の在来型食品を網羅し、食品廃棄という世界的な課題に対処するとともに、健康的な食品の選択を推進しています。

### 安全で栄養豊富な発酵食品が SDGs を 推進

この取り組みでは、乳製品と乳製品以外の両方の発酵食品を伝統的な用途で安全に消費するための科学的根拠と、新しい発酵食品を開発するための枠組みを提供します。この中には、新しい微生物種や、通常は他の食品源から分離されている種を使用することの検討も含まれています。このアプローチを採用することで、消費者は安全で栄

養豊富な食品が保証され、食料セクターは発酵効率を高めることができ、特に飢餓ゼロ (SDG2) と健康と福祉 (SDG3) といったさまざまな持続可能な開発目標 (SDGs) が達成されます。

## 進行中の取り組み

IDFでは、在来型発酵食品の多彩なバリエーションを考慮し、乳製品以外の発酵食品も含めた食品カルチャー目録の拡大・維持に向けた取り組みを継続しています。

本件は、IDFの微生物学的衛生常設委員会 (SCMH)、乳業科学・技術常設委員会 (SCDST)、栄養・健康常設委員会 (SCNH) による共同作業です。

## 参考文献

- International Dairy Federation. (2022). *Inventory of microbial food cultures with safety demonstration in fermented food products.* (Bulletin of the IDF N° 514/2022). <https://shop.fil-idf.org/products/bulletin-of-the-idf-n-514-2022-inventory-of-microbial-food-cultures-with-safety-demonstration-in-fermented-food-products>
- Bourdichon, F., Arias, E., Babuchowski, A., Bückle, A., Bello, F. D., Dubois, A., Fontana, A., Fritz, D., Kemperman, R., Laulund, S., McAuliffe, O., Miks, M. H., Papademas, P., Patrone, V., Sharma, D. K., Sliwinski, E., Stanton, C., Von Ah, U., Yao, S., & Morelli, L. (2021). The forgotten role of food cultures. *FEMS Microbiology Letters*, 368(14). <https://doi.org/10.1093/femsle/fnab085>
- Motarjemi, Y. & Nout, M. J. (1996). Food fermentation: a safety and nutritional assessment. Joint FAO/WHO Workshop on Assessment of Fermentation as a Household Technology for Improving Food Safety. *Bulletin of the World Health Organization*, 74 (6), 553 - 559. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/264125>





© CNIEL

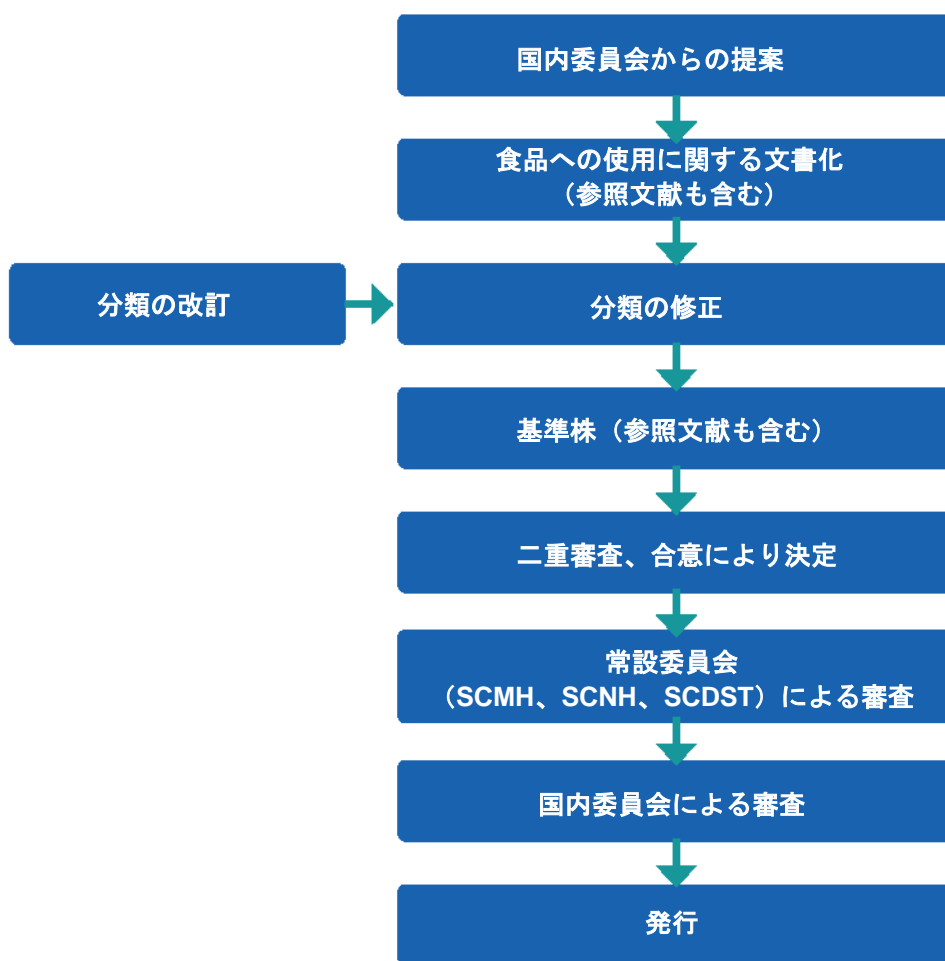


図 1. 微生物種の組み込みプロセス。IDF プリテン第 514 号 (2022 年) より引用

米国

# 食品廃棄物を削減し、 乳業界の持続可能性を高めるためのデジタルアプローチ

## 寄稿者

アリョーシャ・トルムッチ (Aljosa Trmcic)、  
チェンハオ・チエン (Chenhao Qian)、  
アーロン・アダルジャ (Aaron Adalja)、  
ニコル・H・マーティン (Nicole H. Martin)、  
マーティン・ヴィードマン (Martin Wiedmann)  
コーネル大学 (Cornell University)、米国  
✉ [at543@cornell.edu](mailto:at543@cornell.edu)

## SDGs との整合



## 保存期間を正確に予測することで、 牛乳乳製品の廃棄やロスの削減が可能

牛乳乳製品は食品ロス・廃棄のトップ3グループに入っており、そのうち液状乳が牛乳乳製品の3分の2を占めています。牛乳乳製品の各パッケージやボトルの保存期間を正確に予測し、牛乳乳製品の腐敗を体系的に評価することができれば、牛乳乳製品の廃棄やロスを削減し、酪農乳業セクター全体の持続可能性に貢献できる解決策への扉が開かれます。

## 牛乳乳製品の腐敗とその保存期間への 影響は、数理モデルで予測可能

液状乳、チーズ、ヨーグルトの腐敗の原因である微生物の主要なグループのいくつかを区分けして特定し、各グループの代表的なものを定義し、これらがさまざまな乳製品の腐敗に関与している頻度を測定しました。また各グループ代表の特性を明らかにし、牛乳乳製品における増殖を明確に表すパラメータを決定しました。最後に、得られた情報を用いて、生乳の品質や処理加工・保存・流通時に直面する条件に基づいて腐敗微生物の成長をシミュレーションし、保存期間を予測することが可能なさまざまなモンテカルロシミュレーションモデルを開発しました。

## コーネル大学における乳処理加工と 製品を改善するデジタルツールの 中心的拠点

これらのモデルのコンセプトから最終利用までの道のりは、(i) 開発、(ii) 検証、(iii) 展開、(iv) 乳業界内での使用パイロット試験という4つの基本的なステップを辿っています。検証プロセスには冷蔵保存中の市販の低温殺菌牛乳の微生物学的試験が含まれ、試験での実測値と予測値の間に統計的差異がないことが示されています。最終的なモデルは、オンラインで一般に公開されているユーザーフレンドリーインタフェースと統合することで展開されました。最終モデルは、実際の乳処理加工環境でもパイロット試験が実施されました。たとえば、遠心除菌が液状乳の保存期間の延長に与える影響が評価されています。

## 予測保存期間の恩恵を受ける加工 および小売

私たちが開発した予測シミュレーションモデルの利点は、乳処理加工と小売の両方に適用することができます。(i) 乳業者は、このモデルを意思決定ツールとして使用し、膨大な時間とリソース投資を必要としない仮想空間でさまざまな介入による利点を試験することができます。(ii) このモデルは、製品開発中に決定される静的な保存期間情報の代わりに、個々のバッチまたは製品ユニットまで特定できる保存期間に関する正確な情報の提供方法を示します。

## 「予測モデル化は常に腐敗の 一歩先を行っています」

アリョーシャ・トルムッチ  
(Aljosa Trmcic)、コーネル大学

## ダイナミックプライシング適用の機会

モデル化を用いてバッチまたはユニットレベルで保存期間のより正確な情報を提供することは、腐敗しやすい牛乳乳製品のダイナミックプライシングを実施する機会を提供します。ダイナミックプライシングは、保存期間が短い製品の値下げ価格と、保存期間が長い製品の価格プレミアムに基づいて行われます。私たちのプロジェクトの次のステップは液状乳に焦点を当て、このようなダイナミックプライシングを実施して、小売業者の収益中立的なバランスを維持しながら、保存期間の短い製品の販売を増やし、廃棄される製品の量を減らすことができるかどうかを実際の小売環境で評価することです。



**Milk Spoilage**

- Introduction
- Spore Model
- PPIC Model
- Output

**User input**

What is the average (mean) spore concentration (log10 MPN/mL) in milk?  
-0.72

What is the standard deviation of spore concentration (log10 MPN/mL) in milk?  
0.89

**Spoilage threshold**  
US regulation limit (Pasteurized Milk Ordinance): 20,000 CFU/mL

The shelf life is defined as the last day at which a certain percentage (%) of spoiled milk containers exceeding the spoilage threshold.  
Set this percentage (%)  
0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100

Select intervention strategies that reduce bacteria load

- No intervention
- Microfiltration (2.2log reduction)
- Bactofugation single-pass (1.4log reduction)
- Bactofugation double-pass (2log reduction)

Select intervention strategies that improve the temperature control

**Facility storage**

- No intervention
- Set storage temperature from 4 to 3 °C
- Implement extreme cooling (reduce temperature from 4 to 1 °C)
- Improve the cooling system to reduce temperature variability

