

効率よくラジカル化杉微粉末と 非晶化米粉を製造する方法

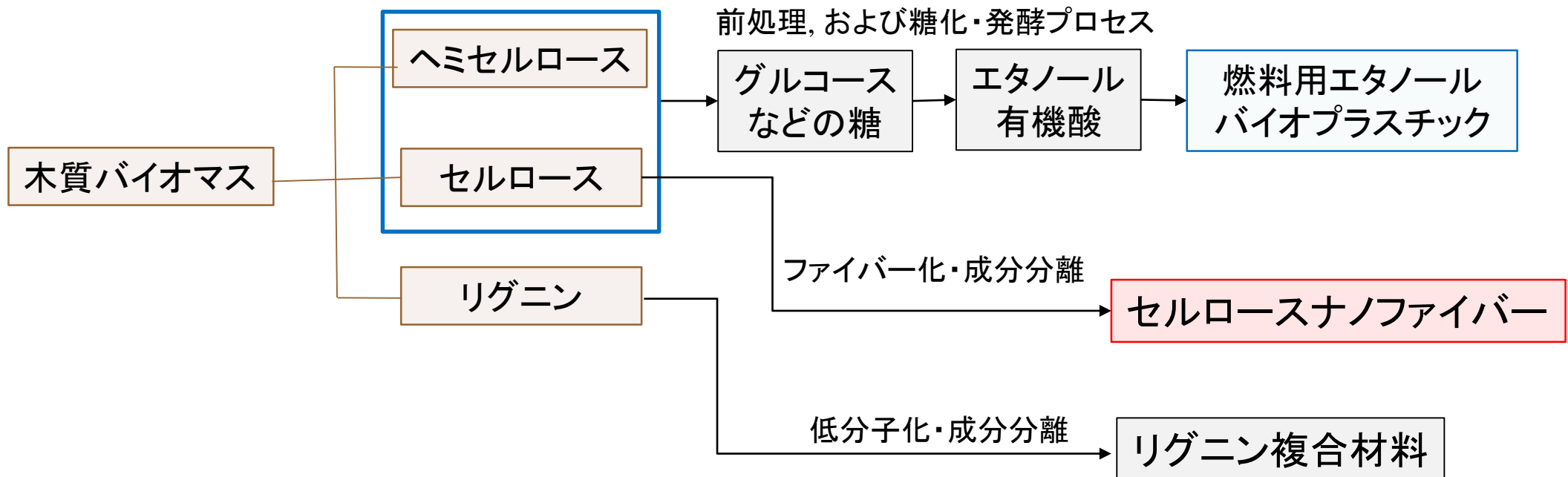
秋田県立大学 システム科学技術学部 機械工学科
准教授 高橋 武彦

2019年11月26日

新技術①

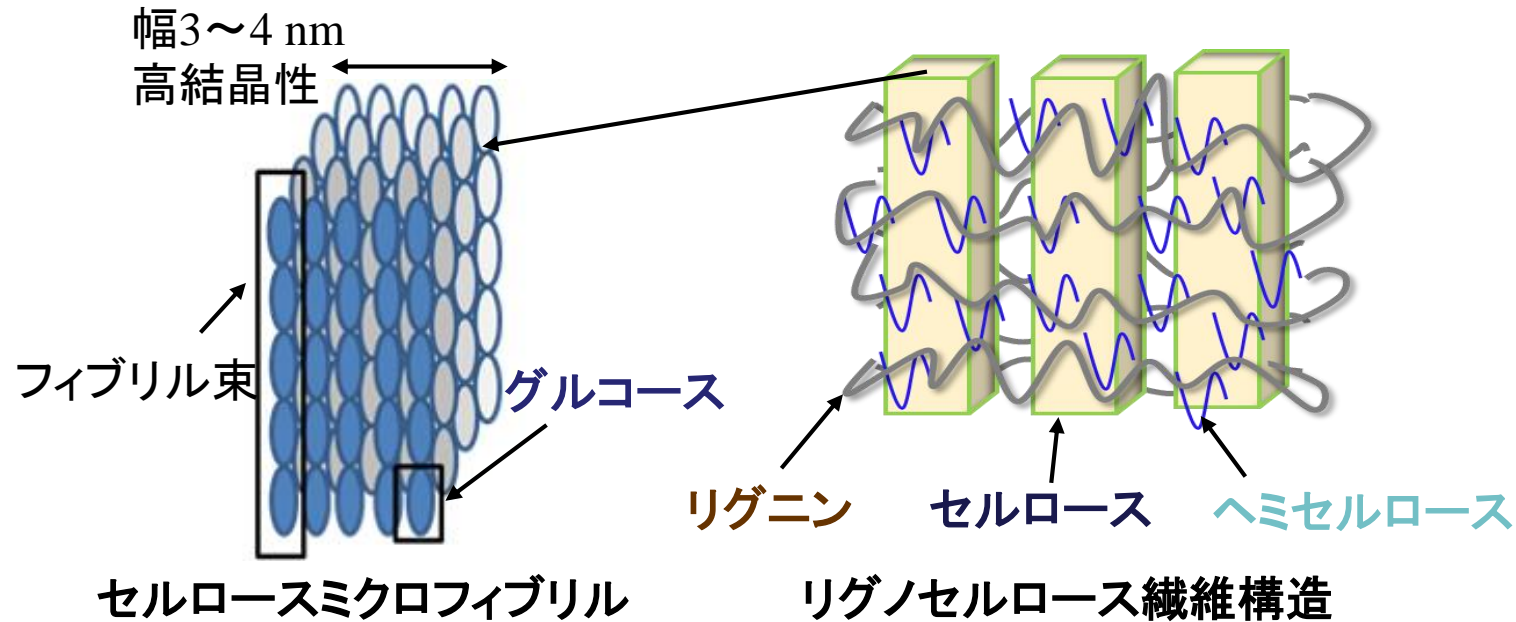
効率よくラジカル化杉微粉末を製造する方法

石油に依存したオイルリファイナリー社会から脱却し、持続可能な資源を活用していくことが望まれている。バイオマスを原料として活用していくことは、**地球温暖化の防止、地方創生、循環型社会の形成**といった我が国の抱える課題の解決に寄与するものであり、活用の推進を強く求められている。



