

NEDOエネルギー・地球環境分野成果報告会2026 プログラムNo. B1-1-08

NEDO先導研究プログラム/
エネルギー・環境新技術先導研究プログラム/

液化アンモニアによる湿潤藻類からの 成分抽出技術の開発

発表：2026年7月21日

国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

発表者名 櫻木 潔

*団体名 (一財) 電中研、(再委託) (国) 東京大学、(一社) 日本微細藻類技術協会

問い合わせ先 <https://criepi.denken.or.jp/>

事業概要

1. 目的

本事業では、CO₂排出量削減効果の高い微細藻類由来SAFを生産するため、液化アンモニアを抽出溶媒とする未乾燥試料からのSAF成分抽出プロセスのシステム開発を行い、同システムのエネルギー消費量低減効果を示すとともに社会実装に向けた技術課題を明確化する。

2. 期間

2024/5/1 ～ 2027/3/31

3. 目標（中間）

試料性状が液化アンモニアによる抽出物収率や組成に与える影響を明らかにする。また、実験データを組み込んだ解析により、エネルギー消費量低減に重要な要因を特定する。

4. 成果・進捗概要

液化アンモニアによって微細藻類から得られる脂質等の成分を詳細に明らかにした。また、液化アンモニアによる抽出システムの熱物質収支解析を行い、エネルギー消費量低減に重要な要因を明らかにした。

背景

- 2050年のカーボンニュートラル社会を実現するためには、電化による脱炭素化が難しい大型機器による運輸部門のCO₂排出量削減が不可欠
- 既存の持続可能な航空燃料（SAF）製造技術では、安価に大量のSAFを確保すること困難であり、微細藻類由来SAF製造技術の確立が期待
- 微細藻類由来SAF製造工程では、**乾燥および細胞破碎を必要とする抽出工程のエネルギー消費量低減**が実用化に向けた大きな技術課題