**Facility-to-retail transportation**

- No intervention
- Set a temperature alarm system in delivery trucks
- Optimize distribution routes to shorten delivery time

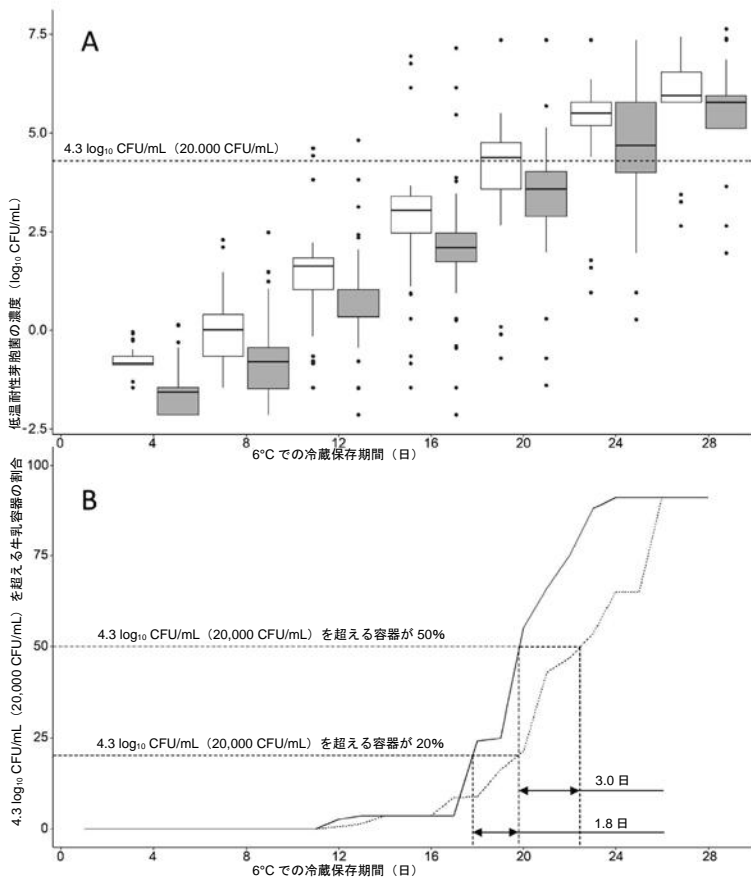
**Retail storage**

- No intervention
- Reduce average (mean) storage temperature from 2.3 to 1.8 °C
- Set a temperature alarm system to limit temperature below 4 °C
- Improve refrigeration system to reduce temperature variability

**Simulated outcomes**

The predicted shelf life is 18 days.

液状乳腐敗モデルのユーザーフレンドリーなインターフェース © Aljosa Trmcic, Cornell University



モンテカルロシミュレーションモデルにより予測された冷蔵保存 (6°C) での低温殺菌脱脂粉乳中の低温耐性芽胞菌の増殖。  
 (A) 灰色の箱は遠心除菌した場合の予測値、白色の箱は処理加工フローにおいて遠心除菌していない場合の予測値を表す。破線は、液状乳が腐敗したとみなす限界値として使用されている低温殺菌牛乳規則 (Pasteurized Milk Ordinance) の限界値 20,000 CFU/mL を表す。  
 (B) 点線は遠心除菌した場合の予測値、実線は処理加工フローにおいて遠心除菌していない場合の予測値を表す。破線は、牛乳容器の 20%または 50%が 20,000 CFU/mL の限界に達したときの保存日数の違いを表す。©Griep-Moyer et al., 2022



小売店の牛乳に適用されたダイナミックプライシングモデル © Aljosa Trmcic, Cornell University



小売店の牛乳に適用されたダイナミックプライシングモデル © Aljosa Trmcic, Cornell University

## 参考文献

1. Digital Dairy - A central hub for digital tools that improve dairy processing and products, Milk Quality Improvement Program, Department of Food Science, Cornell University. <https://cals.cornell.edu/digital-dairy>
2. User-friendly interfaces of Fluid Milk Spoilage Models, Milk Quality Improvement Program, Department of Food Science, Cornell University. <https://mqip.shinyapps.io/MilkSpoilageModels/>
3. Qian, C., Murphy, S., Lott, T., Martin, N., & Wiedmann, M. (2023). Development and deployment of a supply-chain digital tool to predict fluid-milk spoilage due to psychrotolerant sporeformers. *Journal of Dairy Science*, 106(12), 8415–8433. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-23673>
4. Lau, S., Trmcic, A., Martin, N., Wiedmann, M., & Murphy, S. (2022). Development of a Monte Carlo simulation model to predict pasteurized fluid milk spoilage due to post-pasteurization contamination with gram-negative bacteria. *Journal of Dairy Science*, 105(3), 1978–1998. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21316>
5. Qian, C., Martin, N., Wiedmann, M., & Trmcic, A. (2022). Development of a risk assessment model to predict the occurrence of late blowing defect in Gouda cheese and evaluate potential intervention strategies. *Journal of Dairy Science*, 105(4), 2880–2894. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21206>
6. Buehler, A., Martin, N., Boor, K., & Wiedmann, M. (2018). Evaluation of biopreservatives in Greek yogurt to inhibit yeast and mold spoilage and development of a yogurt spoilage predictive model. *Journal of Dairy Science*, 101(12), 10759–10774. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15082>
7. Griep-Moyer, E., Trmčić, A., Qian, C., & Moraru, C. (2022). Monte Carlo simulation model predicts bacterofugation can extend shelf-life of pasteurized fluid milk, even when raw milk with low spore counts is used as the incoming ingredient. *Journal of Dairy Science*, 105(12), 9439–9449. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22174>
8. Nielsen, L., Rolighed, M., Buehler, A., Knøchel, S., Wiedmann, M., & Marvig, C. (2021). Development of predictive models evaluating the spoilage-de-laying effect of a bioprotective culture on different yeast species in yogurt. *Journal of Dairy Science*, 104(9), 9570–9582. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20076>
9. Lau, S., Wiedmann, M., & Adalja, A. (2022). Consumer perceptions of QR code technology for enhanced fluid milk shelf-life information provision in a retail setting. *JDS Communications*, 3(6), 393–397. <https://doi.org/10.3168/jdsc.2022-0256>
10. Endara, P., Wiedmann, M., & Adalja, A. (2023). Consumer willingness to pay for shelf life of high-temperature, short-time-pasteurized fluid milk: Implications for smart labeling and food waste reduction. *Journal of Dairy Science*, 106(9), 5940–5957. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22968>







中国

## 新しいプロバイオティクス入り常温保存ヨーグルトの加工：AMB POMIAL AMX

### 寄稿者

スティーブ・タン (Steve Tan)  
伊利集团、中国  
✉ [tanxingyu@yili.com](mailto:tanxingyu@yili.com)

### SDGs との整合



### 冷蔵される可能性の低い市場向けの常温保存ヨーグルト

従来、ヨーグルトはプロバイオティクスの生存性を維持するために冷蔵が必要で、流通や保存に課題がありました。低温ヨーグルトは厳格な温度管理が求められ、そのためエネルギー消費量の増大や腐敗による廃棄物の増加につながっています。このような要件により、特に冷蔵インフラが限られている地域での流通に制限が生じています。常時冷蔵が必要なため、市場範囲が制限されるだけでなく、エネルギー使用量や環境への影響も大きくなります。活性プロバイオティクス入りの常温保存可能なヨーグルトを開発することで、利便性の向上、廃棄物の削減、流通の可能性の拡大を通じてこれらの課題に対処し、最終的にはプロバイオティクスに富んだ食品の需要の増加をサポートし、グローバルな健康面の成績を向上させることができます。

### 酪農乳業セクターにおける大きなイノベーション

この活性プロバイオティクス入り常温保存ヨーグルトは、冷蔵の手間を省き、プロバイオティクスの活性を維持し、本来の栄養特性を保持しながら、より便利に摂取できるようになることを目指しています。

1個のヨーグルトに対して、10億コロニー形成単位（CFU）のラクトバチルス・ラムノサス（LGG）活性プロバイオティクスが含まれています。プロバイオティクス入り常温保存ヨーグルトは、無菌ダウンストリーム接種技術と特定の炭水化物を組み合わせた配合により、より高い割合の生きたプロバイオティクスを得ることができます。この革新的なシステムは、充填工程の前に無菌環境で常温ヨーグルトにLGGプロバイオティクスを精密に注入しています。この方法により、ヨーグルト殺菌後に添加されたプロバイオティクスが活性を保ち、不要な菌の過剰繁殖を防ぎ、製品の安全性と品質を維持しています。

### 実践的かつ経済的、健康に関連した利点を提供

このイノベーションは、消費者の利便性を高め、コールドチェーン物流への依存を減らし、特に冷蔵インフラが限られている地域での市場範囲を拡大します。さらに、健康に良いことで知られるプロバイオティクスに富んだ食品への需要の高まりも後押しします。プロバイオティクス入りヨーグルトをより身近かつ便利にすることで、この進歩は乳業界に経済的および環境的な利点を提供しながら、グローバルな健康面の成果を大幅に向上させることができます。

### 参考文献

[https://www.sohu.com/a/747117831\\_100066774](https://www.sohu.com/a/747117831_100066774)



AMB POMIAL AMX 製品のパッケージ © Yili Group

### 「活性プロバイオティクス入り常温保存ヨーグルト」

スティーブ・タン (Steve Tan)





状況に合わせた栄養  
ソリューションのための  
乳処理加工







## オーストラリア

# 新しい加水分解乳タンパク質を加えた 高タンパク質ヨーグルトの加工改善

## 寄稿者

エンリコ・ハッデ (Enrico Hadde)、  
マーティン・パーマー (Martin Palmer)、  
サリー・グラス (Sally Gras)、  
グレゴリー・マーティン (Gregory Martin)  
メルボルン大学 (The University of Melbourne)、  
オーストラリア

✉ [gimartin@unimelb.edu.au](mailto:gimartin@unimelb.edu.au)