木質バイオマスを用いたバイオリファイナリーの技術体系図

木材を原料とするセルロースナノファイバーが自動車業界を主として注目を集めている



ヘミセルロース・リグニンの除去
湿式粉碎や化学処理による解繊
真空凍結乾燥



セルロースナノファイバー
軽量(鋼の1/5)かつ高強度(鋼の5倍)
剛性が高く、熱による変形も小さい
低環境負荷

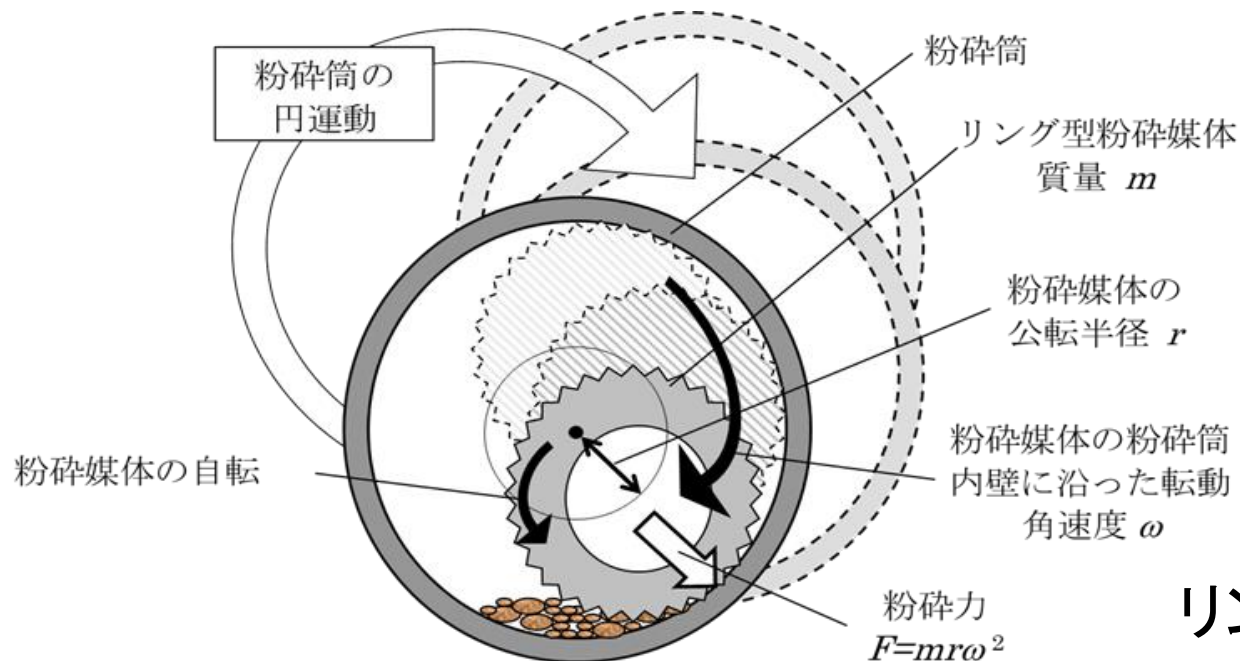
材料としては優れているが、**製造コストの高さ**から普及が進んでいない

従来技術とその問題点

糖変換を主目的とした粉碎で、リング媒体粉碎により粉末の比表面積が増加し酵素との反応が良くなることや、リグニンの主要結合が破壊されてることなどが確認されているが、

- 60分程度の粉碎時間を要し、投入するエネルギーが大きい
- セルロースの繊維も破壊している

等の問題があり、広く利用されるまでには至っていない。



リング媒体粉碎の概念図

新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった「粉碎時間」を短縮することに成功した。
- 従来は、セルロース繊維も破壊されるため糖変換利用に限られていたが、繊維を維持した粉碎が可能となり、セルロース繊維としての利用も期待される。
- 本技術の適用により、粉碎時間が半減できるため、粉碎コストが1/2程度までの削減も期待できる。