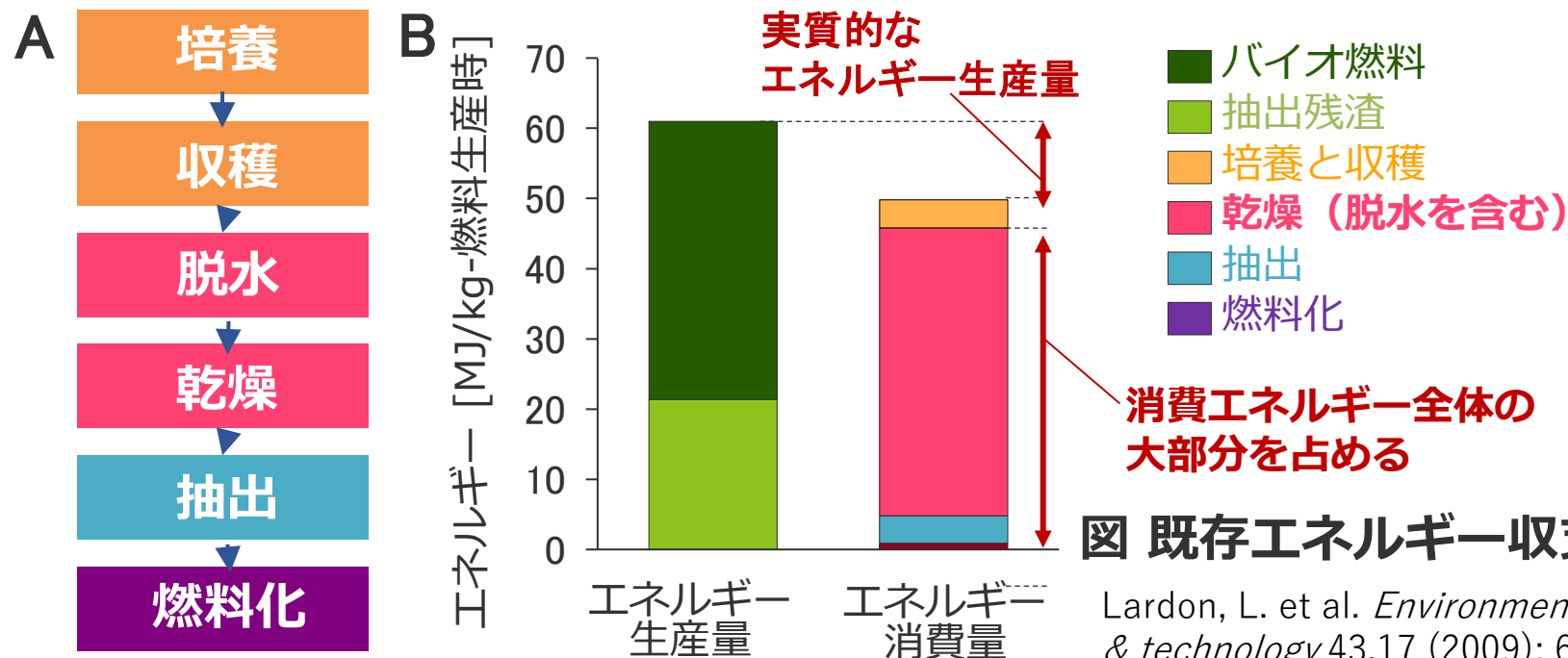


図 既存エネルギー収支解析例

Lardon, L. et al. *Environmental science & technology* 43.17 (2009): 6475-6481.

液化NH₃の基本特性

- 燃焼時にCO₂を排出せず、運搬や貯蔵が容易であるため、燃料アンモニアの利用拡大が期待
- アンモニアは常温常圧で気体であるが、**加圧（20℃で0.85MPa）あるいは冷却（常圧で-33.5℃）することで容易に液化する非水溶媒**

表 液化NH₃の基本特性

項目	NH ₃	H ₂ O
モル質量 [g/mol]	17	18
融点 [℃]	-77.7	0
沸点 [℃]	-33.35	100
蒸気圧 [MPa]	0.85 (20℃)	0.002 (20℃)
比熱 [kJ/kg・K]	4.8 (20℃)	4.2 (20℃)
液密度 [kg/L]	0.67 (20℃)	0.998 (20℃)
臨界温度 [℃]	112 (11 MPa)	218 (22 MPa)
蒸発熱 [kJ/kg]	1262 (-33℃)	2243 (100℃)

常温常圧付近での
気液相変化を利用
できる

開発目標

- 本事業では、CO₂排出量削減効果の高い微細藻類由来SAFを安価で大量に確保することを目的に、エネルギー消費量が少なく経済性に優れた、**液化アンモニアを用いた新たな抽出技術を開発する**ことを目標とする。