## SDGs との整合



## 高齢者や嚥下障害のある消費者が、 新しい味や風味の製品を 口にすることができる

高タンパク質ヨーグルトの市場は近年急成長を見せており、今後も成長が続くと予測されています。特に高齢者や嚥下障害のある消費者をターゲットとした、新しい食感や風味の製品を扱うエキサイティングな新規分野が出現しています。そのため、栄養価、風味、持続可能性、手頃な価格を維持しながら、製品の硬度や粘度をより適切に調整できるような新しい加工戦略が産業界で求められています。これらの製品には「自然さ」も重要であるため、そのような変化には乳製品以外の添加物を使用するのではなく、プロセスのイノベーションによって実現するのが理想的です。

## 加水分解乳タンパク質の生化学的 および機能的効果の理解から 製品開発まで

まず、実験用ヨーグルト系における加水分解乳タンパク質の生化学的および機能的効果について、さらに理解を深めることを目指しました。次に、これらの知見を産業環境に応用し、新しい食感と優れた風味の属性を持つ高タンパク質ヨーグルトの持続可能な製造に向けて、科学に基づいた新しい戦略を開発することを目指しました。

現地の乳業会社やデーリー・オーストラリア (Dairy Australia) との協力により、学際的なプロジェクトの開発が行われました。

## 「オーストラリアの産業界と 協力して、持続可能性や健康 面でのプラスな成果を達成す ることを目的とした革新的な 研究に取り組むことは、非常 にやりがいがあります」

グレッグ・マーティン (Greg Martin)

初期の研究所ベースの研究では、モデル食品系と連動した物理的および生化学的分析に焦点を当てていました。2種類の発酵前強化アプローチ（ヨーグルトミルクへの加水分解乳タンパク質の添加と、添加ホエイプロテインを含むヨーグルトミルクの in situ 酵素加水分解）を比較しました。多因子アプローチで調査された重要なパラメータには、カゼイン：ホエイのタンパク質比率、さまざまなペプチドやプロテアーゼシステム、低温殺菌や冷却状態が含まれていました。これらの結果を使用して、少数の食品グレード工場試験を実施し、物理的、生化学的、官能的検査のためのより大きなサンプルを生成しました。

## 注ぎやすいヨーグルトから スプーンですくえるタイプまで

研究室での研究では、最大 15%の総タンパク質を含んだモデルヨーグルト系における乳ペプチドの生化学および機能性に関する多くの新しい情報が確立されました。パ

イロット規模で再現された選ばれた処理からの製品の官能検査により、加水分解乳タンパク質を含み、許容できる風味と食感を持った製品の最適な配合と加工の組み合わせを特定することができました。カゼイン：ホエイの比率や殺菌温度の調整、そしてプロテアーゼシステムやペプチド源を慎重に選択することで、注ぎやすいタイプから、よりなじみやすく、より固くスプーンですくえるタイプまで幅広く、安定した粘度を生成することが可能になりました（図1参照）。

## チーズ製造のためのホエイプロテイン 使用の改善

乳ペプチドの生化学および機能性に関して得られた重要な新しい知見は、より広範な乳業科学界や乳製品製造業界の利益のために国際的なジャーナルに掲載される予定です。

新しい市場向けの低粘度製品を含む、新しいタイプの高タンパク質ヨーグルトの製造を容易にするために、科学に基づいた加工および配合に関する重要で新たな手法がいくつか開発されました。

ホエイベースの原料を用いて栄養強化することでいくつか最良の結果が得られており、過小評価されているホエイプロテインの利用を改善させ、チーズ業界の持続可能性の側面を向上させる可能性があります。



図 1. 最大 15%の総タンパク質を含んだモデルヨーグルト系において、注ぎやすいタイプから、より固くスプーンですくえるタイプまで、安定した粘度。© Enrico Hadde, The University of Melbourne.

特に高齢者や嚥下障害のある消費者は、これらの新しい低粘度／高タンパク質ヨーグルトの恩恵を受けるでしょう。

#### 参考文献

<https://eng.unimelb.edu.au/industry/food-and-agri-business/research/dairy-innovation>

#### ヨーグルト製造の改善に着目

産業試験では、これらの新しいヨーグルトのタイプの商業的可能性を十分に評価し続けており、特に低粘度の製品に注目しています。

我々は、また、酸ホエイで廃棄されるタンパク質の量を減らすために、これらの新しいヨーグルト製造戦略のいくつかの可能性を検討しており、それによって持続可能性を向上させるためのさらなる機会を提供する予定です。

このアプローチは、ソフトチーズなど他の乳製品の製造にも応用できる可能性があります。



中国

# 伊利集団は、消費者の免疫を守るために 「Satine 活性ラクトフェリン有機ピュアミルク」 を開発

## 寄稿者

ズーモン・ウー (Zimeng Wu)

伊利集団、中国

✉ Liuyang27@yili.com

## SDGs との整合



## 全体像

活性ラクトフェリンは、UHT 殺菌後は非常に低い濃度で保持されるため、極めて希少です。伊利社は技術的なボトルネックを克服し、UHT 殺菌前にラクトフェリンを保護するために「分離抽出 - 個別殺菌 - 無菌混合」という革新的なプロセスを採用しています。この画期的な技術により、常温保存牛乳で90%という高い活性ラクトフェリン保持率を達成しました。また伊利は、世界で初めて通常常温保存牛乳の8倍となる1箱あたり16mgの活性ラクトフェリンを含有する「Satine 活性ラクトフェリン有機ピュアミルク」の開発に成功しました。2024年10月18日、「Satine 活性ラクトフェリン有機ピュアミルク」は、国際酪農連盟からIDF デーリーイノベーションアワードの新製品開発賞を受賞しました。

## 約束

常温で活性ラクトフェリンが含まれた世界初の有機ピュアミルクの開発は、常温の全乳では比較的高い濃度のラクトフェリンを摂取することができないという消費者が直面する栄養不足に対応しています。この画期的な技術は、消費者の重要な懸念を解決し、高度な技術革新を通じて製品の栄養価と健康の価値を高めます。

## 行動に移す

伊利は、次の3つの革新的なアプローチによって目標を達成しました。製品面では、伊利は活性ラクトフェリンが豊富に含まれた常温保存有機ピュアミルクを開発しました。

健康は生存条件であるだけでなく、人間の基本的欲求の一つです。しかし、この基本的欲求は、世界のさまざまな地域の人々にとっては希少なリソースとなる場合があります。したがって、品質を重視し、イノベーションを原動力とし、共同で責任を担い、成果を世界と共有することで、「健康を統合的に共有する世界 (World Integrally Sharing Health)」という夢を実現することができます。

パン・ガン氏 (Mr. Pan Gang) -  
伊利集団会長兼社長

工程面では、伊利は「分離抽出 - 個別殺菌 - 無菌混合」を含むラクトフェリンの最先端技術ソリューションを確立し、常温ピュアミルク中の高い活性ラクトフェリン保持率を確保しました。設備面では、伊利が独自に常温ラクトフェリンピュアミルク向けのデモンストレーション用自動製造ラインを設計し、世界をリードする画期的な進歩を成し遂げました。最終的に、こういったイノベーションは製品に形を変え、市場への投入に成功し、消費者に歓迎されています。

中国農業科学院の研究チームによる牛乳・乳製品中の未変性ラクトフェリン検出技術の開発に基づき、未変性ラクトフェリンの分離、濃縮、精製の方法を策定し、「液体クロマトグラフィーによる牛乳・乳製品中のラクトフェリンの定量」(T/TDSTIA 006-2019)というグループ標準が制定されました。



© Yili Group, China



© Yili Group, China

未変性ラクトフェリンの分離と精製、続いて高性能液体クロマトグラフィー検出により、未変性ラクトフェリンの含有量測定が実現しました。この検出方法に基づき、本プロジェクトでは研究・製造プロセス全体を通じてラクトフェリンのモニタリングを実施し、製造中および保存時において未変性の活性ラクトフェリンと認定された製品を保証します。このことから本プロジェクトは、殺菌乳分野において活性ラクトフェリン栄養素の残存率が高いピュアミルク製品の製造の先駆けとなりました。

#### 成功の歴史

このプロジェクトは、一連の高効率ラクトフェリンクロマトグラフィー分離プロセス、多段階精密ろ過低温殺菌法、無菌混合プロセスを統合したものであり、国内外を問わず他の研究では報告されて

いないイノベーションです。「Satine 活性ラクトフェリン有機ピュアミルク」には国際的に先駆けたプロセス技術が採用され、生乳中に存在する活性ラクトフェリンの90%以上の残存率を実現した、殺菌乳分野で最初の製品として際立っています。さらに、この製品の1パックには、通常の牛乳に含まれる活性ラクトフェリンの8倍にあたる少なくとも16mgのラクトフェリンが含まれています。

#### 取り組みの価値

この取り組みは、免疫力と全体的な健康に不可欠な栄養素である高濃度のラクトフェリンを手軽に摂取したいという消費者の重要なニーズに対応するものです。このイノベーションにより、強化された栄養と免疫サポートを手軽に利用できるようになり、機能的で健康に焦点を当てた食品の需要の高まりに応えることで、

特に消費者に恩恵をもたらします。

この画期的な技術は公衆衛生を豊かにすると同時に、世界の乳業界をレベルアップさせ、栄養と技術の卓越性に対する伊利の取り組みを明らかにしています。

#### 新たな機会

伊利は、引き続き消費者のニーズを優先し、世界的に質の高いリソースを統合し、イノベーションと研究開発の活動を強化することで、あらゆるシナリオ、人口集団、ライフステージにわたる栄養と健康の要件を満たします。また、Satine は今後も伊利ブランドとして、より質の高い健康的な生活を求める消費者の願望を理解し、継続的な技術進歩を推進していきます。中国の有機乳業界の先駆者でありリーダーとして、Satine は有機製品のイノベーションと品質の未来を形作ることを目標としています。



