

# パーム繊維廃棄物からの高付加価値化：セルロース抽出とカルボキシメチルセルロース（CMC）の合成

持続可能な資源利用に向けた化学的アプローチと最適条件の探求

Noto Serif JP Regular

Presenter: Agustu Sholeh Pujokaroni

Supervisors: Assoc. Prof. Hideaki Ichiura,

Prof. Taku Fujiwara, Prof. Kazutaka Itoh

Institution: Ehime University / Kochi University



世界生産量: >6,200万トン  
農園面積: >2,000万ヘクタール

## 巨大な産業の裏にある未利用資源 「パーム繊維」の可能性。



パーム果実の油脂はわずか22-24%。残りの約75%はバイオマス残渣である。

# 研究の目的とプロセス (Research Objectives)



## 1. 抽出 (Extraction)

パーム繊維から不純物を除き、セルロースを取り出す。



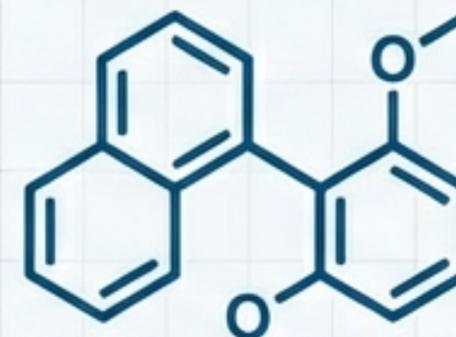
## 2. 最適化 (Optimization)

抽出効率を最大化する反応条件を見つける。



## 3. 可溶化 (Solubility)

難溶性のセルロースをオゾン処理で溶解しやすくする。



## 4. 合成 (Synthesis)

最適なCMC合成条件を確立し、高機能化する。

# Phase 1: セルロース抽出手法の比較検証

## 比較対象 (Comparison)

### ASTM法 + 次亜塩素酸処理

Standardized acid-base extraction followed by hypochlorite bleaching for high purity alpha-cellulose, however, but energy-intensive.

### 溶解パルプ法

Specialized chemical materialutions for high-grade cellulose tube for high regenerated fibres. Capital cost, high.

