

食品の品質保証と
製造技術

食品粉体技術装置 MACHINERY & EQUIPMENT FOR FOOD INDUSTRY

[粉粒体機器]

低コストで素材の風味を 維持して微粉碎

日本コークス工業株式会社

化工機事業部 栃木工場

粉体技術センター開発グループ

リーダー

関根 靖由

2018年10日月号掲載

低コストで素材の風味を維持して微粉碎

日本コークス工業株式会社 化工機事業部 栃木工場 粉体技術センター 開発グループ リーダー 関根 靖由

1 はじめに

食品粉碎にはピンミル、挽き臼式ミル、ロールミル、スタンプミルや気流式粉碎機など多種多様の粉碎機が利用されているが、粉碎部に冷却機構がないものが多く粉碎時に発生する熱が食品の品質に悪影響を与えてしまうことがある。そのため、米粉の粉碎では原料米を20～30%ほどに湿潤させた後に粉碎することで、熱の影響を減らし澱粉損傷度を少なくする粉碎方法が昔から利用されている。また、最近では抹茶の粉碎に冷却ジャケットを有した連続式ボールミルが使用され、粉碎熱の影響を極力減らして大量粉碎を可能にした例も報告されている¹⁾。

さらに、油分が多い食品や風味が重要な食品では熱の影響を極力避けるため、凍結粉碎も行われている。しかし、液体窒素を使用するためランニングコストが非常に高く、設備費も高価になるので、液体窒素を製造しているメーカに受託加工を依頼して粉碎するケースが多いと聞く。このように食品粉碎を行う場合、製品の品質を保つために粉碎時に発生する熱を食品にできるだけ与えないで低温で粉碎することが課題になる。

当社は粉碎熱の影響を大幅に抑えたダブル冷却機構搭載ディスク型粉碎機の“セントリカッター”を開発した。今まで常温では大量に粉碎できなかった樹脂については安定的に大量、且つより細かく粉碎できるようになった。^{2) 3) 4)} このダブル冷却機構を食品粉碎にも応用することで、風味を損なわずに粉碎が可能になった。また、油分が多く付着しやすい食品も付着防止構造を開発し、付着問題も解決した。その結果、低コストで素材の風味を維持して粉碎できる設備として商品化したので紹介する。

2 ダブル冷却機構搭載 セントリカッター⁵⁾

セントリカッターは固定刃と回転刃に包丁のような刃を数百本目立てし、80～100m/sの周速で高速回転させて食品の粉碎を行うディスク型粉碎機である（写真1）。このような機構の粉碎機は昔から販売されているが、当社では世界で初めて回転刃と固定刃の両方を冷却できるダブル冷却機構（特許申請中）を開

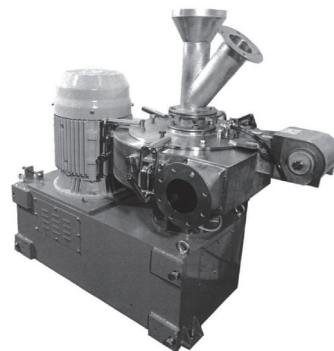


写真1 セントリカッター外観

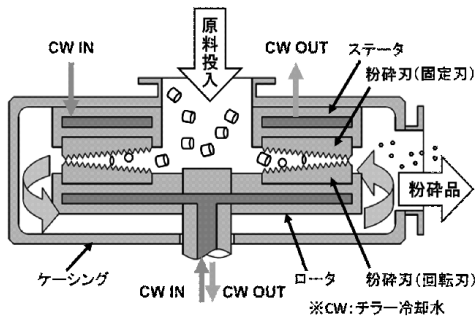


図1 ダブル冷却機構の構造

表1 粉砕刃の特徴

	標準刃(MS型)	特殊刃(USU型)
刃の形状	放射状の粉砕刃	斜めに切った粉砕刃
粉砕力	主に衝撃力	主に剪断力
発熱	大	小
生産性	大	小
粉砕品	1000~200 μm	400~40 μm
刃の深さ	並目、細目の2種類	並目、細目の2種類
刃のコスト	小	大(MS型の1.5~2倍)



付着防止構造無し
30分で運転不可

付着防止構造有り
60分運転しても付着は微量

図2 付着対策部品の効果(香辛料の粉砕)