## ドイツ

## 持続可能な乳製品イノベーションによる腸の健康革命

## 寄稿者

マルテ・ベイ (Malte Bey)、  
マンドゥ・ケア社 (mandu-care GmbH)、ドイツ  
✉ info@mandu-care.de

## SDGs との整合



## 全体像

乳業界は、グローバルな健康課題に対処しながら、持続可能なイノベーションを推進しなければならないというプレッシャーの高まりに直面しています。特に高齢者を中心に、世界の6人に1人が便秘に悩まされており、消化器系の健康が重大な問題となっています。このプレバイオティクス入りホエイベースの飲料は、持続可能な健康増進製品を開発するための革新的な製造プロセスを活用し、ソリューションの先駆者となっています。乳製品の副産物であるホエイ（乳清）を機能性飲料に転用することで、腸の健康をサポートするだけでなく、循環型経済にも貢献します。この取り組みは、健康に焦点を当てた栄養と持続可能な酪農の実践を整合させるための実用的かつ拡張可能なモデルであり、業界イノベーションのベンチマークとなっています。

## 約束

この取り組みは、便秘の予防や腸内細菌叢の増殖を促す低用量で効果的なプレバイオティクス入り飲料を提供することで、消化器の健康増進を目指すものです。同時に、副産物であるホエイを機能的で環境にやさしい製品にすることで、乳業界内の持続可能性を促進します。

## 行動に移す

ホーエンハイム大学での開発プロセスは、ホエイをプレバイオティクス入り飲料に変換する方法の改善に焦点を当てています。理想的な栄養プロファイルと製品の有効性を達成するために、さまざまなホエイ組成、酵素、ろ過用膜の種類が試験されました。

「ラクトース（乳糖）からラクツロースへの酵素変換は、乳製品の副産物であるホエイを貴重なプレバイオティクス入り食品に変換する方法を示しており、持続可能性と健康に焦点を当てたイノベーションの相乗効果を強調しています」

ヨルグ・ヒンリヒス教授（工学博士）  
（Prof. Dr.-Ing. Jörg Hinrichs）、  
ホーエンハイム大学

二重盲検ランダム化試験では、便の硬度の改善や、腸内の有用菌を促進する効果が実証されました。プロセス全体は欧州とニュージーランドの特許で保護されており、イノベーションの独占性と拡張性を世界市場全域で保証しています。この反復的なアプローチにより、高品質で機能的な飲料を提供するためにプロセスを最適化し、イノベーションと環境責任の整合性を図りました。

## 成功の歴史

14日間にわたる30名の被験者を対象にしたパイロット試験では、腸内フローラや便通に対して製品によるプラスの効果があることが確認されました。便の硬度が大幅に改善され、ビフィズス菌や乳酸菌などの有用菌が10%増加していました。これらの評価項目は、ブリストルスケールを用いて測定することができました。このイノベーションは健康上の利点だけでなく、乳製品の副産物の変換に成功したことを示しており、乳業界内での循環型製造方法の経済的および環境的価値を強化します。

## 取り組みの価値

このプロジェクトは、消費者の健康や乳製品の持続可能性における重要なニーズに対応しています。この恩恵を受けるのは、主に便秘に悩む個人、関連コストの削減を目指している医療制度、持続可能な実践を求めている乳業界です。ホエイまたはホエイパーミエイトを高付加価値製品に変換することにより、乳業者にとって経済的なインセンティブを提供すると同時に、環境廃棄物の削減につながります。消費者は腸の健康のために科学的に裏付けられた有用なソリューションの恩恵を受け、業界は循環型製造モデルに歩み寄りを見せています。この取り組みは、健康に焦点を当てたイノベーションが環境責任とどのように調和できるかを例証しています。

## 新たな機会

次のステップには、製造の拡大、EIT-Foodの共同出資による大規模な臨床試験の実施、流通網の拡大が含まれます。今後の機会としては、特に高齢化や健康志向の消費者など、多様な市場を開拓することです。ラクツロースやその他のホエイ由来成分の付加的な機能性応用の研究により、製品の範囲をさらに拡大できる可能性があります。さらに、世界中の酪農生産者とのコラボレーションにより、持続可能な生産プロセスの普及が促進され、酪農乳業セクターにおける循環性と機能性の新たな標準が確立されることは間違いありません。

## 参考文献

1. Study results: [DOI:10.1016/j.idairyj.2011.07.002](https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2011.07.002)
2. Patent details: European Patent (EP18162827.2) and New Zealand Patent (751789)
3. Research references: Regina Schuster-Wolff-Bühning's dissertation (ISBN 978-3-18-313814-2)



© mandu-care GmbH / good ones Design Studio Trier



# 廃棄物削減と 技術効率化戦略のための 乳処理加工









## カナダ

# カナダ最大のチーズ加工施設における最先端の廃水処理場

## 寄稿者

ジル・フロマン (Gilles Froment)

ラクタリス (Lactalis)、カナダ

✉ Gilles.FROMENT@ca.lactalis.com

## SDGs との整合



## チーズ製造施設における廃水処理の近代化

近代化された廃水処理場の試運転が開始される前、ラクタリス・カナダ社は工場から排出される有機物をウィンチェスター北部に位置する屋外のラグーンに貯蔵していました。容量がいっぱいになると、この有機物はラグーンからすべて取り出され、パイプラインで工場から 2km 離れた農地に送られ、肥料として使用されていました。このプロセスは、土壌生産性の維持、浸食の削減、農地への貴重な養分の追加に役立つ一方で、廃水汚染、電力消費、地域社会における不快な悪臭や騒音の原因となっていました。

地域社会および現地の関係者との協議の結果、このような行為に伴う悪臭を軽減する計画が実行に移されました。この計画には、施設に新たな廃水処理場を導入する 4 か年にわたる大規模なプロジェクトも含まれていました。2020 年に完成した 1,800 万ドルに及ぶプロジェクトには、最先端のインフラが装備されています。

## プロジェクトのハイライト

- 閉鎖型で空調制御された建物内における完全封じ込めプロセスを通じて、施設の廃水排出物に含まれる有機物を濃縮・乾燥する分離システムの実装により、周辺コミュニティにおける悪臭を軽減
- 排出水をさらに清浄化する浄化装置を設置
- 廃水処理の温度と酸素を管理する能力を高めた、新しいコンクリート製バイオリアクター・タンクシステムを追加

「ラクタリス・カナダは、カナダ人の生活を豊かにして育くむことを中心的な目的としています。この目的に不可欠なのは、責任あるビジネス慣行を通じて、持続可能な未来を構築・育成することです。このことは、私たちが行うすべてのことを通じて、私たちの地域社会と地球の幸福にプラスの影響を与えます」

ジル・フロマン (Gilles Froment)

## プラスの影響をもたらす

**環境：**この新しい設備の導入により、次のことが実現しました。

- 地域社会における悪臭と騒音を低減
- 電力使用量を 35%削減
- 廃水処理プロセスの強化により、廃水の水質を改善

**経済性：**当社の持続可能性プログラムの主要な柱は、私たちの地域社会が経済的に繁栄できるように支援することです。ウィンチェスターに 300 人以上の従業員を擁するラクタリス・カナダは、農家や農業界を支援することで地域経済をけん引し、競争力のある賃金と福利厚生で雇用を創出し、多くの住民に経済的安定を提供しています。

**コミュニティ・リレーションズ：**このプロジェクトにより、ラクタリス・カナダとウィンチェスターの地域社会メンバー間の直接的な関わりが促進されました。

## 模範となるモデルの形成

この廃水処理場のような大規模な投資は、持続可能な未来と継続的な繁栄のための枠組みを構築することで、ウィンチェスターの地域社会と周辺地域にプラスの影響をもたらします。このプロジェクトにより、ラクタリスはカナダおよび世界の両方において、工場と地域社会の廃水品質を改善する計画のモデルとなっています。

2021 年、ラクタリス・カナダは廃水近代化プロジェクトで、初の [Canadian Grocer Impact Award](#) の持続可能性部門賞を受賞しました。この賞は、地球環境の保全から従業員や地域社会の支援に至るまで、さまざまな分野で有意義な改善を実施している小売業者、サプライヤー、ソリューション提供者によって導入された取り組みを表彰するものです。



# 私たちの分水嶺を 保護する



施工後

ウィンチェスターの新しい廃水処理場

4 か年で  
**1,800 万  
ドル**  
の最先端廃水処理場

## オンタリオ州ウィンチェスター

オンタリオ州ウィンチェスターの工場は、最先端の廃水処理場を建設して、周辺コミュニティの悪臭を大幅に軽減し、電力消費を 35% 削減しました。



施工前



オンタリオ州

オンタリオ州ウィン  
チェスター



## インド

# プラスチックニュートラルな牛乳乳製品 - マザーデーリー・インドの プラスチック廃棄物管理に関する取り組み

## 寄稿者

メーネシュ・シャー (Meenesh Shah)  
マザーデーリー・フルーツ&ベジタブル社、インド  
✉ [aditya@nddb.coop](mailto:aditya@nddb.coop)

## SDGs との整合



## プラスチックニュートラルへの転換をけん引

インドのプラスチック産業は約 10~12% の年平均成長率 (CAGR) で成長しており、今後飛躍的な成長が見込まれています。しかし、この成長がプラスチック廃棄物の蓄積に拍車をかけています。1 分間に 100 万枚以上のレジ袋が平均でわずか 15 分間の利用の後に捨てられており、環境にとって大きな脅威となっています。

この危機的状況を受けて、政策立案者や大手産業、消費者を巻き込んだ世界的な動きが起きました。プラスチックに関する無数のリスクを軽減するために、企業がこうした取り組みに参加することは急務となっています。

## ネットゼロのプラスチック廃棄物管理の実現

マザーデーリー社は、プラスチック廃棄物の効果的な管理を確実にするために、拡大生産者責任 (EPR) の遵守に取り組んでいます。また当社は、EPR の実施に関する PWM 規則に従い、2018 年 11 月に乳業界として初めてインド中央公害管理委員会 (CPCB) の登録を取得するという栄誉を誇っています。

この取り組みは、「リデュース、リユース&リサイクル」を含む拡大生産者責任を通じて「ネットゼロ」のプラスチック廃棄物管理を実現するという我が国の長期目標に向けて一歩前進することを目的としています。