## 抽出プロセスフロー



**Maceration**  
(離解)

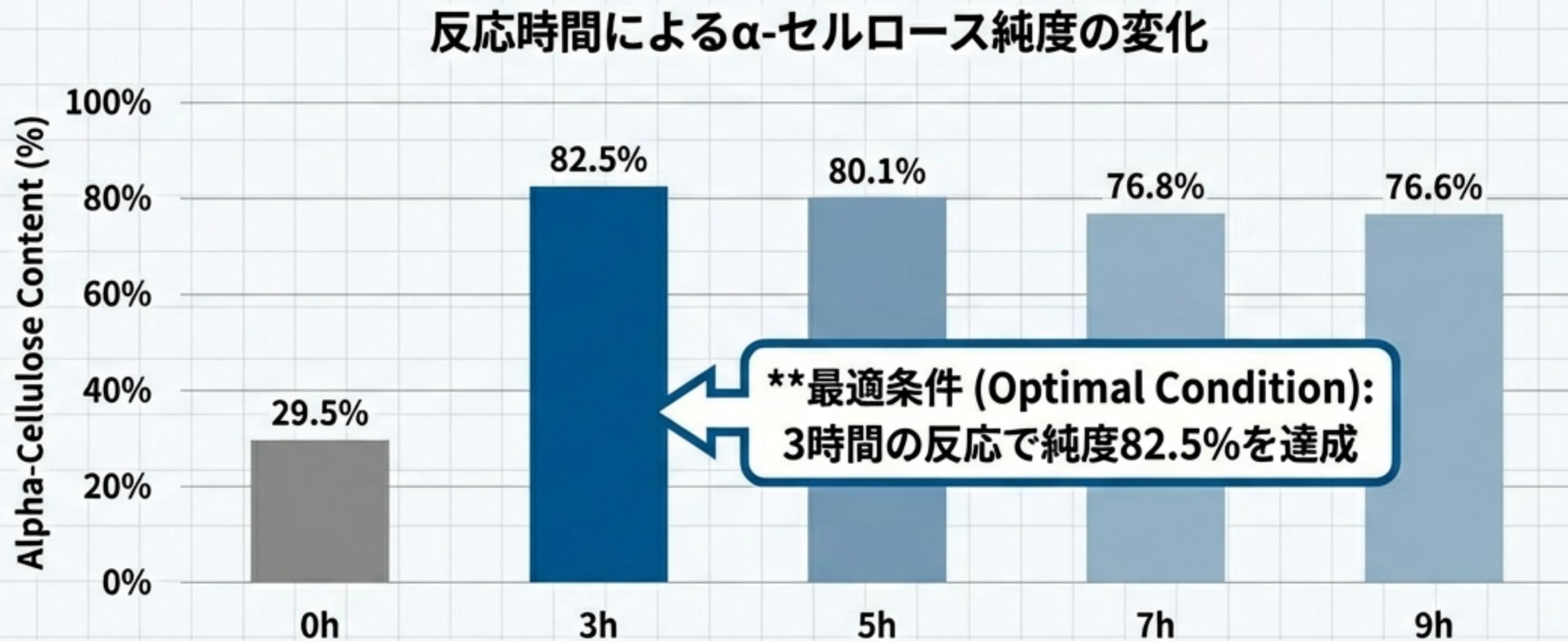


**Delignification**  
(脱リグニン)



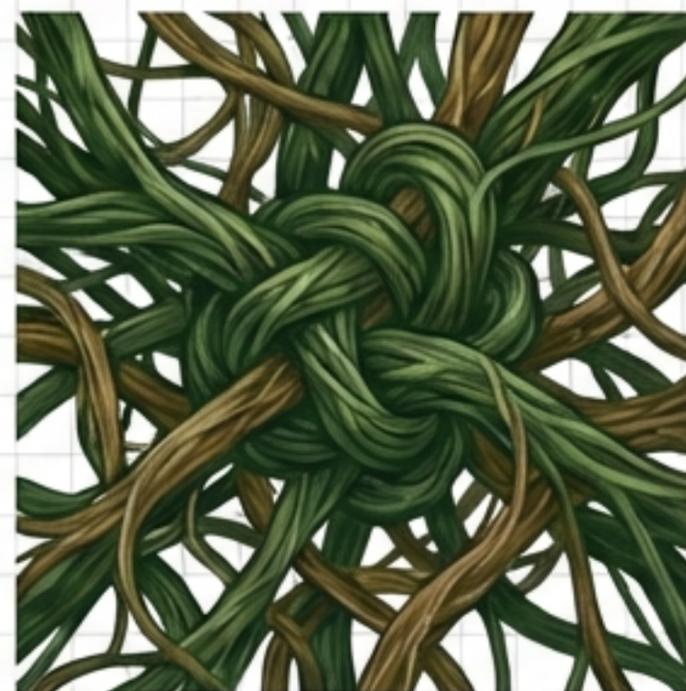
**Alpha Cellulose  
Production**  
( $\alpha$ -セルロース生成)

# 反応時間による $\alpha$ -セルロース純度の変化 (Alpha-Cellulose Purity by Reaction Time)



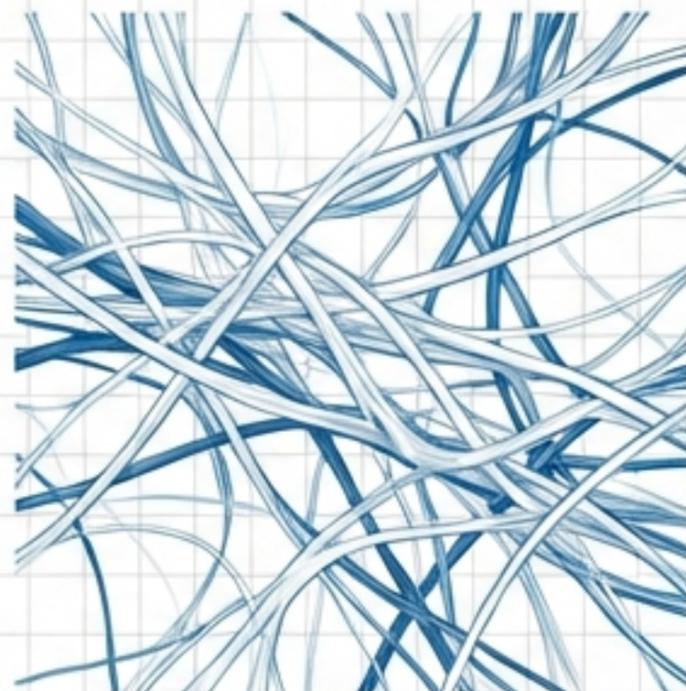
**結論 1: ASTM法にて3時間の反応時間が、最も純度の高いセルロースを得られる最適条件である。**