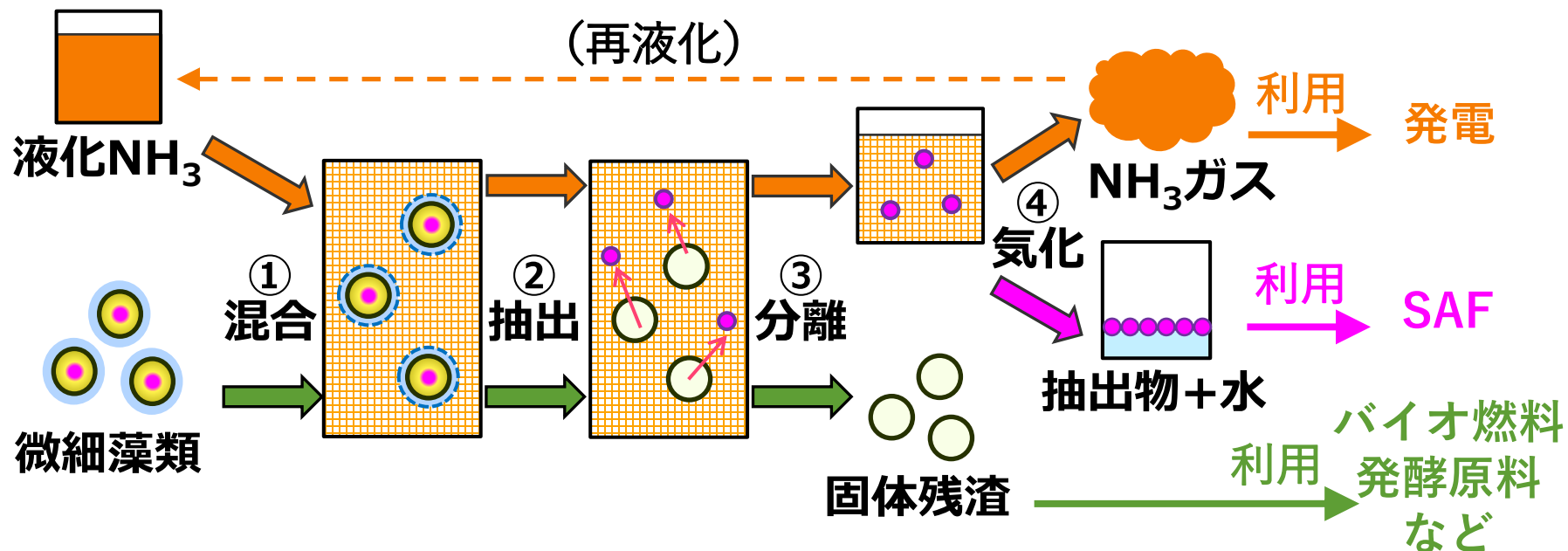


図 液化アンモニアによる成分抽出原理のイメージ

※NH₃は加圧（20℃で0.85MPa）あるいは冷却（常圧で-33.5℃）することで容易に液化

開発項目

実施項目A：液化アンモニアによる抽出技術の開発

提案抽出技術の実用化に向けて、 NH_3 の気液相変化を組み込んだ新たなプロセスのシステム開発に必要な設計情報を取得する。

実施項目B：抽出成分および固体残渣の有効利用に向けた評価分析

抽出物および残さに含まれる成分を各種装置を用いて網羅的に分析するとともに、抽出物および残さの有効利用策の検討を通じて、経済性に優れた微細藻類由来SAF製造プロセスを開発する。

実施項目C：抽出プロセスのエネルギー収支解析

液化 NH_3 による抽出プロセスについて、システム設計を行い、実験データに基づく熱物質収支解析を行うことで、各操作工程や機器におけるエネルギー消費量を明確にし、エネルギー消費量低減に向けて、重要となる技術課題を明らかにする。

実施内容

2025年度の実施内容

実施項目A：液化アンモニアによる抽出技術の開発

液化NH₃を定量供給可能な抽出試験装置を使用して、試料性状が抽出物量に与える影響を詳細に明らかにし、抽出メカニズムを考察する。

実施項目B：抽出成分および固体残渣の有効利用に向けた評価分析

原料、抽出物、および固体残渣に含まれる中性脂質、極性脂質、およびタンパク質を測定し、精密な組成データを取得する。

実施項目C：抽出プロセスのエネルギー収支解析

液化NH₃を用いた抽出システムについて、抽出パラメータおよび抽出試験データの組み込みを試行するとともに、エネルギー消費量低減に重要な抽出パラメータを明らかにする。

研究スケジュール

- 微細藻類由来SAFの省エネ製造と社会実装に向けて研究を推進

実施項目	2024	2025	2026
実施項目A	試験装置製作・設置	抽出特性解析	運用法の提案
実施項目B	分析技術確立	抽出物の分析	抽出条件の提案
実施項目C	収支解析ツール作成	実験データ組み込み	システム設計

本日

図 研究開発項目と年度展開

液化NH₃による抽出試験

- 液化NH₃を定量供給でき、任意流速での抽出試験が可能
- 産業利用が期待される複数の微細藻類について試験を実施
- 試料性状（藻類種など）や通液速度が、抽出特性に与える影響を評価