新技術の概要

リング媒体粉碎により、リング媒体の自転と公転により生じる圧縮力とせん断力により対象物を微粉碎して酵素糖化率を向上させる。

オゾンの強力な酸化力によりリグニンの炭素-炭素二重結合などを酸化切断し、加水分解による酵素糖化率を向上させる。

粉碎処理

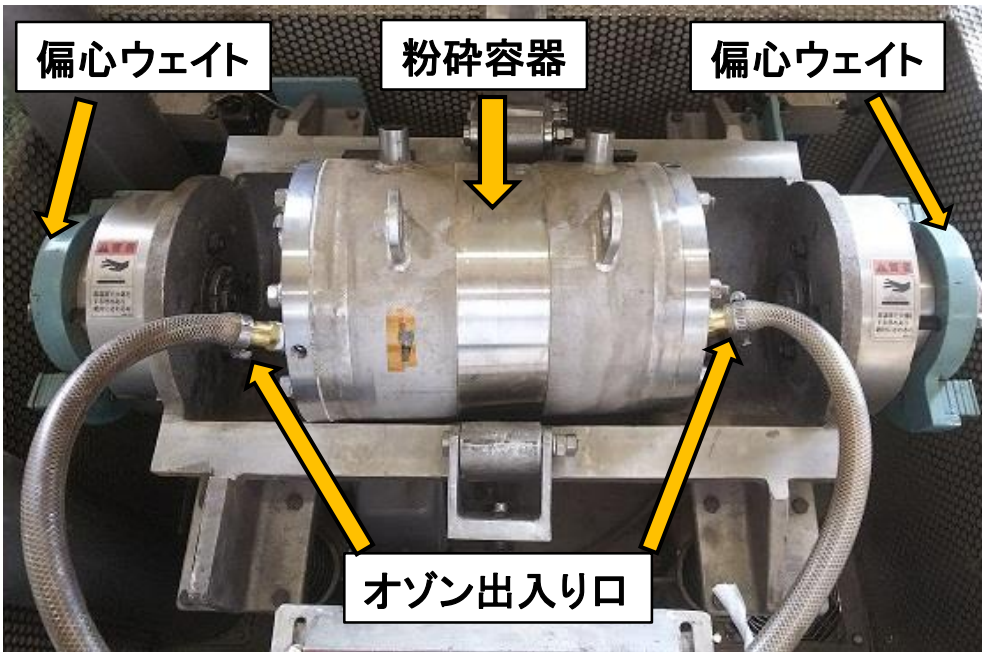


オゾン処理

複合処理

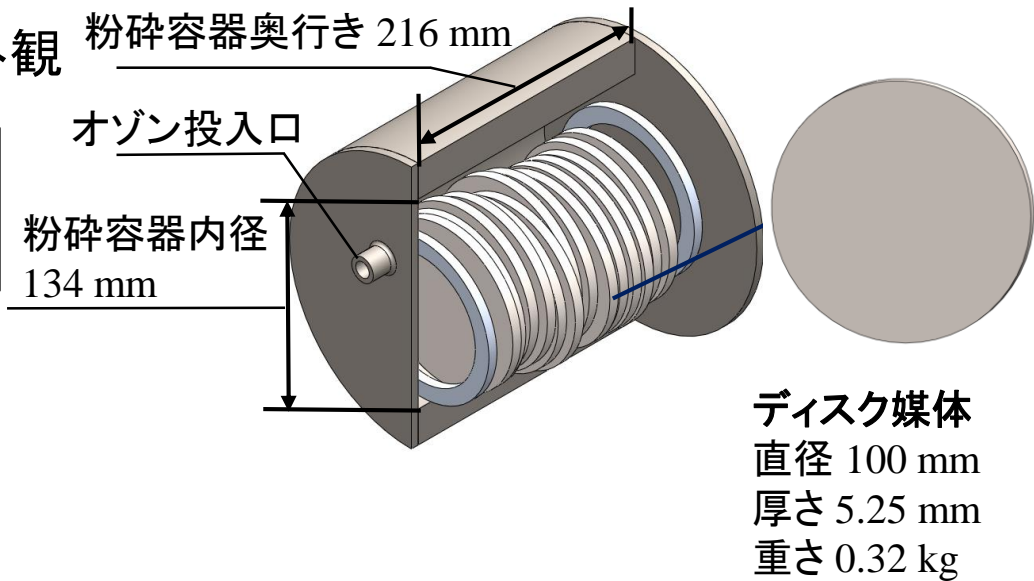
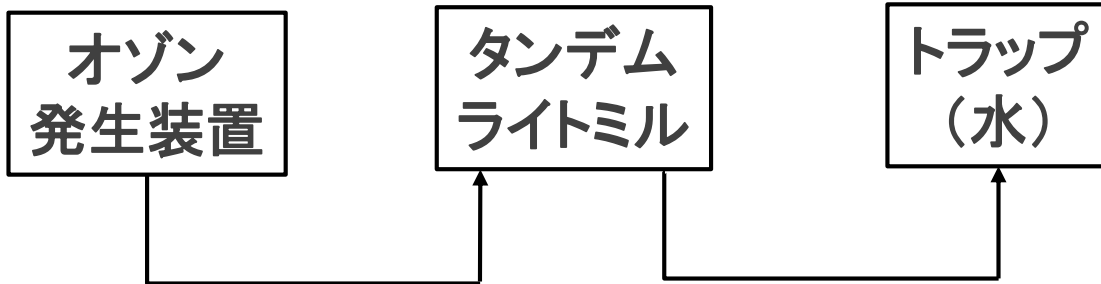
糖化率の変化、処理時間短縮による効率化について検討した。

実験方法

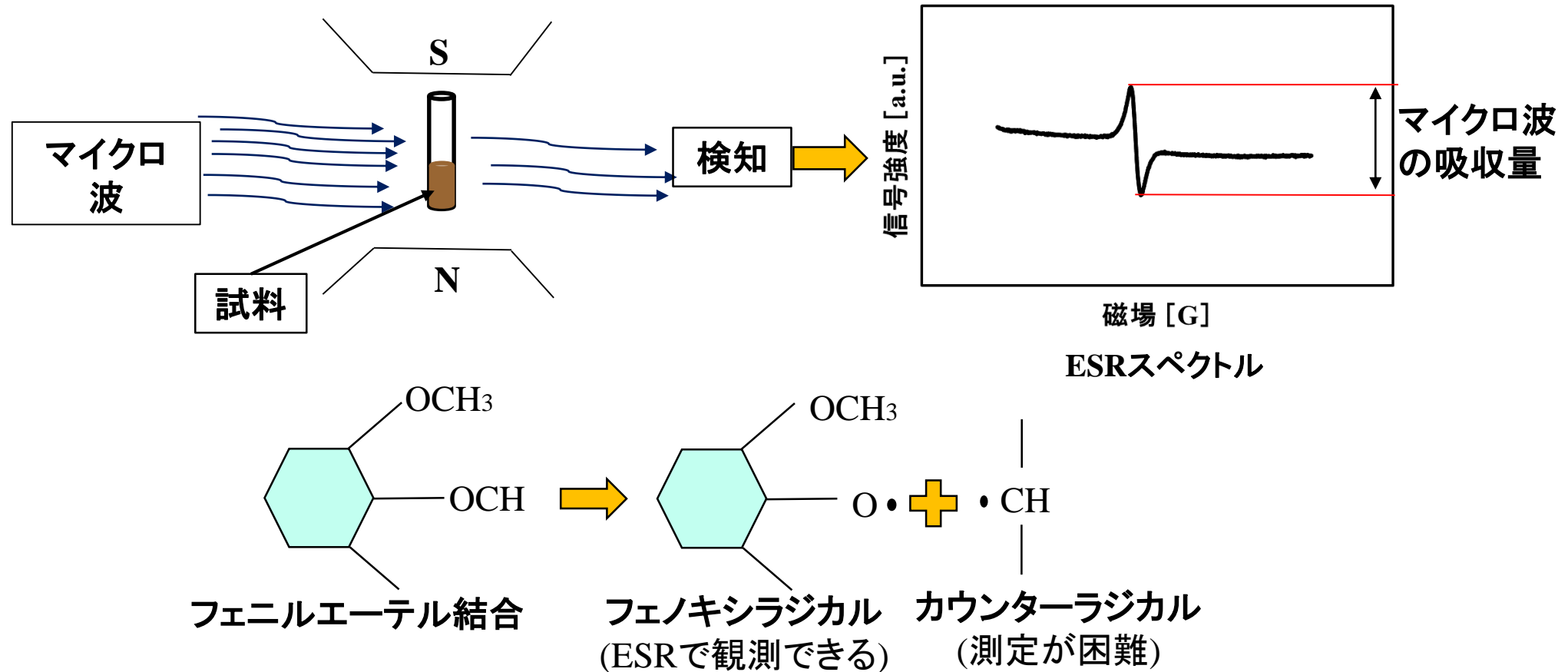


杉粗粉末量	50, 100 g (含水率15%程度, 粒径2 mm以下)
モーター回転数	1600 min ⁻¹
粉碎メディア	歯無しの炭素鋼ディスク34枚, ステンレスリング2枚
オゾン供給量	0, 350, 1000 mg/h
処理時間	10, 20, 40, 60 min