## 注目の行動

- マザーデーリーの「トークンミルク」は、1974 年からプラスチック使用量の削減に取り組んでおり、牛乳 1 リットルあたり約 4.2g の節約を実現しています (図 1 参照)。

- 研究プログラムを開始し、カード (凝乳) カップ用のプラスチック製トレイを、環境に配慮した包装紙トレイに取り替えることを目指します (図 2~4 参照)。
- 持続可能性に向けて、2018 年からアイスクリームや乳製品用のプラスチック製スプーンはすべて木製スプーンに、プラスチック製ストローは紙製ストローに取り替えられています (図 5、6 参照)。
- 消費者啓発キャンペーンに取り組んでいるマザーデーリーは、大手 NGO や CPCB と提携して、プラスチック汚染に関するメッセージを広めています (図 7 参照)。

## 大量の廃棄物削減が勝利を収める

マザーデーリーは、新鮮な牛乳のような製品を安全に届けるための「ゼロプラスチックモデル」を実証することで、業界のベンチマークを設定しています。

- バルク販売牛乳モデル：マザーデーリーの取り組みにより、1 リットルあたり 4.2g のプラスチックを節約し、年間約 700 トンのプラスチック削減を達成します。
- ダヒ (カード) カップ用の環境配慮型トレイ：環境配慮型トレイを導入することで、毎年 100 トンのプラスチックをシステムから排除し、より自然に配慮した環境に貢献します。
- プラスチック製スプーン&ストローの交換：2018 年より、プラスチック製スプーンはすべて木製のスプーンに変更されています。2023~24 年だけで、木製スプーンが 1 億 672 万本、紙製ストローが 1,253 万本活用されています。

「持続可能な乳製品の実践に向けた総合的な探求を通じて、引き続きマザーデーリーはプラスチックニュートラルの状態を確立・維持することに全力を尽くしてまいります」

メーネシュ・シャー (Meenesh Shah)

## 環境と消費者に利益をもたらす

マザーデーリーは、多層プラスチック (MLP) および単層プラスチック (SLP) 廃棄物の回収とリサイクルプログラムを先導してきました。当社の EPR の取り組みは 2018 年にインドの 1 州で始まり、現在ではインド全土に拡大され EPR が 100% 実施されています。

当社は 2023~24 年までに 36,000 トン以上のプラスチック廃棄物を回収し、持続可能な方法で管理することで、「プラスチックニュートラルの状態」を維持しています。これにより、成木 1,000 本分の植林に相当する 22,000 トンの炭素排出量を削減することができました。

またマザーデーリーは、バルク販売牛乳 (プラスチックフリー牛乳) を購入する消費者に対して、パッケージングされた牛乳よりも低価格というインセンティブも提供しています。



図7. プラスチックで制作されたラーヴァナ像  
(悪魔を表現)

### プラスチック廃棄物ゼロの実現に向けた継続的な取り組み

持続可能性はマザーデーリーの気風の中核であり、責任ある管理と保全活動を通じて、環境への影響を低減するという当社のコミットメントを推進しています。マザーデーリーは、プラスチック廃棄物を効果的に管理し、プラスチック廃棄物ゼロの食品・飲料セクターを目指して努力しています。

継続的な取り組みとしては、バルク販売牛乳（プラスチックフリー）の販売、100%リサイクル可能なプラスチックパッケージの使用、使用済み多層および単層プラスチックの生産者責任／リサイクルの拡大などが挙げられます。

マザーデーリーは今後も、消費者がバルク販売牛乳を選択するようにインセンティブを高める革新的な方法を模索し、環境に配慮した代替包装オプションについて調査し、生産者責任／リサイクルの取り組みを推進していきます。



図1. バルク販売牛乳（BVM）  
- プラスチックフリー牛乳モデル



図4. 紙製トレイ内に配置されたダヒ（カード）カップ



図2. 紙製トレイ



図5. プラスチック製スプーンから木製スプーンへの変更



図3. プラスチック製トレイ



図6. プラスチック製ストローから紙製ストローへの変更

### 参考文献

1. [Mother Dairy aims to turn 'plastic waste neutral' by FY 2023-24 | Mint \(livemint.com\)](#)
2. [Mother Dairy Awareness Campaign: Mother Dairy Has Started A Journey To Destroy The Ravan Of Plastic Before This Vijaydashmi](#)
3. [Mother Dairy Urges Consumers to Go for Plastic Packaging Free Token Milk: Mother Dairy builds 25-Foot Plastic Ravan; Does not Burn it. Sends it for Recycling](#)



## イタリア

# 乳製品の包装加工： リサイクルのためのグリーン戦略を考える

## 寄稿者

イヴァーナ・ガンドルフィ (Ivana Gandolfi)<sup>1</sup>、  
ステファノ・ガルーナ (Stefano Gerna)<sup>2</sup>、  
パオロ・ディンチェーコ (Paolo D'Incecco)<sup>2</sup>、  
ルイーザ・ペレグリーノ (Luisa Pellegrino)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>パルマラット (ラクタリス) (Parmalat, Lactalis)、  
イタリア

<sup>2</sup>ミラノ大学 (University of Milan)、イタリア

✉ [ivana.gandolfi@it.lactalis.com](mailto:ivana.gandolfi@it.lactalis.com)

## SDGs との整合



## 生分解性材料または副産物をパッケージ に使用

年間 400 万～1,100 万トンの乳製品廃棄物が排出されており、その高い有機物含有量により環境リスクが生じています。保存期間が短い乳製品 (1～2 週間) が、この廃棄物の大きな要因となっています。欧州連合 (EU) は食料チェーン全体の持続可能性を重視しており、国連食糧農業機関 (FAO) は「廃棄物ゼロ」を目標としています。こうした倫理的な動きは、乳製品廃棄物を環境配慮のゴールに向けた研究の動機付けとなっています。廃棄物や副産物を原料とする天然バイオポリマー由来の生分解性素材を優先的に使用し、循環型経済モデルに沿っています。このアプローチは、持続可能な包装方法を推進しながら、プラスチックによる環境への影響を軽減することを目指しています。

## 廃棄タンパク画分から包装フィルムを 作成

乳製品廃棄物を食品包装フィルムにアップサイクルすることを目的とした研究が行われています。この研究では、廃棄物から回収されたタンパク画分の特性を改良し、適切な性能を持ったフィルムを開発するための環境配慮型アプローチについて調査しています。結果として得られるフィルムの包装用途への適合性は、熱特性、機械特性、遮断特性として評価されます。

## フィルムの性能を高める革新的技術

この研究では、期限切れの低温殺菌牛乳から脂肪含有量が異なるカゼイン画分を回収することに焦点を当てています。得られたフィルムの性能を向上させるために、カゼインに対する環境に配慮したさまざまな改質の研究が行われています。

「この研究は、ラクタリス・イタリア社の支援を受けてミラノ大学 (食品環境栄養科学部) が管理する博士課程の活動 (食品システム - 乳製品工場における廃棄物の管理、回収、リサイクルのための統合型グリーン戦略) の一環として実施されています」。

カゼインの構造と挙動の有用な変化が得られるように、熱処理、非熱処理技術 (超音波処理、パルス電界)、化学的または酵素的架橋、酸化剤の試験が行われました。改質カゼイン製剤を用いて、フィルム形成液が開発されました。また、溶液の成型、拡散または押出など、フィルム製造技術に関するさまざまな試験が行われました。また、フィルムに関する総合的な評価が行われませんでした。

図 1 に、乳製品廃棄物からのフィルム製造のプロセスフロー図を示します。

## 成功の歴史

研究所で調製したカゼインナトリウム溶液を使用すると、タンパク質回収処理後のフィルム内に存在する残留脂肪の含有量に影響される機械的特性を持つフィルムが生成されました (図 2 参照)。

機械的特性は、特殊なクランプを備えたテ

クスチャー分析器によって測定されました。脂肪含有量が増加すると、引張強度を犠牲にして可塑性が増加することが確認されました。カゼインフィルムには中高程度の酸素遮断特性が確認されましたが、このバイオポリマーの最大の弱点は水蒸気の影響を受けやすい点です。フィルムの遮断特性を分析するために、透過測定器を使用しています。

さらに、この研究成果はいくつかの学会 (第 7 回全国酪農会議 AITeL (クレモナ、イタリア、2023 年)、第 9 回食品化学・技術国際会議 (パリ、フランス、2023 年)) で発表され、第 7 回全国酪農会議 AITeL では研究の独創性と科学的妥当性の賞を、食品化学・技術会議 (バレンシア、2024 年) では最優秀口頭プレゼンテーションの国際賞を受賞しました。

## 乳製品廃棄物を価値ある材料に変換

本プロジェクトは、何もしなければダウンサイクルまたは処分され環境へ多大な影響を引き起こす、乳業界で発生する廃棄物を再利用して価値を高めることを提案し、循環型経済の概念を有効活用することを目的としています。このような廃棄物は、新しい材料に転換することが可能です。さらに今回の取り組みは、製造と廃棄の両方の面で環境への影響が少ない材料を製造する代替方法を特定するという喫緊のニーズに応えるものであると同時に、少なくとも現在パッケージに使用されている材料と同等の性能を保証するものでなければなりません。