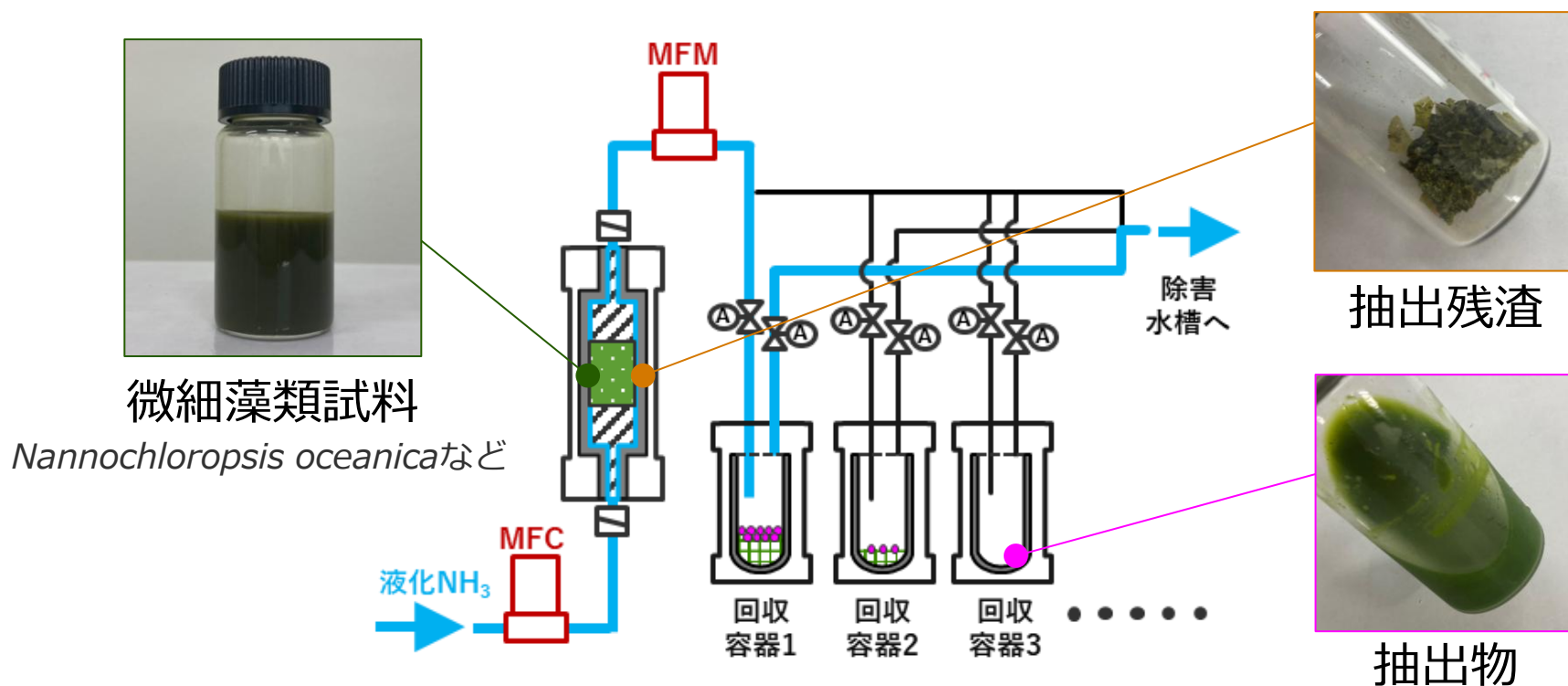


図 液化アンモニアによる抽出試験装置の概略系統

有効利用に向けた評価分析

- 抽出物に含まれる脂質成分を網羅的に同定・定量
- 試料性状と抽出物収率・成分組成の関係を調べた
- 液化NH₃による抽出機構解明および抽出成分の評価を進めた

表1 対象成分と分析装置

対象	項目	手法
抽出物	脂肪酸組成	GC-MS
	脂質同定	LC-QTOF
	脂質定量	LC-QQQ
固体残渣	中性脂質定量	TD-NMR
	中性糖定量	HPLC
	官能基半定量	FTIR

GC-MS, Gas Chromatography–Mass Spectrometry; LC-QTOF, Liquid Chromatography–Quadrupole Time-of-Flight Mass Spectrometry; LC-QQQ, Liquid Chromatography–Triple Quadrupole Mass Spectrometry; TD-NMR, Time-Domain Nuclear Magnetic Resonance; HPLC, High-Performance Liquid Chromatography; FTIR, Fourier Transform Infrared Spectroscopy