# Phase 2: オゾン処理による可溶性の改善



難溶性セルロース  
(Insoluble)

Ozone  
Treatment ( $O_3$ )



可溶化セルロース  
(Soluble)

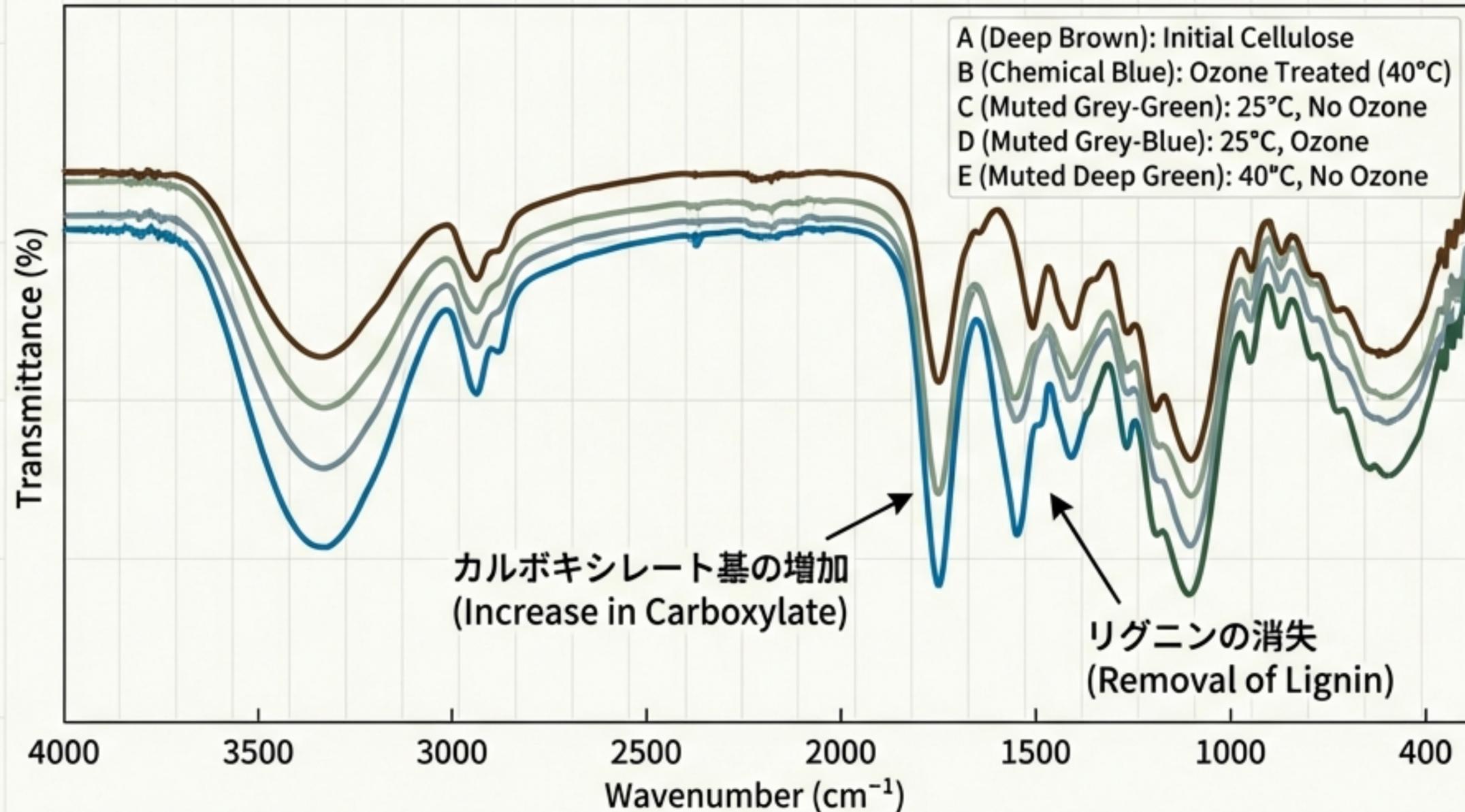
処理：オゾン処理  
(Ozone Treatment)