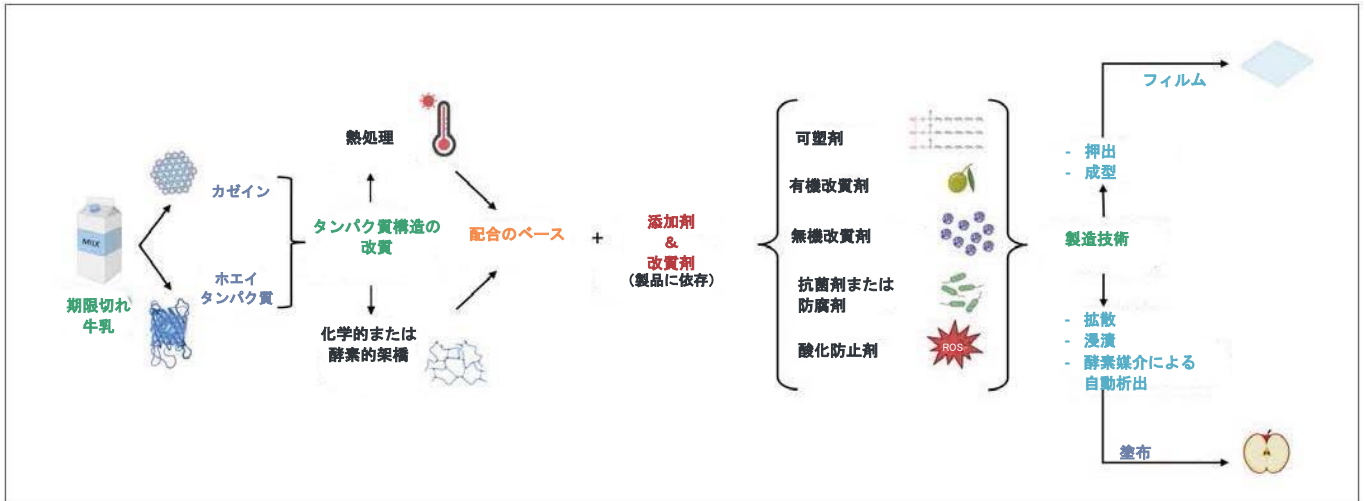


図1 乳製品廃棄物からのフィルム製造の概略図。Gerna ら (2023) より抜粋

### 特定の機能に合わせて生体材料の特性を調整

開発されたバイオ材料は優れた特性を持っているものの、まだ改善の余地があります。出発材料であるカゼイネートに関しては、光感作分子の存在下で紫外線を照射したり、アミノ酸の側鎖間のイソペプチド結合を促進する条件を使用したりするような、カゼイン分子間の架橋を促進するためのさまざまなアプローチを用いることができます。フィルムに関しては、機械的特性を保持しながら、脂質の特性を持つ分子（アマニ油、蜜ろう、オレイン酸など）を選択することで、バイオポリマーの水蒸気に対する影響を低減することができます。最後に、フィルムの適切な目標を選択することは、その特定の機能のために最適化されたフィルムを得る方向へ今後の研究を導く上で非常に重要となります。

### 参考文献

1. Gerna, S., D'Incecco, P., Limbo, S., Sindaco, M., & Pellegrino, L. (2023). Strategies for Exploiting milk protein Properties in making films and coatings for food Packaging: a review. *Foods*, 12(6), 1271. <https://doi.org/10.3390/foods12061271>



図2 期限切れの牛乳から回収したカゼイン分画で製造されたフローパック



## オーストラリア

## 乳処理加工における廃棄物の最小化

## 寄稿者

ジョージ・チェン (George Chen)、サリー・グラス (Sally Gras)、  
 サンドラ・ケンティッシュ (Sandra Kentish)  
 デーリー・イノベーション・ハブ (Dairy Innovations Hub)、メルボルン大学  
 (The University of Melbourne)、ビクトリア州、オーストラリア  
 ✉ [gechen@unimelb.edu.au](mailto:gechen@unimelb.edu.au)

## SDGs との整合



## 廃棄物ホエイのフローで何ができるのか？

乳業界は、スイートホエイから価値のあるものを回収することに非常に長けています。しかし、それ以外のホエイのフローに関しては依然として問題となったままです。酸ホエイには貴重な乳糖とタンパク質が含まれていますが、カルシウムと乳酸の濃度を下げることができない限り、噴霧乾燥は不可能です。また、ソルティホエイやその他塩分を多く含む排液のフローは、排水処理上の問題を引き起こします。高濃度の塩化ナトリウムは塩の行き場がないため、沿岸から遠く離れた処理加工施設では特に問題となります。蒸発池の利用は、規制や持続可能性の要件が厳しくなっているため、ますます困難になっています。

## 酸ホエイからの革新的な成分の回収と変換

私たちは、従来の圧力駆動型プロセスであるナノろ過法を用いて、酸ホエイからタンパク質と乳糖を回収することを目指しました。電気膜プロセス（すなわち電気透析）も採用し、荷電種（例：乳酸イオン、塩イオン）の除去も目標の対象としました。次に、パイポラ膜を用いた高度な電気膜プロセスにより、ソルティホエイ中の塩分を有用な化学物質に変換することを目指しました（図1）。

デーリー・イノベーション・オーストラリア社 (Dairy Innovation Australia Limited) からの資金援助を受けて、ナノろ過 (NF) は、酸ホエイから約 30%の乳酸と 40~60%の塩を除去する費用対効果の高い方法であることが判明しました。さらなる低減には、電気透析 (ED) が必要となります。これら UF-NF-ED を組み合わせたアプローチをパイロット規模で試験しました。NF を中間工程として採用することで、最終的な ED ユニットのサイズを縮小し、投資コストとエネルギーコストを低減することができました。

## 「膜分離システムは、乳製品の副産物に付加価値を与えることができます」

ジョージ・チェン博士  
 (Dr George Chen)

得られた濃縮物は容易に噴霧乾燥され、水分と含水率 4%未満の粘着性のない粉末が得ることができました。

私たちはパイポラ膜を用いた電気透析 (EDBM) という技術を使用することで、塩を水酸化ナトリウムと塩酸に変換しました。どちらも乳業者が利用することのできる化学物質です（図2参照）。

## 効率的な回収と化学物質の製造

私たちは NF と ED をパイロット規模で活

用して、噴霧乾燥製品として酸ホエイ中のタンパク質と乳糖の両方を回収できることを実証しました。しかしながら、EDアプローチは依然として巨額のコストを要する資本集約的なものであり、このコストは製品的大幅な販売価格で相殺する必要があります。

EDBM はソルティホエイのフローでナトリウムの少なくとも 70%を除去することに成功し、高品質の塩酸と水酸化ナトリウムを生成しています。技術の可能性を評価するため、詳細なビジネス事例研究が行われました。重要な検討事項としては、酸と塩基の両方の需要バランスを取る必要がある点でした。一方が消費されずに他方が消費されると、廃棄物処理の重大な問題につながります。

## 工場稼働における省エネ手法を探る

私たちは、工場内のエネルギーと水の需要をさらに削減する新しい方法を模索し続けています。

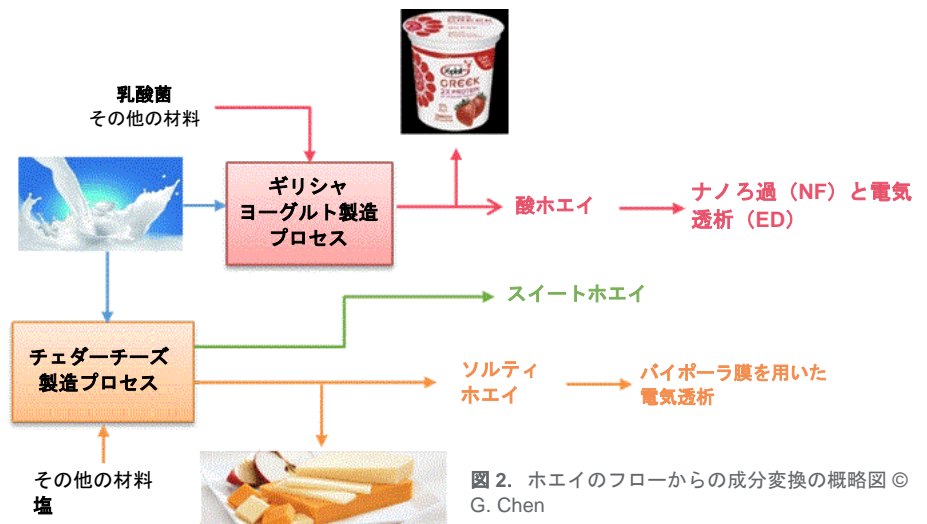


図2. ホエイのフローからの成分変換の概略図 © G. Chen

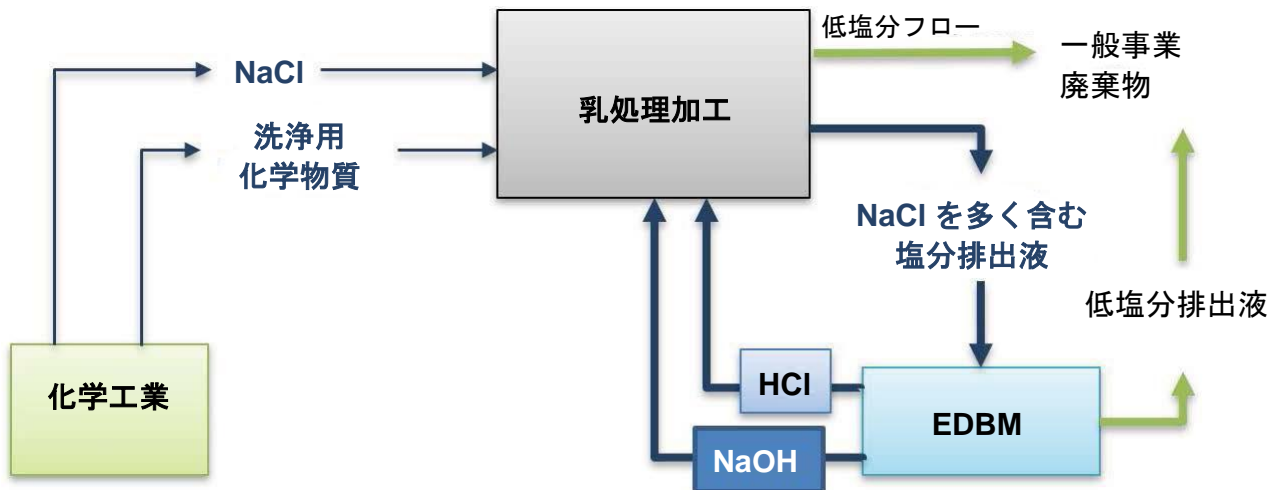


図 1. パイポーラ膜を用いた電気透析のプロセス概略図 © G. Chen

これには、ナノろ過や逆浸透プロセスから圧力エネルギーを回収するために、脱塩設備で一般的に使用されている圧力交換機やターボチャージャーの検討が含まれます。製品の濃縮や蒸発に伴うエネルギーコストを低減するためのさらなる仕組みとして、順浸透法を検討しました。また、特定の膜間圧に対してより大きな流束が得られるように最適化された材料から作られる、市場に出回っている膜も検討しています。