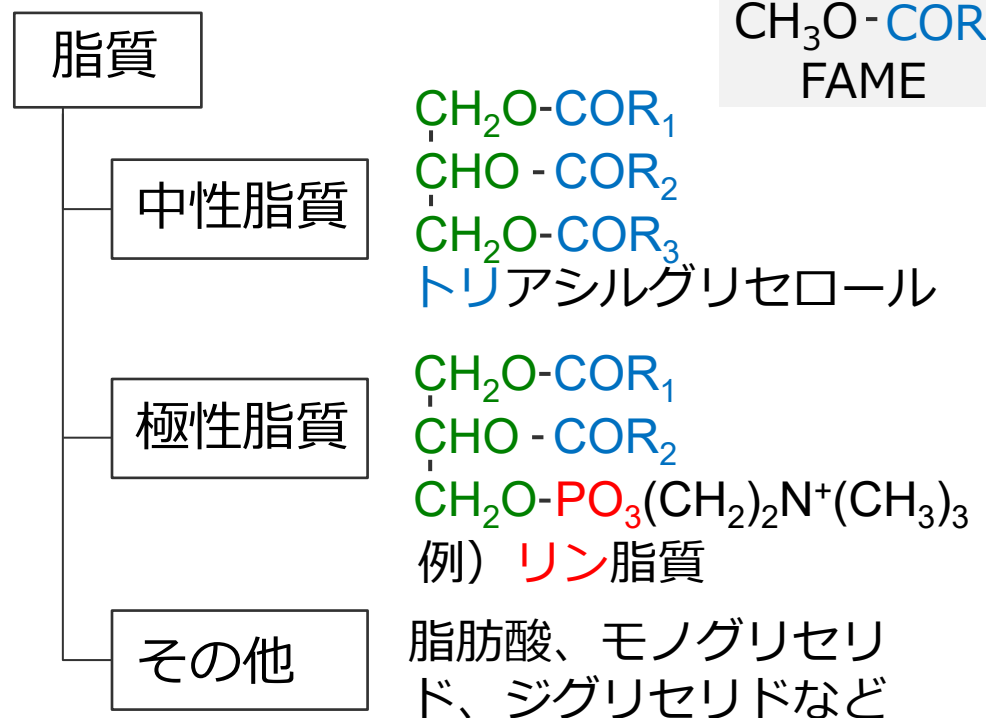


図1 本事業における脂質の分類

抽出物に含まれる脂肪酸成分

- 抽出物中の脂質を脂肪酸メチルエステル（FAME）に変換・定量
- 液化NH₃抽出は既存法（ヘキサン）と同等程度のFAME収率
- 液化NH₃抽出物には高付加価値な多価不飽和脂肪酸収率が高い傾向

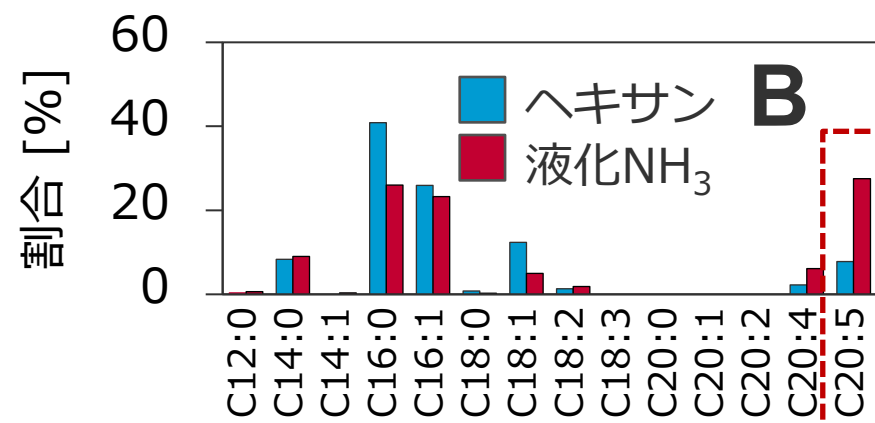
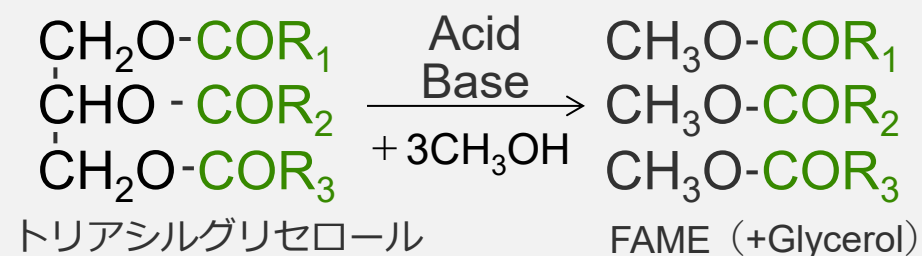
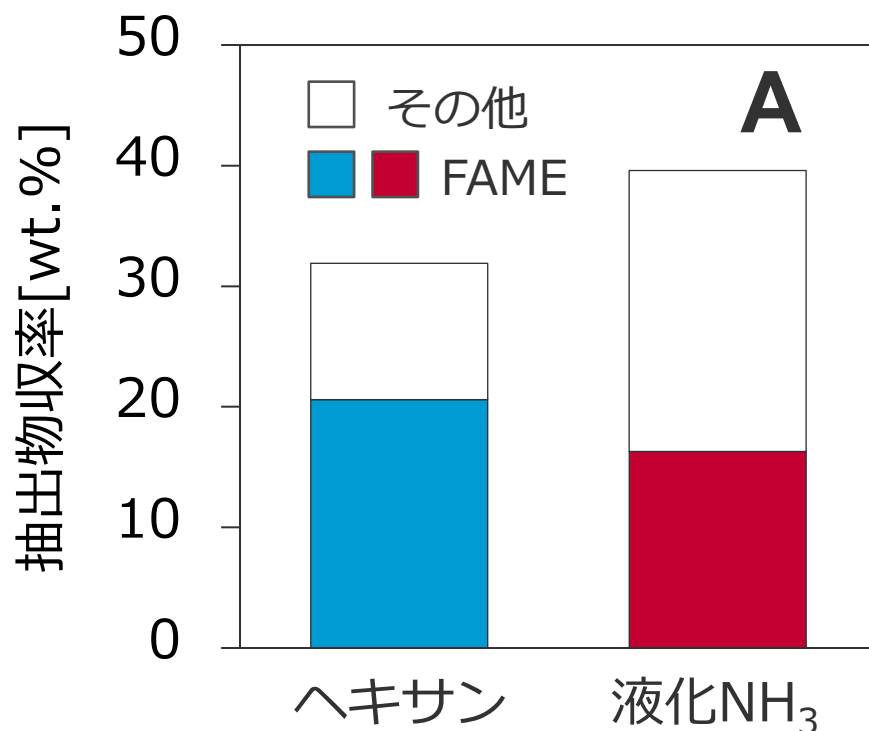


