

深海環境から着想を得た乳化剤の連続生産法と 高機能食品添加物への応用

研究者：出口 茂 国立研究開発法人海洋研究開発機構
海洋機能利用部門 生命理工学センター長
開発企業：清水 康弘 三栄源エフ・エフ・アイ株式会社
代表取締役社長
(推薦者：相澤 益男 公益社団法人科学技術国際交流センター 会長)



出口 茂 氏



清水 康弘 氏

1. 技術の背景

食品用の色素や香料の多くは脂溶性であり、それらを清涼飲料水や菓子類、各種加工食品に安全かつ風味良く添加するためには、乳化剤が不可欠である。高分子多糖アラビアガムは、最も広く使われている食品用乳化剤であり、全世界で年間約 10 万トンが使用されている。しかし、その 80% 以上を供給するスーダンでは、長きにわたり政情不安が続いており、安定的で持続可能な代替品の開発が、食品産業において課題となっている。

ガティガムは、インドなどに広く自生するシクンシ科ガティノキの樹液に含まれる、乳化性を有する高分子多糖である（図 1）。



図 1. ガティノキと樹液

三栄源エフ・エフ・アイ株式会社では、ガティガムの食品用乳化剤としての事業化に向けた研究開発を進める中で、ガティガムの乳化性能が加水分解による低分子量化によって飛躍的に向上し、アラビアガムの有望な代替素材になることを見出していた。しかし、従来の生産技術には、1) 分子量の精密な制御が困難で品質が安定しない、2) 焦げ付きなどの副反応が発生する、3) 少量多品種生産に対応できない、といった技術的課題が存在した。そのため、ガティガムの事業化に向けては、これらの課題を克服する新しい生産技術が求められていた。

2. 技術の概要

海洋研究開発機構の出口氏は、深海の自然史、特に深海極限環境に特有の物理化学過程から着想を得た「深海インスパイアード化学」の研究を進めてきた。熱水噴出孔と呼ばれる深海の温泉には、場所によっては 400℃を超える熱水が噴き出す超高温・高圧環境が存在している（図 2）。そのような高温・高圧下の水は、例えば油と自由に混ざり合うなど、常温・常圧の水とは著しく異なる性質を示す。一方で、温度が高いため、有機物は熱分解を避けられない。

出口氏は、深海熱水噴出孔では周囲の約 5℃の深海水に溶解している分子が、熱水に触れた際に瞬時に超高温へと加熱され、再び急冷されるプロセスが繰り返されていることに着目した（図 3、4）。この着想をもとに、高圧下で反応溶液を数秒間だけ超高温に加熱できる流通型リアクターを開発し、有機物の熱分解を効果的に抑えつつ、高温・高圧水の特異な溶媒特性を活かした革新的な連続生産プロセスによる有機ソフトナノマテリアルの創成に関する基礎研究を展開してきた。



図 2. 水深 4,958 メートルの海底から吹き出す熱水。©JAMSTEC



図 3. 深海熱水噴出孔に特徴的な動的な温度場

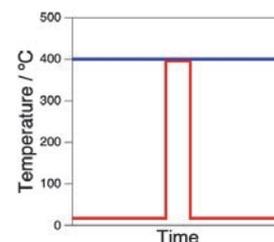


図 4. 典型的な高温・高圧プロセス(青)と熱水噴出孔(赤)の温度プロファイルの比較

本研究業績では、熱水噴出孔の動的温度場を模倣した高温・高圧流通型リアクターを用いて（図 5）、ガティガムの弱酸性水溶液を高圧下、140～200℃の超高温で数十秒間だけ処理することにより、熱分解などの副反応を抑えつつ、ガティガムを効率的に加工する連続プロセスの開発に成功した。本プロセスは、処理温度に応じてガティガムの分子量を数万から 50 万程度の範囲で幅広く制御し、乳化剤としての特性をきめ細かく調整できる点が最大の特徴である（図 6、7）。さらに、連続プロセスであるため、所望の性能を持つガティガムを必要な量だけ柔軟に生産できる点も大きな優位性を持つ。

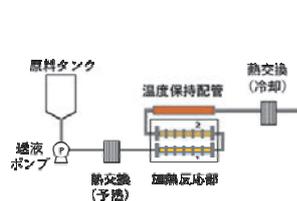


図 5. 高機能化ガティガム生産機の装置フロー

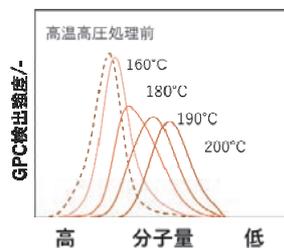


図 6. 処理温度による分子量の制御

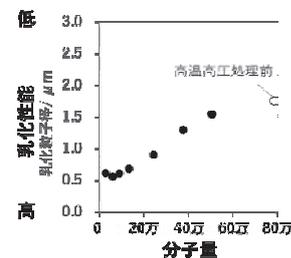


図 7. 分子量による乳化性能の制御

3. 効果

本技術で生産された高機能ガティガムは、優れた乳化能力を有しており、従来製品と比べて色素や香料を 2.5 倍以上の高濃度で乳化できる。この特性を活用し、食品用着色料として広く用いられている β -カロテンを従来の 2.5 倍の濃度含み、かつ飲料中でも高い乳化安定性を示す新たな乳化色素を開発し、2019 年 11 月に上市した。それ以降も、クラウディ（飲料に濁りを付与し、果汁感・濃厚感を演出できる製品であり、飲料中での安定性が向上し、常温流通が可能）、乳化香料（天然香料で果汁感を再現する新しいカテゴリーの製品。果汁の供給量や価格に左右されず、安定供給が可能）を、順次上市している。（図 8-10）。

これらの製品群は、アラビアガムを使用した製品の代替用途として、国内市場に急速に浸透している。今後もアラビアガムの供給不安が続く状況下において、国内市場で使用されるアラビアガム使用品の多くが、当該技術を利用した製品に切り替わると予想している。さらに、ガティガムは、海外の主要地域（米国、中国）で食品添加物として認可されており、かつ、食品添加物に関する CODEX 一般規格 (General Standard for Food

Additives : GSFA)に収載されている事から、これらの製品群は、国際市場での利用拡大も見込まれている。



図 8. 高機能化ガティガム粉末



図 9. 高機能化ガティガムを使用した乳化香料、乳化色素



図 10. 乳化香料、乳化色素による原料代替技術を使用した無果汁清涼飲料

持続可能な開発目標（SDGs）の2つ目で「飢餓をゼロに」が掲げられているように、快適な社会や健康福祉の実現において「食」が果たす役割は大きい。本技術で製造された高機能化ガティガム製品は、高濃度かつ高力価な乳化製品の開発を可能にし、食品産業における効率化、環境負荷の低減、コスト競争力の向上に貢献する。

さらに、リアルな果汁感を再現する乳化香料など、新たな価値を提供する製品開発にもつながり、農産資源の枯渇対策や多様化する消費者ニーズに応える画期的な技術革新といえる。また、海外認証の取得が進んでいることを背景として、国際市場での競争力向上が期待されており、食品添加物分野における輸出拡大にも寄与する技術である。本技術は、日本発の技術として、食品産業の価値向上に大きく貢献するものである。

なお、本研究開発は、科学技術振興機構（JST）研究成果最適展開支援プログラム（A-STEP）（JPMJTR164B）の支援により実施された。ここに謝意を示します。