添加剤：クエン酸 3.0%  
(Citric Acid)

温度比較：25°C vs  
40°C

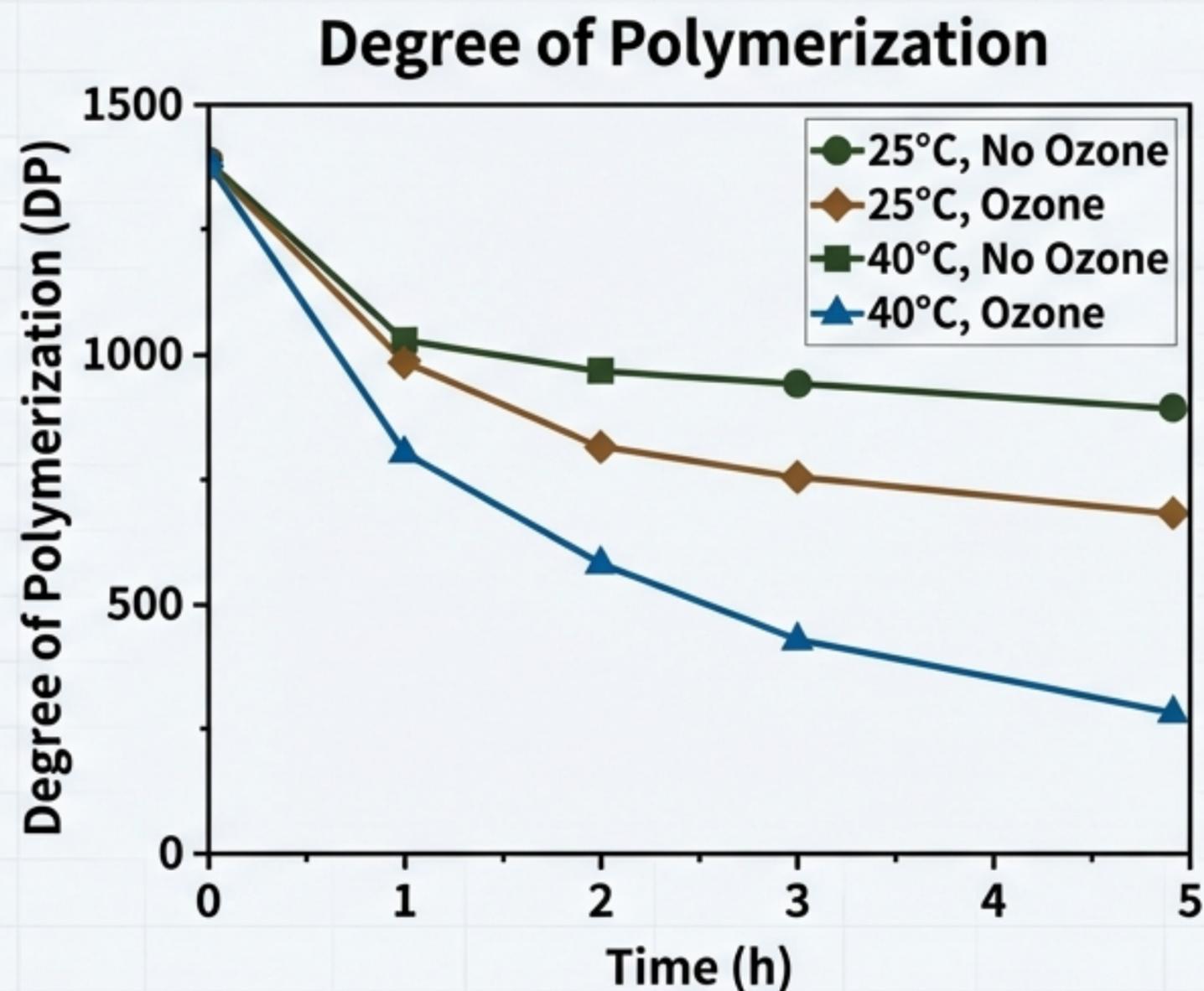