図1 抽出物のFAME分析 A, FAME収率; B, 脂肪酸組成

抽出物に含まれる各脂質の収率

- LC-MS/MSを用いて、100種類以上の脂質を同定・定量した
- 液化NH₃抽出にはベタイン脂質などの極性脂質が多く含まれた
- 高付加価値な多価不飽和脂肪酸の収率が高い理由

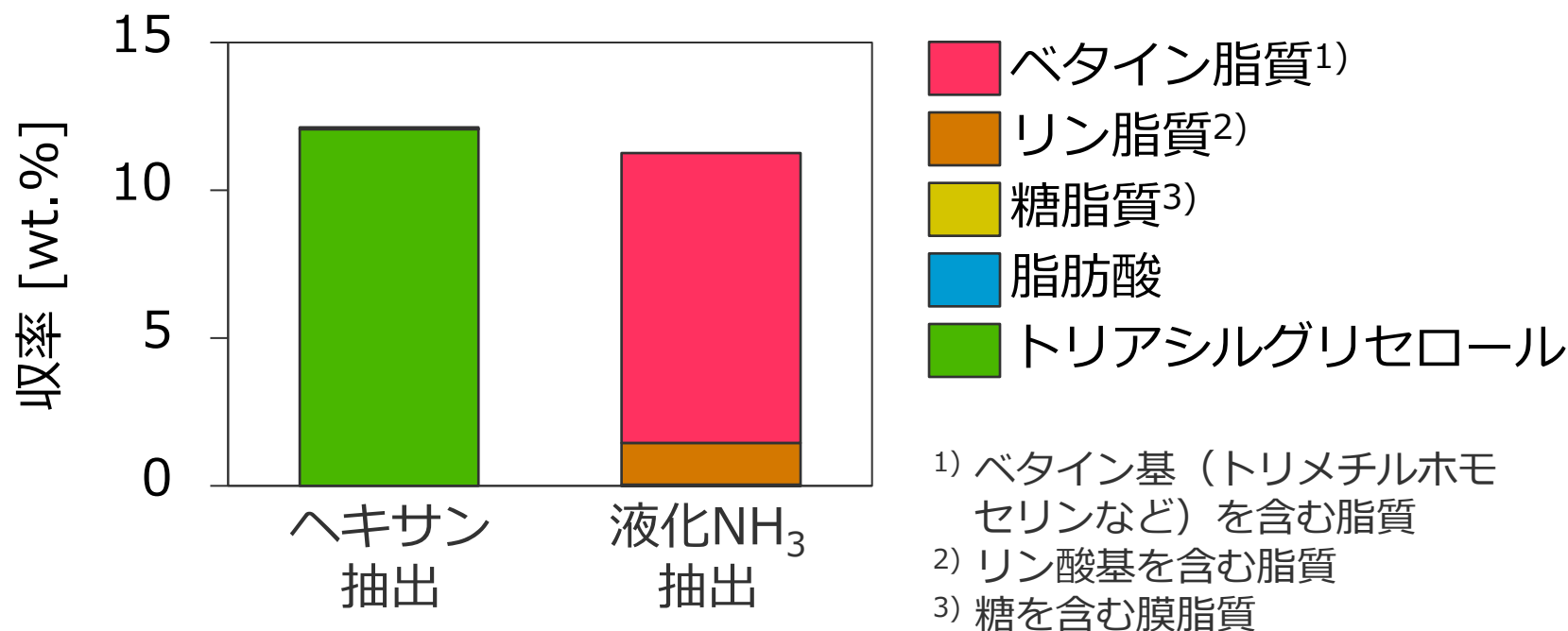
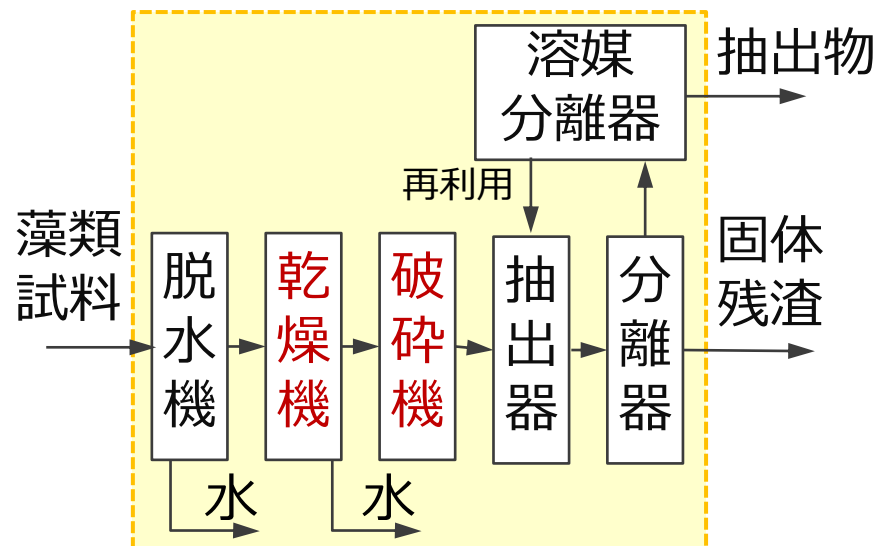