最後に、ホエイプロセスのさらなる最適化は、存在するカリウム、カルシウム、リン酸の価値を高め、他の産業で利用する機会を提供できると考えています。

#### 参考文献

1. Talebi, S., Suarez, F., Chen, G. Q., Chen, X., Bathurst, K., & Kentish, S. E. (2020). Pilot Study on the Removal of Lactic Acid and Minerals from Acid Whey Using Membrane Technology. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(7), 2742–2752. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b06561>
2. Talebi, S., Suarez, F., Chen, G. Q., Chen, X., Bathurst, K., & Kentish, S. E. (2020b). Pilot Study on the Removal of Lactic Acid and Minerals from Acid Whey Using Membrane Technology. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(7), 2742–2752. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b06561>
3. Chen, X., Chen, G. Q., Wang, Q., Xu, T., & Kentish, S. E. (2020). Transforming salty whey into cleaning chemicals using electro dialysis with bipolar membranes. *Desalination*, 492, 114598. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2020.114598>
4. <https://eng.unimelb.edu.au/industry/food-and-agribusiness/research/dairy-innovation>
5. <https://chemical.eng.unimelb.edu.au/dairy>



## インド

# 乳処理加工における 熱・電気エネルギー源としての太陽光の利用

## 寄稿者

メーネシュ・シャール (Meenesh Shah)

マザーデーリー・フルーツ&ベジタブル社、  
インド

✉ [aditya@nddb.coop](mailto:aditya@nddb.coop)

## SDGs との整合



「乳処理加工において太陽エネルギー利用を導入するというマザーデーリー社の取り組みは、インドの酪農乳業セクター全体に代替エネルギーを広めるきっかけになるでしょう」

メーネシュ・シャール (Meenesh Shah)

これらの節約を収益化することで、最終的にはより適切な価格と収益で農家に利益をもたらします。カーボンフットプリントの削減は、酪農乳業セクターにおける気候変動対策への貢献を表しています。

## 太陽光エネルギー利用の拡大：インドにおける乳業の取り組み

マザーデーリーは、スペースが許す限り乳製品工場における太陽光設備の拡張に取り組んでいます。太陽光エネルギーは、今後建設されるすべての工場の鍵となる要素です。またマザーデーリーは、将来の工場における炭素排出削減を通じたインセンティブの可能性を模索します。

この取り組みの成功を受けて、マザーデーリーの母体であるNDDBは、酪農協同組合セクター全体で乳処理加工における代替エネルギー源の利用を推進しています。この取り組みは、政策立案者が酪農乳業セクターに太陽エネルギーの導入を奨励するための参考となります。

## 全体像

乳処理加工におけるエネルギーコストを最小限に抑えるために、効率性の向上にはかなりの注意が払われています。インドのマザーデーリー社は、処理加工に再生可能エネルギー源を採用することでさらに前進し、コスト削減だけでなく、気候変動対策にプラスの影響をもたらすことを目指しています。また当社は、温水生成用に集光型太陽熱を、電力生産用に太陽光発電 (PV) モデルを採用することで、年間 100 万ユニット (KWH) の節電を実現しています。乳処理加工は、酪農乳業バリューチェーンの中で最もエネルギーを多く消費する段階として位置づけられています。したがって、マザーデーリーの再生可能エネルギーの取り組みをインドの酪農乳業セクター全体で再現・拡大することは、持続可能性にとって最も重要なことです。

## 約束

この取り組みの目的は、スペース、容量、資本コストなどの制約の中で適切な再生可能エネルギーアプリケーションを採用することで、乳処理加工における経常エネルギーコストやカーボンフットプリントを削減することでした。さらに、インド乳業界ですぐに採用可能な参考モデルの策定も目指しました。

## 主なアプローチ

- 温水生成用集光型太陽熱技術 (CST) : 太陽光を小さな領域に集中させて大量の熱を発生させる CST システムが乳製品工場に導入されています。発生した熱は、乳製品工場内における洗浄、CIP (定置洗浄) や他のプロセスで使用される水を加熱するために利用されます。図 1 および図 2 を参照ください。
- 電力生産用太陽光発電: 太陽光発電シ

テム (図 3 参照) は電力生産用に設置され、LT パネルに送られて工場全体の電力消費量を削減します。太陽光発電の総設置容量は 5 拠点で 1MW、別の拠点に設置中のもを合わせるとさらに 500kW が追加されます。

## 数字で見る太陽光発電

2023~24 年度、牛乳製造工場 5 拠点において総発電量 1,025,629KWh の太陽光発電システムが使用されています。

## 乳業の再生可能エネルギー成功事例

この取り組みは、乳処理加工に再生可能エネルギーを採用しようとしている他の乳業の参考になっています。マザーデーリーが主導権を握る一方で、プロセス中に直面した課題にも対処し、その結果、インド各地で堅牢な解決策と標準化されたモデルが再現できるようになりました。

設置以来、エネルギーコストは約 1 億 4,000 万ルピー削減され、さらにカーボンフットプリントも 1,000 万トン CO<sub>2</sub>e 削減されています。

## マザーデーリー・フルーツ&amp;ベジタブル社における太陽光発電

番号	マザーデーリー製造工場	太陽光発電量 (KWh)
1	パトパルガンジ工場 (デリー) (CST+PV モデル)	335,187
2	ピルクァー工場 (ウッタル・プラデーシュ州)	58,525
3	イターワー工場 (ウッタル・プラデーシュ州)	89,967
4	バラジ工場 (アーンドラ・プラデーシュ州)	521,374
5	ピワンディー (マハーラーシュトラ州)	20,576
	合計	1,025,629



図 1. 集光型太陽熱処理工場



図 3. マザーデーリー・パトパルガンジ工場の太陽光発電システム  
(デリー、インド)

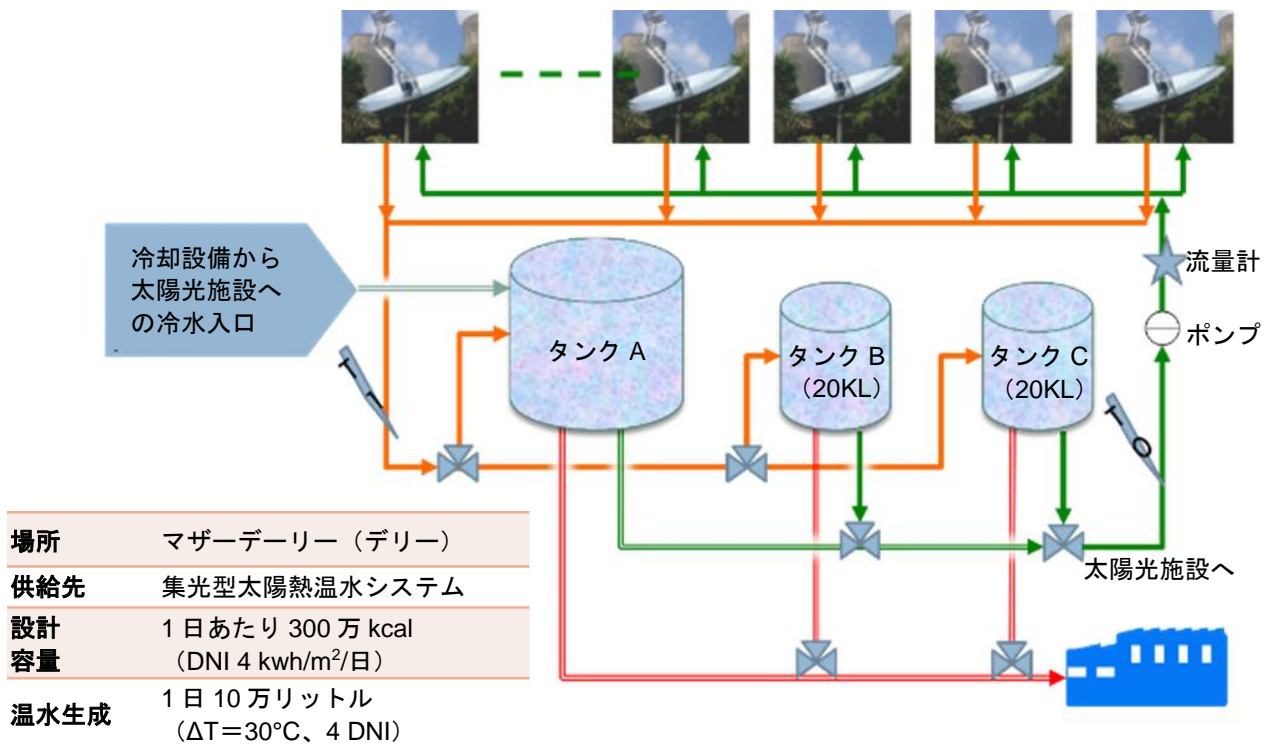



図 2. 温水生成システム概略図





# 経済的・社会的な 持続可能性のための 乳処理加工







## インドネシア

# インドネシアにおける製造の現地化により、 5,000件以上の直接雇用・間接雇用の機会を創出

## 寄稿者

スティーブ・タン (Steve Tan)

伊利集団、インドネシア

✉ [tanxingyu@yili.com](mailto:tanxingyu@yili.com)

## SDGs との整合



「グローバルで探求し、ローカルで運用」

スティーブ・タン (Steve Tan)

## 全体像

製造、原材料調達、人材獲得、管理を含む酪農乳業セクターにおける現地化（ローカライゼーション）は、持続可能な成長を促進し、地域社会の関与を促進する上で極めて重要な意義を持っています。地域の市場経験と専門知識を統合することで、乳業会社は地域のニーズ、嗜好、規制に合わせて業務を調整することができます。このアプローチは、業務効率を高めるだけでなく、雇用機会の創出や現地企業の活性化による経済発展も促進します。さらに、現地化された業務は、文化交流や社会融合を促進し、乳業会社と彼らがサービスを提供する地域社会の間のより強固なつながりを確立し、長期的な成功と相互繁栄に貢献します。