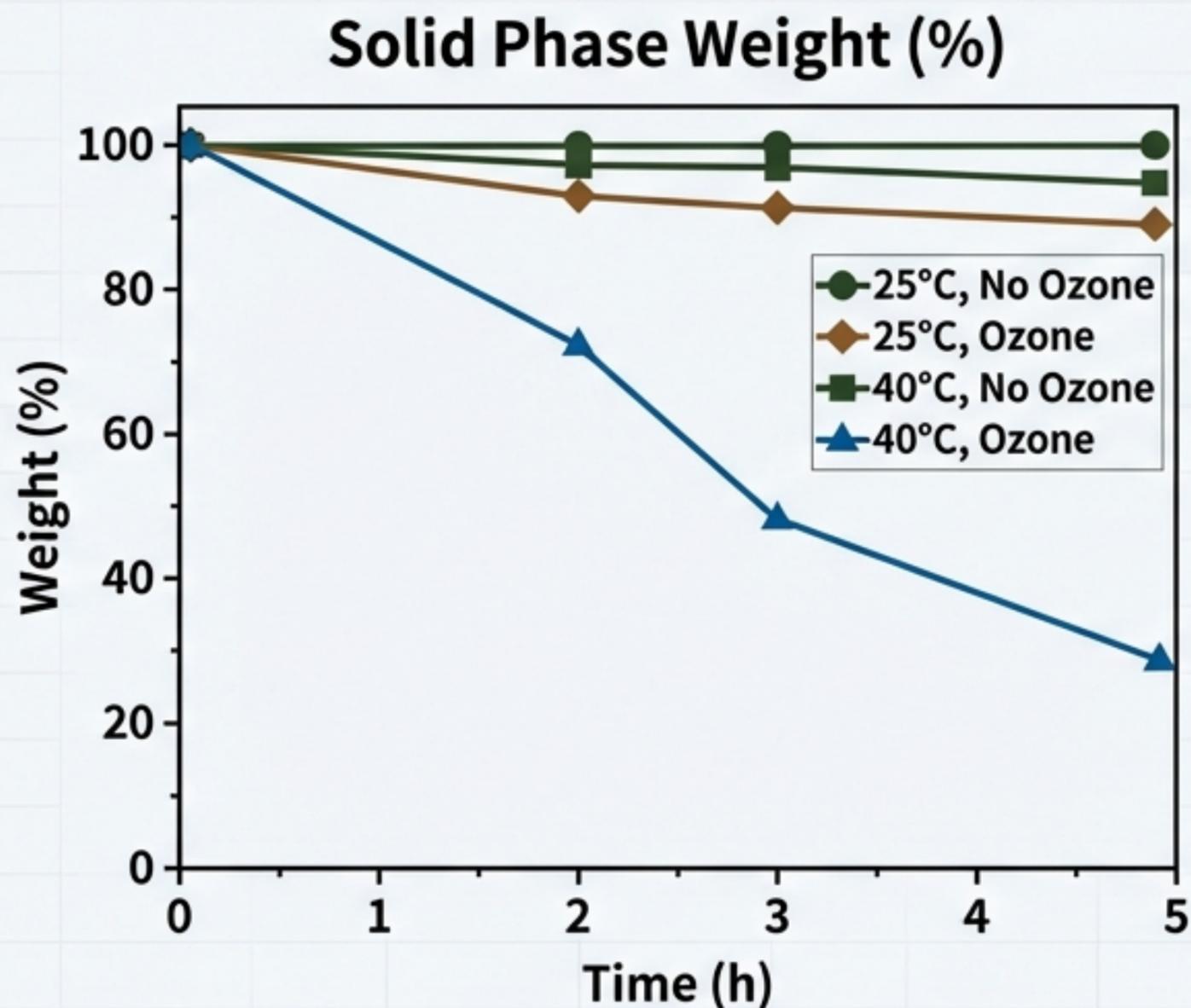
セルロースの難溶性を克服するための「オゾン処理」アプローチ。リグニンを除去し、カルボキシレート基を増加させる。