複合処理に用いた粉碎機(タンデムライトミル)の外観

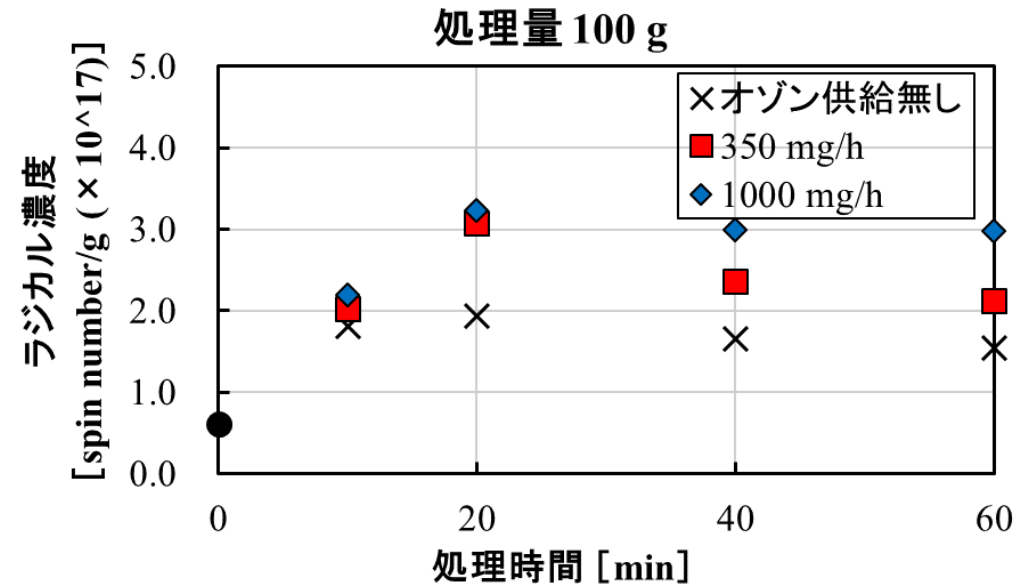
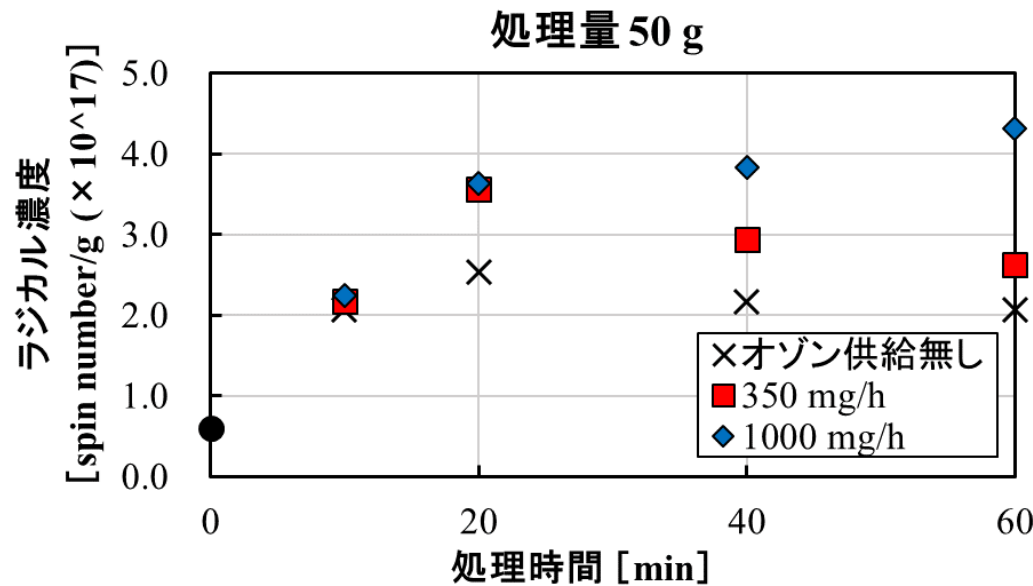


電子スピン共鳴測定装置(EMXplus, Bruker Corporation)を利用し、得られたスペクトルからラジカル量を定量化

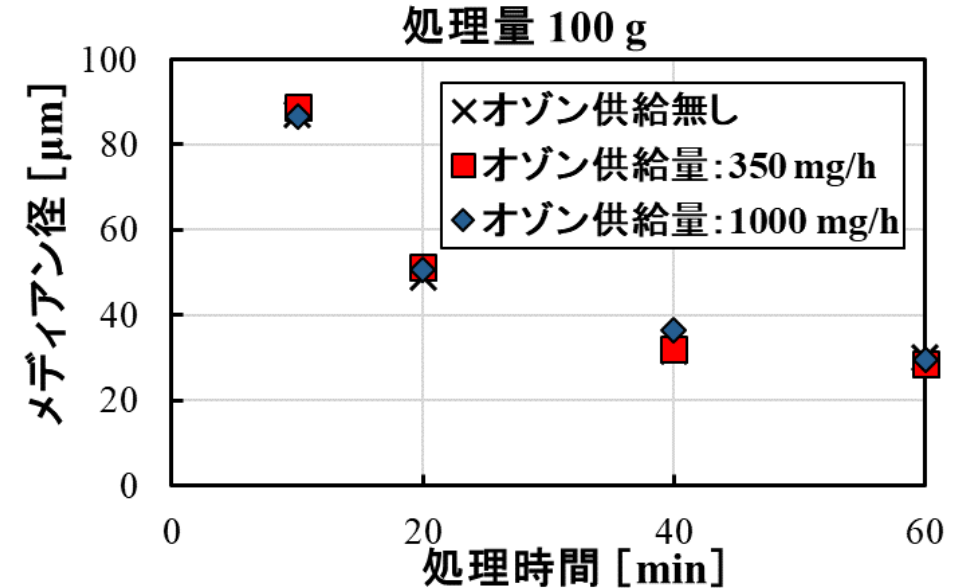
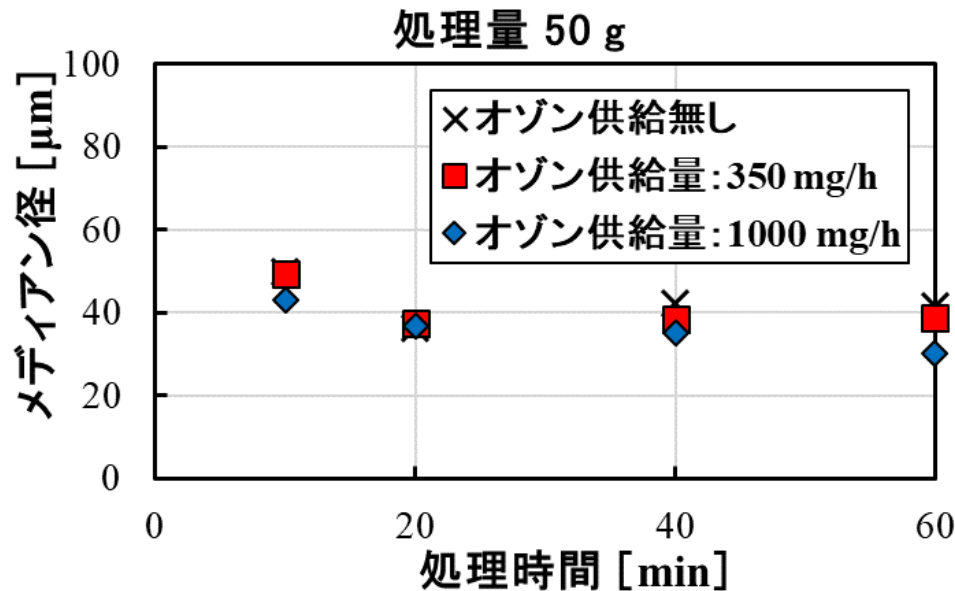


$$\text{ラジカル濃度 [spin number/g]} = \frac{\text{ラジカル量 [spin number]}}{\text{杉粉末重量 [g]}}$$