## 約束

国際的な取り組みにおいて、伊利社は現地チームの専門知識を日常の業務に統合し、製造、原材料調達、人材獲得、管理の現地化を進めています。製造、原材料調達、人材、管理の現地化を推進し、地元で経済的利益をもたらす、お互いに有益な成果をあげることが目的としています。

## 行動に移す

伊利のインドネシア乳製品製造拠点の従業員の97%以上が地元の住民です。初期およびその後のフェーズが完了すると、直接および間接的な雇用が5,000人以上の地元の住民に利益をもたらします。また伊利は、インドネシアの100社以上の高品質サプライヤーと提携し、現地調達の強化と経済成長の醸成を図り、相互繁栄を実現しています。

## 取り組みの価値

酪農乳業セクターにおける現地化の価値は、業務効率にとどまらず、経済的、社会的、文化的利益にまで及びます。材料を地元で調達し、人材を地元で雇用し、経営手法を地元の状況に適応させることで、乳業会社は持続可能な開発と地域社会のエンパワメントを促進します。主に現地化活動の恩恵を受けるのは、雇用機会、経済成長、生活の向上などを得ることができる地元の地域社会自体です。さらに、現地化は地元のサプライヤーとのコラボレーションを強化し、文化交流を促進し、社会的な結びつきを強化することで、生産者と消費者の両方に利益をもたらす、より包括的で強靱な酪農乳業界に貢献します。

## 参考文献

<https://www.yili.com/news/company/1951>

伊利社のインドネシア乳製品製造拠点の同僚









## 日本

## 株式会社明治は、既存施設の合理化と最先端施設の建設により、道東地域における事業の持続可能性を最大化

## 寄稿者

リチャード・ウォルトン (Richard Walton)  
株式会社明治、日本

## SDGs との整合



道東地域での 10 か年プロジェクト、新工場建設、製造拠点統合により、2028 年までに CO<sub>2</sub> 排出量を 33%削減する見通しです。このプロセスでは、6 つの施設をより効率的な 3 つの施設に統合します。このプロセスの一環として、新しい工場を 1 棟建設し、古い工場を 2 棟閉鎖することで、CO<sub>2</sub> 排出量を推定で 60%削減し、水の使用量を 50%削減することができます。

## 全体像

明治の環境への影響を最小限に抑えるためには、持続可能な乳製品製造が不可欠です。当社は革新的な技術を採用することで、業務効率を高め、廃棄物を削減し、温室効果ガス排出量を抑制することができます。新しい技術により、資源利用の最適化、廃棄物の削減、環境への影響の低減を実現し、経済的にも採算が合い環境にも配慮した業務が可能となります。

また、道東地域での製造を大幅に見直し、これまで 6 拠点で行われていた業務を統合・効率化します。その結果、CO<sub>2</sub> 排出量の削減に焦点を当てて建設される新しい最先端施設を含む 3 か所の拠点到に集約されます。

この取り組みの目的は、より持続可能な製造に移行しながら、業務の効率化を図る点にあります。

## 注目の行動

この取り組みに含まれている行動は、次のとおりです。

- 1) 製造拠点を 6 施設から 3 施設に統合
- 2) 老朽化した 2 施設に代わる最先端施設を 1 棟建設
- 3) バイオマス処理設備の導入や、これまで廃棄されていたホエイパーミエイトの活用
- 4) LNG ガス利用への転換
- 5) スコープ 2 の CO<sub>2</sub> 排出量を削減するための太陽光エネルギーとグリーンエネルギーの採用
- 6) 膜透過水の採用により、新しい最先端設備では全体の水使用量を半減 (2 設備を閉鎖した場合と比較)

## 進行中のプロジェクト

この多段階プロセスは 2017 年に開始され、2027 年までに完全に実装される予定です。現在のところ、これまで 6 施設で実施していた業務を 4 施設に統合し、これまで廃棄されていたホエイパーミエイトを活用するためにバイオマス処理施設も導入されました。

## 持続可能性を高める最先端施設

2027 年までに、現在の 2 棟の老朽化施設に代わる新しい製造施設が稼働します。

「明治は持続可能な乳製品製造に尽力しており、今後も最新技術の導入による業務改善に取り組みます」

リチャード・ウォルトン  
(Richard Walton)

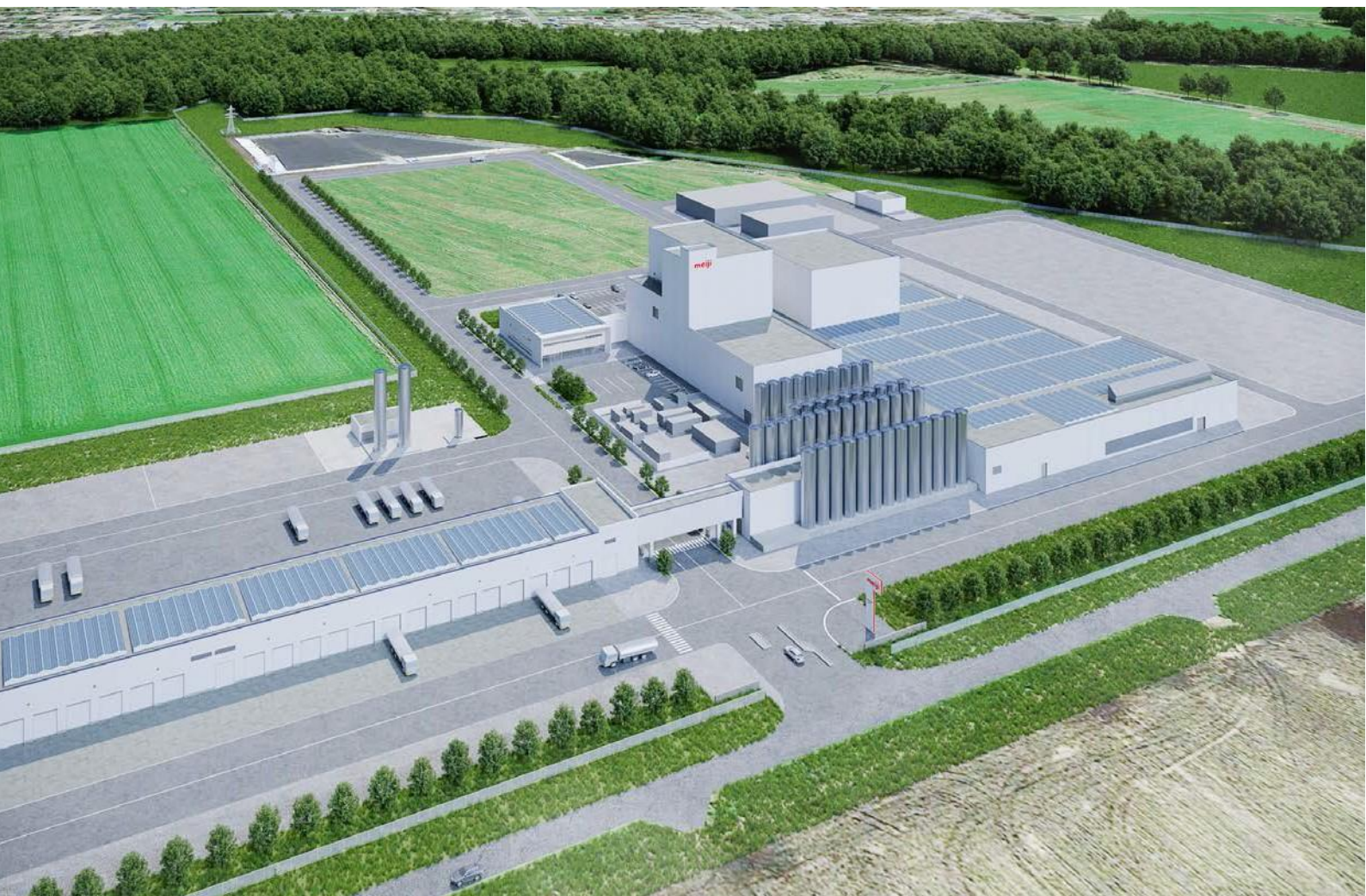
新しい事業では、LNG ガスと太陽光発電をプロセスとサプライチェーンのさまざまなポイントに採用することで、効率を向上させることができます。新しい最先端施設での輸送の削減と効率的な製造に関連する改善により、CO<sub>2</sub> 排出量を 33%削減できると予測しています。さらに、1 棟の新しい施設を建設し、2 棟の古い施設を閉鎖することで、CO<sub>2</sub> 排出量が 60%削減され、影響を受ける製造における水の使用量が半分に削減されます。最後に、同じ地域の関連工場でのバイオマスの利用が検討されています。

## 乳製品製造に高い基準を確立

この結果として得られる業務は、当社の乳製品製造における高い基準を確立します。明治は今後も、効率的で持続可能な製造を追求して、改善の実施と最新技術の導入を継続していきます。

## 参考文献

Press release on new plant construction  
[https://www.meiji.com/global/news/2023/pdf/231206\\_02.pdf](https://www.meiji.com/global/news/2023/pdf/231206_02.pdf)



新しい工場建設の映像化 ©Meiji Co., Ltd.









## 安全で持続可能な酪農乳業で世界に栄養を供給する支援を行っています

IDF は、酪農乳業チェーンのすべてのステークホルダーのための科学的・技術的専門知識の優れた情報源です。1903 年以来、IDF は、安全で持続可能な乳製品でどのように世界に食料供給を支援するかについて、全世界の総意に到達するための仕組みを酪農乳業セクターに提供してきました。

IDF は、酪農乳業セクターのために科学に基づく規格開発を行う国際機関として認められており、世界の乳製品が安全で持続可能であることを確保するため、適正な政策、規格、慣行、および規制の確実な実施において果たすべき重要な役割があります。



### 国際酪農連盟

70/B, Boulevard Auguste Reyers  
1030 Brussels - Belgium  
Tel: +32 2 325 67 40  
Email: [info@fil-idf.org](mailto:info@fil-idf.org)

 @FIL\_IDF

 International-dairy-federation

 @international dairy federation

 [www.fil-idf.org](http://www.fil-idf.org)