図1 抽出物に含まれる脂質分析例

エネルギー収支解析

- 微細藻類試料1,000 kg/h（水分98 wt.%）を脱水（水分82 wt.%）した試料を想定して、抽出プロセスのエネルギー収支を解析
- 液化NH₃では抽出後NH₃の①再液化と②消費の2条件を評価

ヘキサン抽出プロセス（比較）



液化NH₃抽出プロセス

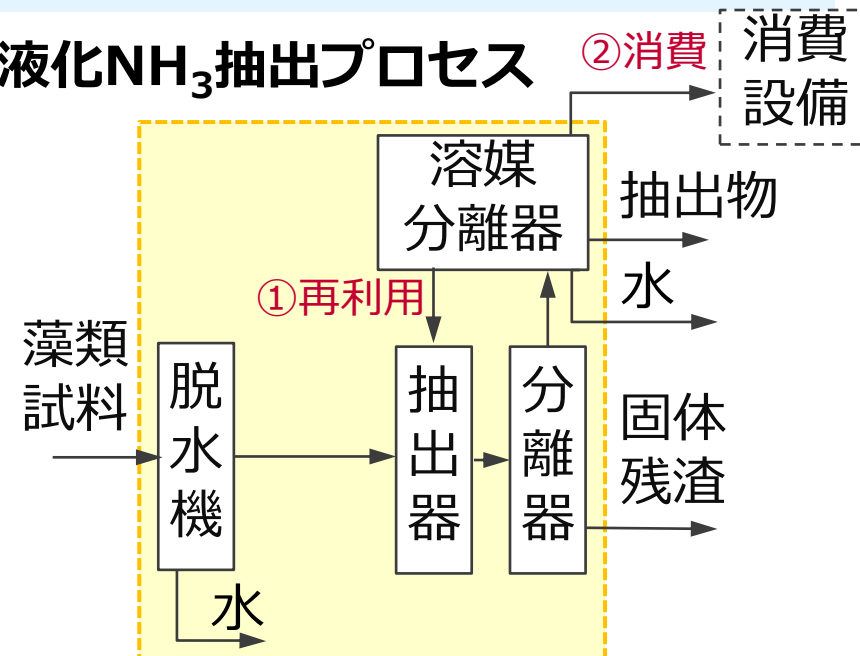


図 エネルギー消費量の試算例

乾燥に要する熱は出入口における被乾燥物のエンタルピー差の2倍、抽出容器でのヘキサン/乾燥試料混合比4 w/w、ヘキサンは全量回収されるものとして試算した。アンモニア/湿潤試料混合比20.0 w/wで抽出、アンモニアは99 wt.%回収率に相当する条件にて試算した。試算には、抽出物の精製や変換工程は含まない。