※本試験は秋田県産業技術センターが保有している装置を借りて測定を行った。



- オゾンを供給することで20 min以降のラジカル生成量が増加。
- さらにオゾン供給量 1000 mg/hでは再縮合反応の進行が抑制できている。
- ラジカル量が2倍以上の杉微粉末を生成できることが確認できた。

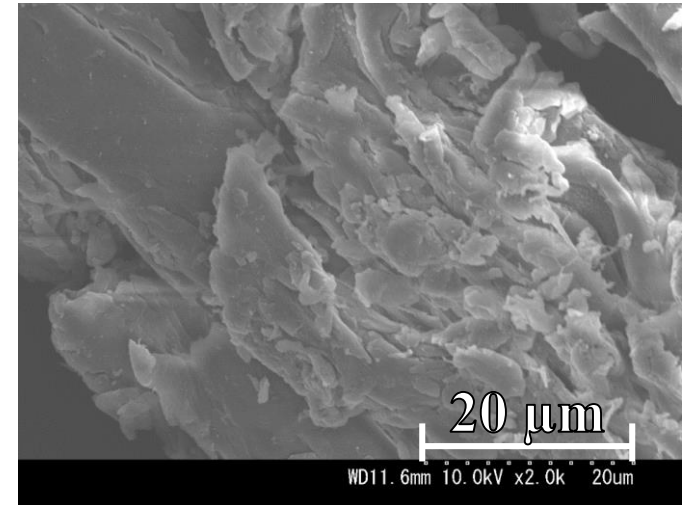
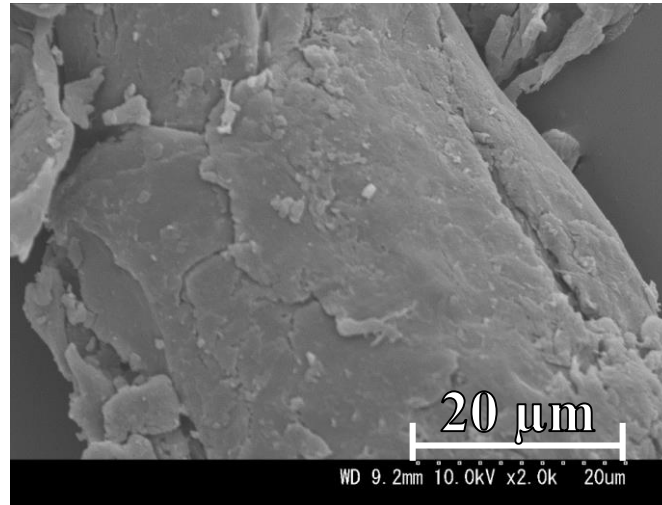


- 粉砕が進行すると粒径の減少が滞る現象がみられる。
→凝集反応によるもので、微粒子同士が集まって一つの粒子を構成する現象。
- オゾン供給の有無による違いは見られない。

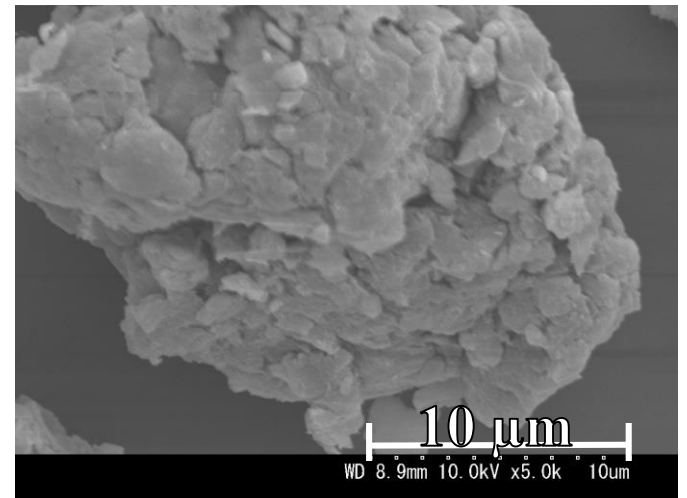
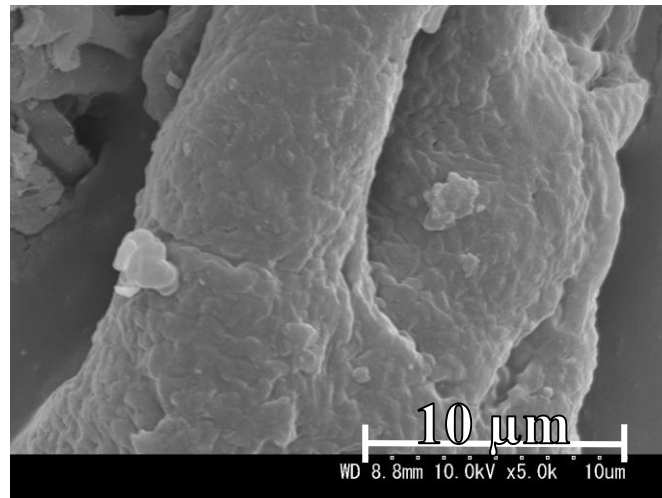
粉碎のみ