# FTIR分析による化学構造変化の確認



オゾン処理 (40°C) はリグニンを除去し、セルロースの化学構造を変化させ、溶解性を劇的に向上させる。

# 溶解性と再生セルロースの評価



結論 2: オゾン処理(5時間)とアルカリ溶解(NaOH 5M)の組み合わせにより、セルロースの再生に成功。

# Phase 3: CMC (カルボキシメチルセルロース) の合成プロセス

Step 1  
アルカリ化  
(Alkalization)



NaOH (30%)

Step 2  
カルボキシメチル化  
(Carboxymethylation)



NaMCA添加  
@ 55°C

Step 3  
洗浄・乾燥  
(Washing/Drying)



メタノール洗浄  
-> 60°C乾燥



Result:  
CMC Powder

## 最終段階：高機能素材CMCへの化学修飾

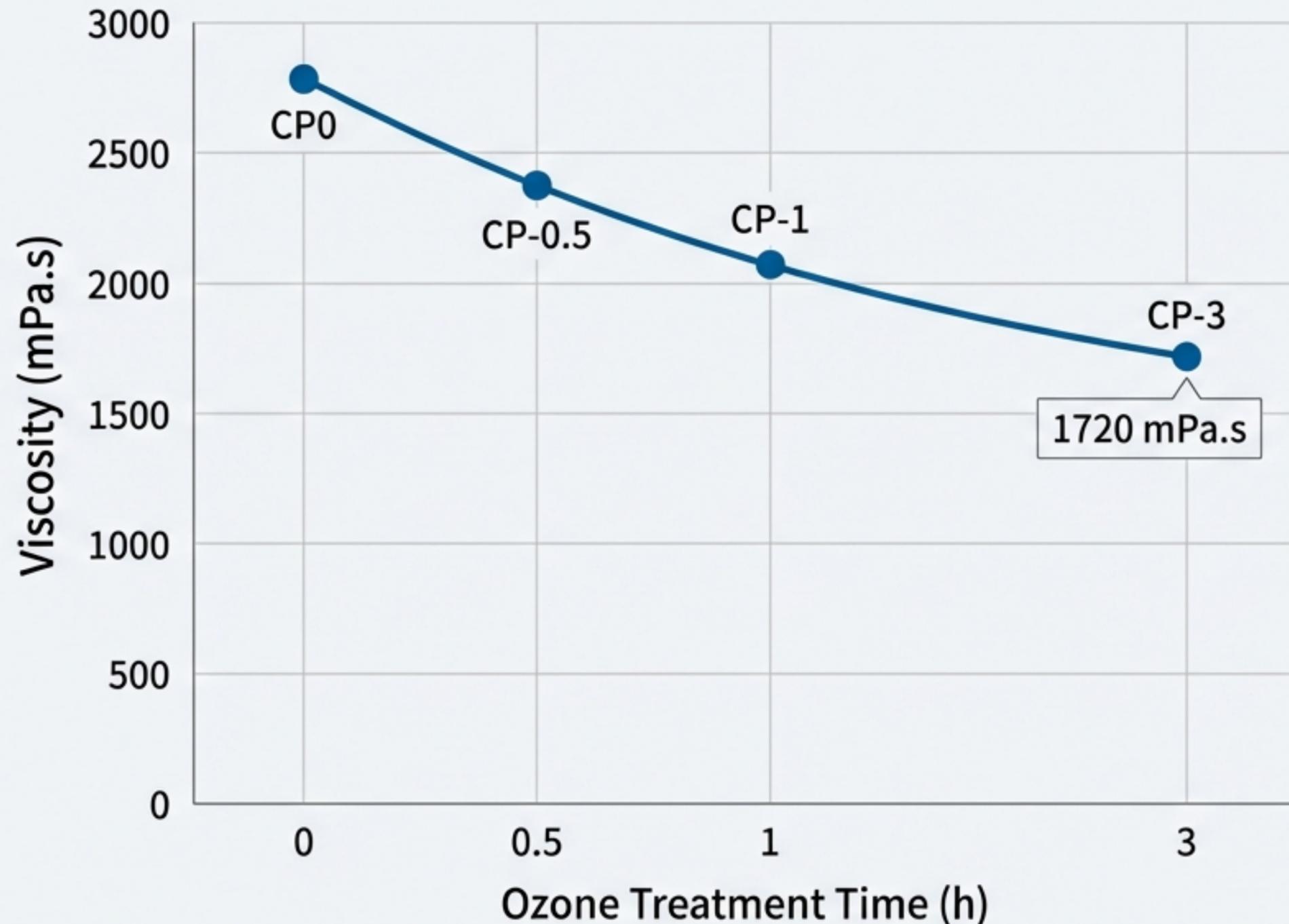
# CMCの品質評価：純度と置換度(DS)