エネルギー収支解析例

- ヘキサンは乾燥・破碎工程、液化NH₃は再液化・回収工程のエネルギー消費量が大きいと試算
- NH₃消費設備との連携は、再液化動力を不要とし、抽出システムの簡素化と運転安定性向上が期待

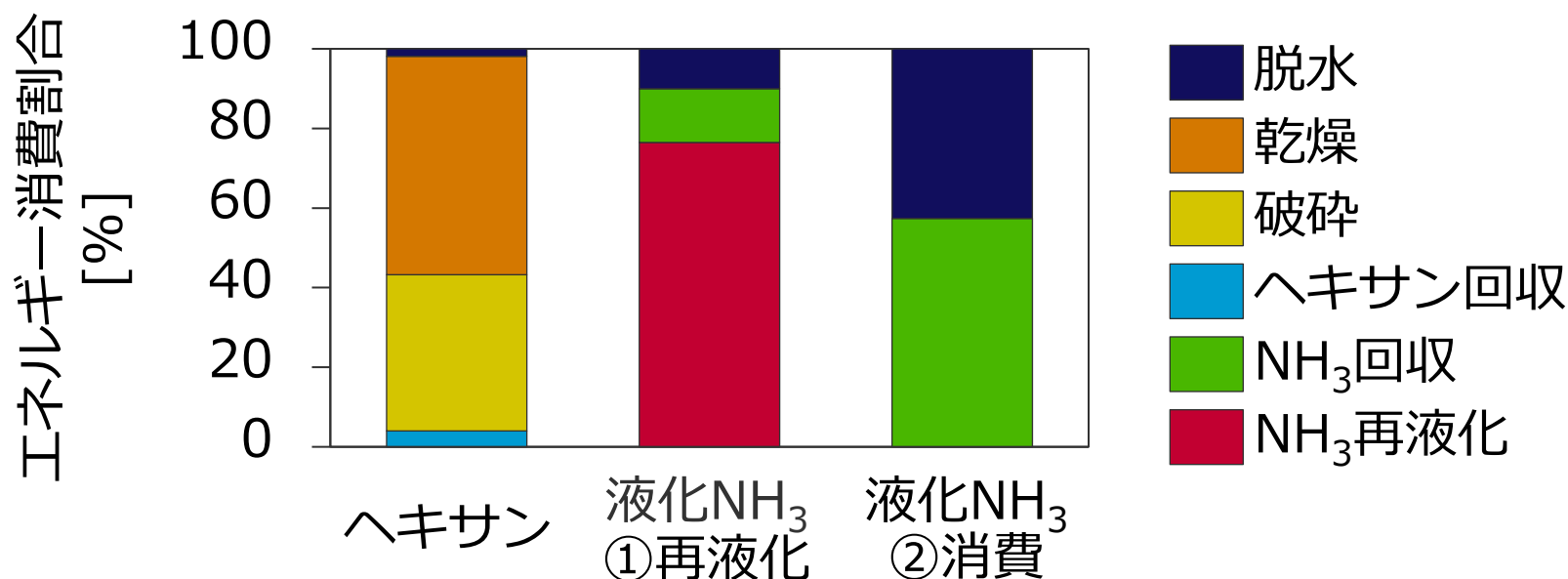


図 エネルギー消費量の試算例

電力と熱は直接合算できないため、電力kW(e)を発電効率42%の火力発電によるものと仮定し、発電設備への投入熱量kW(th)に換算して示した。ヘキサン抽出システムでは、抽出工程でヘキサンの気化を伴うため、ヘキサンの分離回収エネルギー消費量をゼロとした。いずれのシステムにおいても、固体残渣に付着した溶媒の回収エネルギーは含めていない。

まとめ

- 液化NH₃抽出における抽出物収率や脂肪酸組成を解明
 - 脂質等成分の詳細分析によって脂質クラスを明確化
 - 液化NH₃抽出システムにおける主要エネルギー消費工程（回収・再液化）の把握
- 液化NH₃抽出システムのさらなる効率化に向け、液化NH₃による抽出機構の解明を進める。また、抽出物および残渣の有効利用に向けた成分の詳細分析を行う。これらにより、エネルギー消費量の大幅低減が期待できる抽出システムの開発を目指す。