オゾン供給量:1000 mg/h

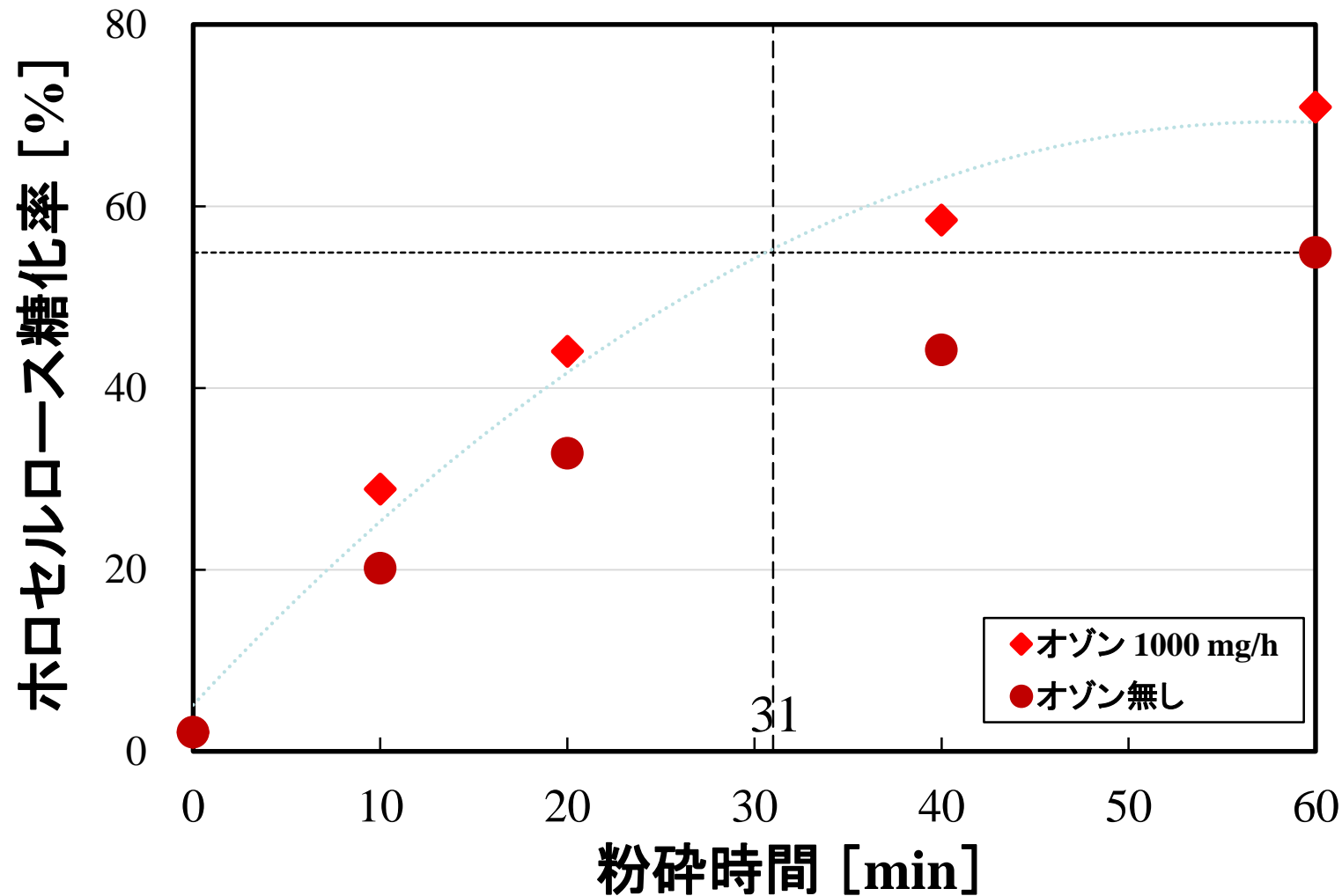
粉碎量:50 g
処理時間:10min



粉碎量:50 g
処理時間:60min



- 解繊効果が向上していることから、セルロースの**ファイバー化**が**進行**しているものと推察される。
- **比表面積**が**増加**していることから、アセチル化などの化学処理の際に反応面積が増加される。



60分間粉砕したときと同等の単糖を得るとき、複合処理によって
最大で**約48%の時間短縮が可能**である。

想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、リグノセルロースから糖製造に適用することで、省エネルギー粉砕のメリットが大きいと考えられる。
- 上記以外に、セルロース繊維が維持される効果が得られ、セルロースファイバー利用も期待される。
- また、達成されたラジカル化に着目すると、化学修飾による新奇なリグノセルロース材料に展開することも可能と思われる。

実用化に向けた課題

- 現在、リグニンのラジカル化濃度を高めた粉碎処理が可能なところまで開発済み。しかし、高含水バイオマスへの適用が未解決である。
- 今後、原料含水率とのラジカル濃度について実験データを取得し、更なる効率化の条件設定を行っていく。
- 実用化に向けて、糖変換利用における希少糖生産、ファイバー利用のための樹脂混合による構造化の技術を確立する必要もあり。

企業への期待

- 未解決の高含水バイオマスへの適用については、粉碎熱を利用した乾燥技術により克服できると考えている。
- セルロースに機能性を付与する技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、新規セルロース材料を開発中の企業、リグノセルロースバイオマスを用いた糖、有用物資生産分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 粉碎装置、粉碎方法、及びラジカル化リグノセルロース微粉末の製造方法
- 出願番号 : 特願2019-108025
- 出願人 : 秋田県立大学
- 発明者 : 高橋武彦

新技術②

効率よく非晶化米粉を製造する方法

背景

近年、食文化の変化にともなう主食の多様化にともない日本における米の消費量は減少傾向である。

農林水産省は、主食用以外にも米の利用を増やすことで米余りの解消を図るために、米から作った米粉に関し、菓子・料理、パン、麺といった用途別の基準を新設し、米を粉碎調製して得られる米粉の小麦粉への代替えを促し、米の消費拡大を進めている。

しかし、米粉は製粉コストが高く、また、米粉からパンを作るためには、米のデンプンが損傷していない米粉と、非晶化(α 化)した米粉を適切に混合して用いる必要があるため、非晶化(α 化)米粉の低コスト製造技術が必要である。

従来技術とその問題点

従来、非晶化米粉の製造方法は、

①炊飯、ローラーで板状にする、乾燥、粉碎という
多段のプロセスを経ての製造、

②加熱をともなうせん断粉碎による製造、

等の事例開示があるが、それぞれ、

①多段階のプロセスが必要で生産性が低く高コスト

②要求される温度が 100°C ～ 200°C と高い

等の問題があり、非晶化米粉が広く利用されるまでには至っていない。

新技術の特徴・従来技術との比較

- 従来技術の問題点であった多段階プロセスを単一の粉砕プロセスにすることに成功した。
- 従来は、非晶化米粉の粉砕に $100^{\circ}\text{C}\sim 200^{\circ}\text{C}$ の加熱が必要であったが、 70°C 以下という低温加熱での粉砕が可能となった。
- 本技術の適用により、ボイラを用いた温水での加熱でも熱供給が可能となり、大型粉砕機を用いた低コスト粉砕も期待される。