Sample	NaOH Volume	NaMCA Weight	DS (Degree of Substitution)	Purity (%)
CP-0	10mL	4.5g	0.68 - 0.83	~70%
CP-1	10mL	4.5g	0.72 - 0.83	~79%
CP-2	10mL	4.5g	0.76 - 0.86	~79%
CP-3 (3h Ozone)	10mL	4.5g	0.76 - 0.86	~79%

## Key Insight

結論：オゾン前処理の時間と試薬の比率が、CMCの純度と置換度(DS)を決定づける。  
サンプルCP-3が最も良好な結果を示した。

# オゾン処理時間による粘度(Viscosity)の制御



オゾン処理時間が長くなるにつれて、セルロース鎖の解重合が進み、粘度が低下する傾向がある。

## 結論

オゾン処理時間を調整することで、目的の用途に合わせた粘度の制御が可能である。

# 市販品との性能比較 (Benchmarking)

## 本研究のパーム繊維由来 CMC

粘度 (Viscosity): **1720 mPa.s**

溶解度 (Solubility): **98.2%**

純度 (Purity): **72.5%**

## 市販の溶解パルプ由来 CMC

粘度 (Viscosity): 2210 mPa.s

溶解度 (Solubility): 99.5%

純度 (Purity): 91.2%

## Takeaway Box

市販の溶解パルプ由来CMCと比較しても、パーム廃棄物由来CMCは高い溶解性と十分な機能性を有している。

# 最適条件の要約 (Summary of Optimal Conditions)



## 1. 抽出 (Extraction)

ASTM法 (反応時間 **3時間**) + 次亜塩素酸処理

---



## 2. 前処理 (Pretreatment)

オゾン処理 (40°C, 3時間, クエン酸3.0%)

---



## 3. 合成 (Synthesis)

30% NaOH (10mL) + NaMCA (4.5g) @ **55°C**  
(反応時間 **3.5時間**)

# 結論 (Conclusions)

## 抽出 (Extraction)

ASTM法がパーム繊維からのセルロース抽出に最適である。

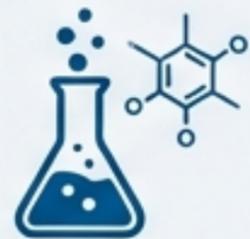


## 再生 (Regeneration)



オゾン処理(40°C)とアルカリ溶解が、再生セルロース生成の鍵となる。

## 合成 (Synthesis)



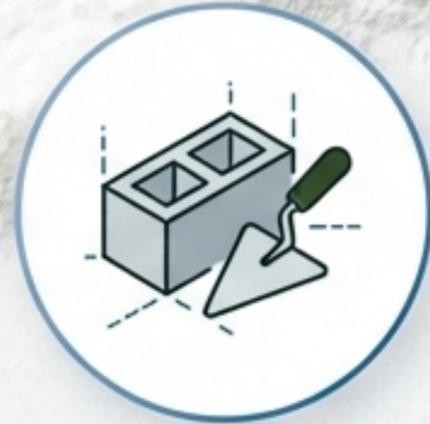
試薬の最適比率(10mL NaOH : 4.5g NaMCA) により高品質なCMC生成を達成。

## 用途 (Applications)



非食品用途 (コンクリート混和剤、増粘剤、洗剤など) への展開が有望。





Construction  
(Concrete Block)



Industrial  
Detergent



Textile &  
Fabric

**廃棄物を資源へ。パーム産業の  
持続可能性を高める新たな価値創造。**