新技術の概要

リング媒体粉砕により、リング媒体の自転と公転により生じる圧縮力とせん断力により対象物を粉砕させる。

従来より低温(70°C以下)で容器を加熱させる。

粉砕処理

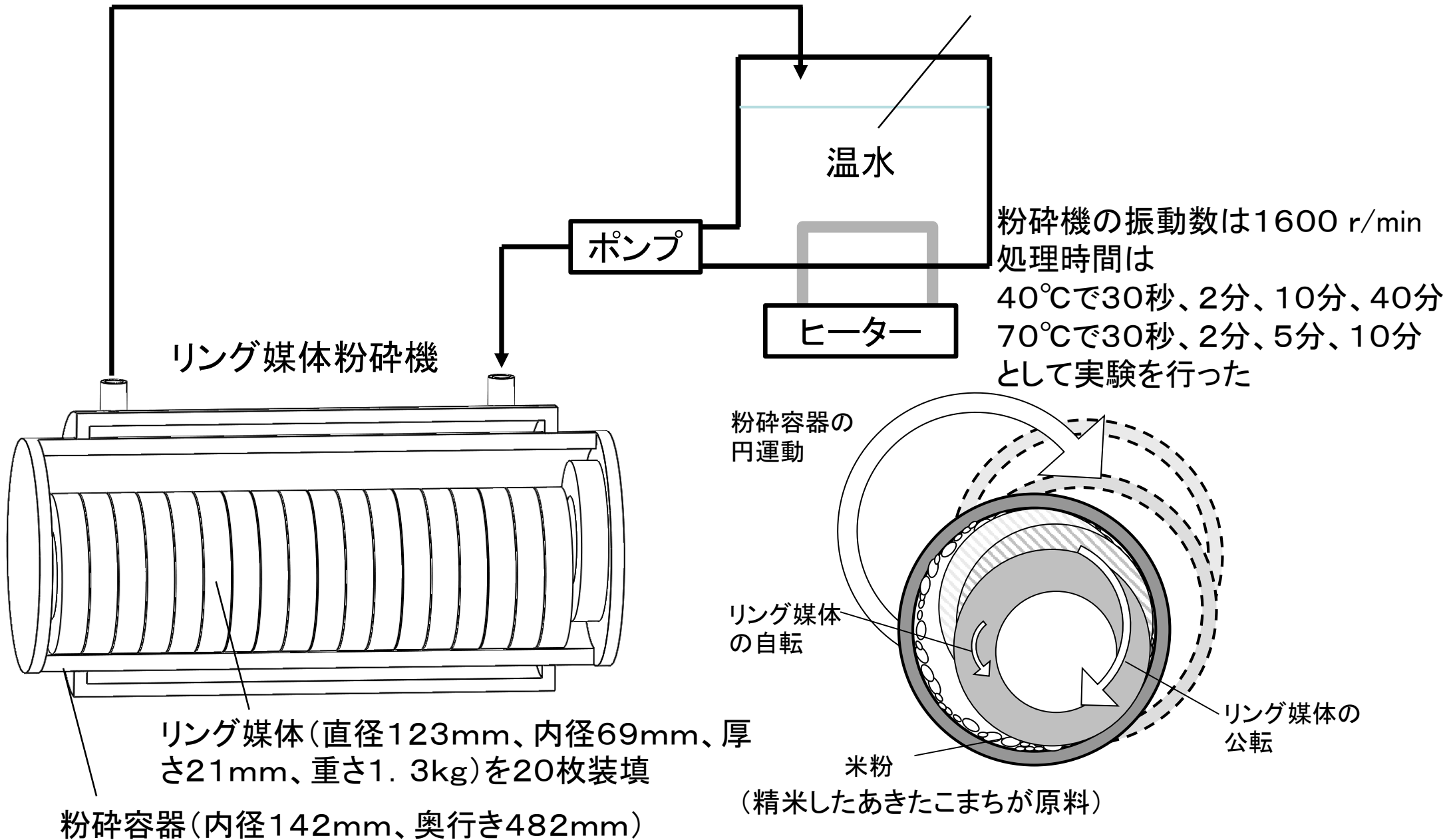


温水加熱

粉砕時間、粉砕した米粉の非晶化度について検討した。

実験方法

循環させる温水は、40°C、70°C



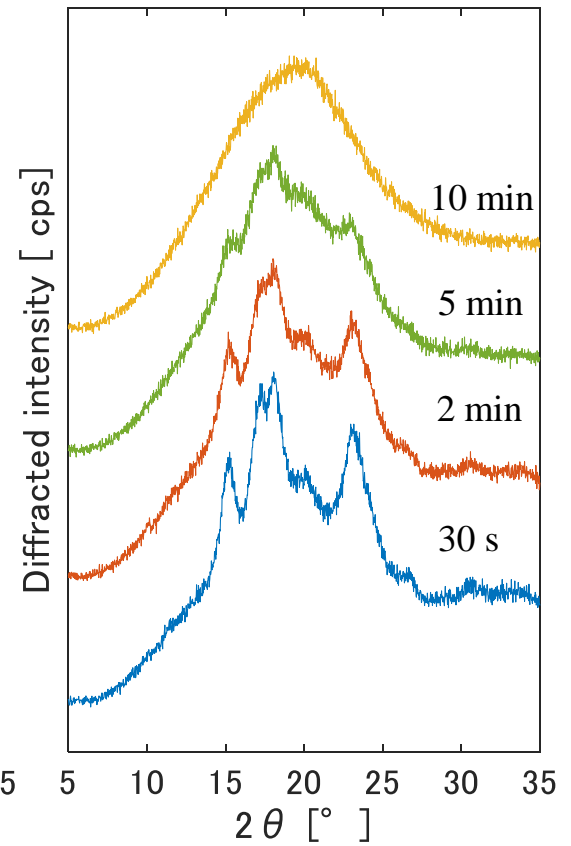
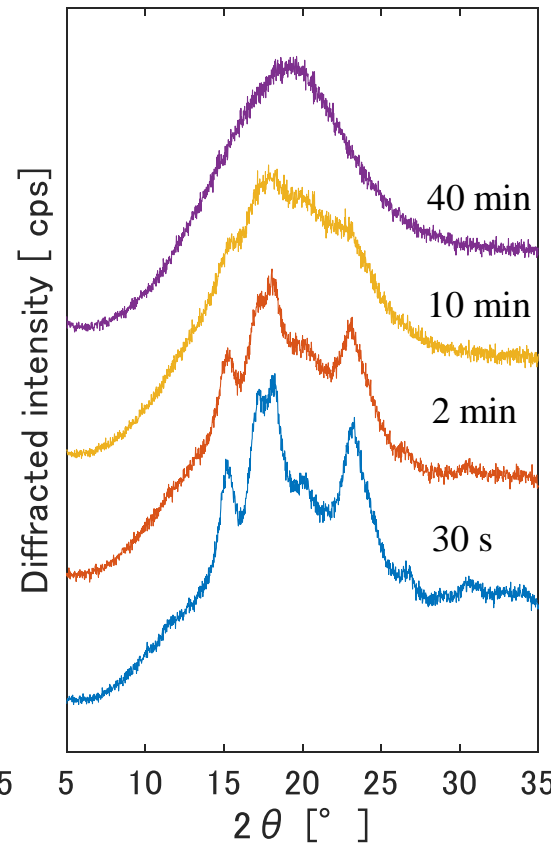
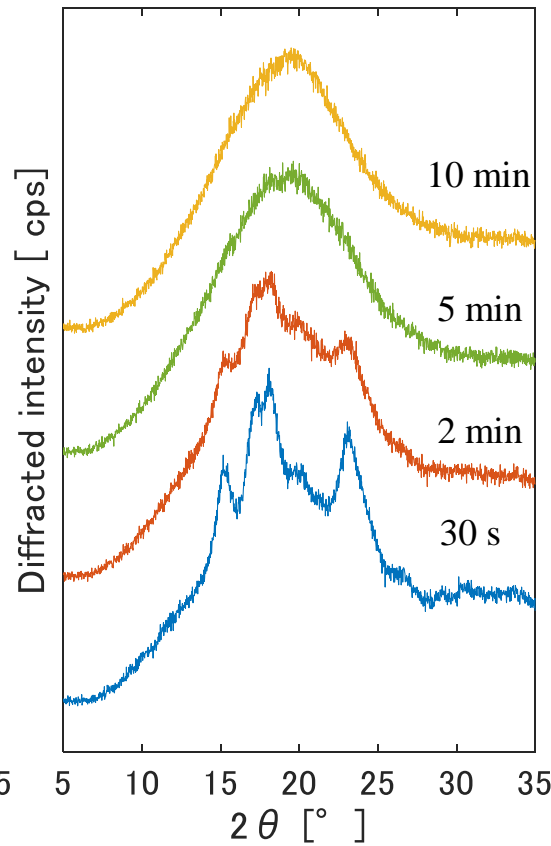
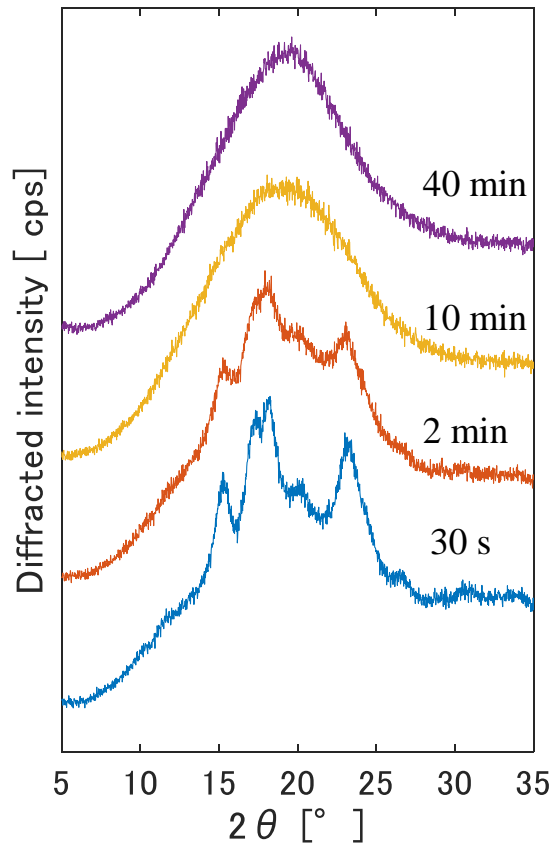
X線回折による結晶性評価

粉碎量 300 g
温度 40°C

粉碎量 300 g
温度 70°C

粉碎量 500 g
温度 40°C

粉碎量 500 g
温度 70°C



非晶化度の評価

市販米粉: 98.42

		DI (%)	
		Heater temperature 40°C	Heater temperature 70°C
300 g	30 s	54.70	56.82
	2 min	67.83	70.55
	5 min	-	94.19
	10 min	86.37	100.00
	40 min	95.29	-
500 g	30 s	54.19	54.60
	2 min	63.22	61.88
	5 min	-	77.86
	10 min	79.90	94.23
	40 min	95.60	-

市販の米粉を上回る非晶化度の米粉が得られた。

粉碎米粉のその他の評価

			含水率 (%MS)	D50 (μm)	D80 (μm)	損傷デンプン率 (%)	灰分率 (%)
粉碎量 300 g	加熱温度 40°C	30s	14.44	7.295	17.57	22.56	0.6742
		2min	13.13	9.223	21.92	29.01	0.7105
		10min	11.26	20.26	46.04	26.38	0.6332
		40min	7.75	32.72	56.28	28.87	0.6698
	加熱温度 70°C	30s	8.94	8.545	62.32	19.87	0.653
		2min	10.34	14.07	45.36	31.46	0.6545
		5min	12.08	27.22	52.82	40.12	0.6502
		10min	8.82	19.45	32.33	39.07	0.6562
粉碎量 500 g	加熱温度 40°C	30s	11.44	6.083	8.616	24.07	0.6807
		2min	14.77	11.04	36.19	42.16	
		10min	12.83	16.46	34.35	47.08	0.6947
		40min	6.76	21.13	38.91	45.68	0.6222
	加熱温度 70°C	30s	8.27	6.743	10.83	26.76	0.6769
		2min	8.84	7.367	11.53	38.57	0.6396
		5min	10.55	18.85	54.22	42.4	0.636
		10min	8.5	22.08	37.08	37.84	
販売米粉 (非晶化米粉)			8.07	188	304	36.55	0.6266

市販の非晶化米粉より細かい粒子となっている。
損傷でんぷんは市販の非晶化米粉と同等。

想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、非晶化米粉の製造に適用することで、省エネルギー粉砕のメリットが大きいと考えられる。
- 上記以外に、大豆、小豆などの穀物の非晶化粉末への利用もされる。
- また、達成された振動粉砕に着目すると、大豆のような固く、粒の大きな物も直接粉砕することができる。

実用化に向けた課題

- 現在、粉碎力と温度をコントロールすることで、通常の米粉と非晶化米粉を粉碎調製可能なところまで開発済み。しかし、連続粉碎への適用が未解決である。
- 今後、連続粉碎における米粉の流動性について実験データを取得し、連続粉碎に適用していく場合の条件設定を行っていく。
- 実用化に向けて、接触粉碎で生じるコンタミの抑制ができるよう技術を確立する必要もあり。

企業への期待

- 未解決の連続粉碎への適用については、流動性をコントロールする技術により克服できると考えている。
- 食品の粉碎利用技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、米に限らず、穀物の微粉末化による機能性食品を開発中の企業、米粉生産分野への展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 粉碎装置、粉碎方法、及び非晶化粉末の製造方法
- 出願番号 : 特願2019-164692
- 出願人 : 秋田県立大学
- 発明者 : 高橋武彦、佐藤玲唯

お問い合わせ先

秋田県立大学 本荘キャンパス

地域連携・研究推進センター

コーディネーター 對馬 智哉(つしま ともや)

TEL 0184 - 27 - 2211

FAX 0184 - 27 - 2945

e-mail h_stic@akita-pu.ac.jp