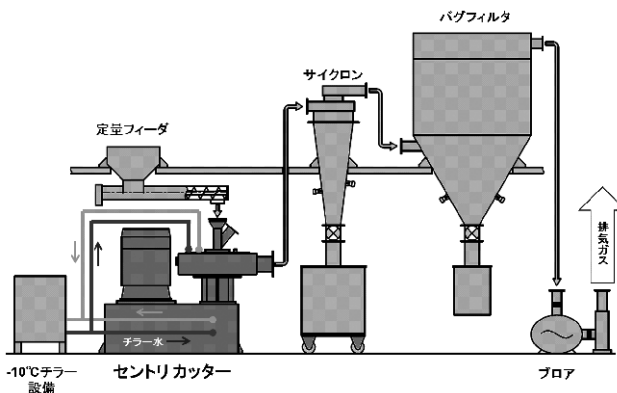


図3 連続粉砕フロー

発し(図1), 熱の影響を極力減らして粉砕することが可能になった。また, 粉砕刃は目立ての方向と刃の深さを変えた4種類(表1)から選択が可能で, 平均粒子径が40 μm から1mm程度までの粉砕に対応でき, 粉砕後の粒度分布や粒子形状も刃の種類, 隙間, 及び回転速度によってコントロールすることができる。

ダブル冷却機構で使用する冷却水には-10℃のブライン不凍液が利用できる。粉砕時に熱を大量に発生する回転刃も冷却できることから, 冷却性能が非常に高く, 固定刃だけを冷却する粉砕機に比べ, 冷却能力が2.5~3倍になっている。また, 油分が多い食品を粉砕すると, 粉砕時に発生する熱や微粒化による表面積の増加により油分が滲み出し, 粉砕刃や粉砕室内面に付着し堆積してしまう。ダブル冷却機構の粉砕刃の使用で, 冷却なしの粉砕刃に比べ粉砕刃への付着は少なくなるが, 刃から出た

粉砕品がケーシング内面に強く打ちつけられることで, 油分が滲み出て強い固着が発生してしまう現象が見られた。このような固着が発生すると粉砕品がケーシング内に15~30分程度で付着し堆積するため, 連続運転が不可能になるが, 粉砕室内部を工夫することで固着を防止することに成功した(特許申請中)(図2)。これにより油分の多い食品を強い固着を形成しないで連続運転することが可能になり, 風味が重要な香辛料や珈琲豆などの食品や損傷澱粉度が重要な米などの穀物の粉砕を連続して安定的に運転できるようになった。

粉砕システムは図3のようにフィーダ, サイクロン, バグフィルタ, プロアからなり, 食品粉砕で利用されているピンミルなどと同様である。そのため, 粉砕機のみ置き換えることで初期投資を抑えることが可能である。また, セントリカッターには排風能力があるため, 粉

砕品排出口にタンクだけ取り付けて回収する方法も可能である（図4）。

以下にセントリカッターで行った食品粉碎例を紹介する。

3 珈琲豆の粉碎

回転速度及び刃間の隙間が粒子径にどのように影響するか珈琲豆で調査を行った。珈琲豆は三本コーヒー株式会社製のシティロースト焙煎豆を使用し、処理量を50kg/hrで固定して回転速度と隙間を変更して粉碎を行った。

図5に示す通り、回転速度を 8000min^{-1} に固定して隙間を狭くすると粒子径は小さくなる。また、隙間を1.5mmに固定して回転速度を速くすることによって、粒子径も小さくなるが、粒度分布がシャープになる（図6）。この結果より平均粒子径は隙間、粒度分布は回転速度により調整が可能になることが分かった。また、粉碎した珈琲豆をインテリジェントセンサーテクノロジー社の味認識装置「TS-5000Z」で測定した結果を図7に示す。

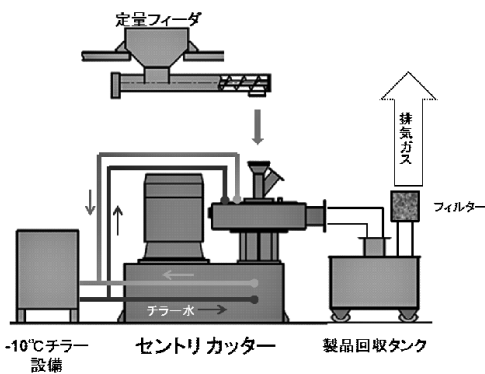


図4 簡易粉碎フロー

回転速度を高くするほど、全体的に味の強度が強くなっていくことが分かる。これは粗粒が減り、粒度分布がシャープになったため、味が濃く出たと考えられる。

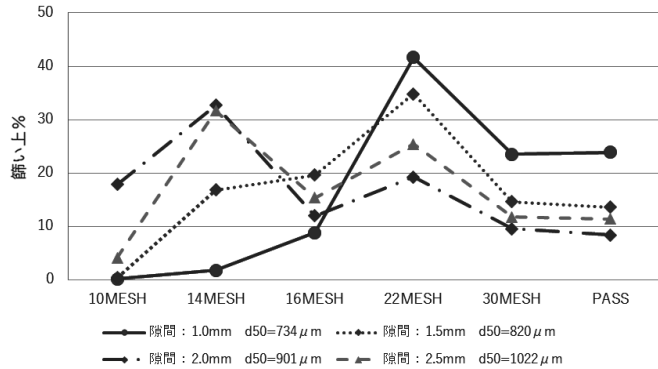


図5 粉碎刃の隙間の影響

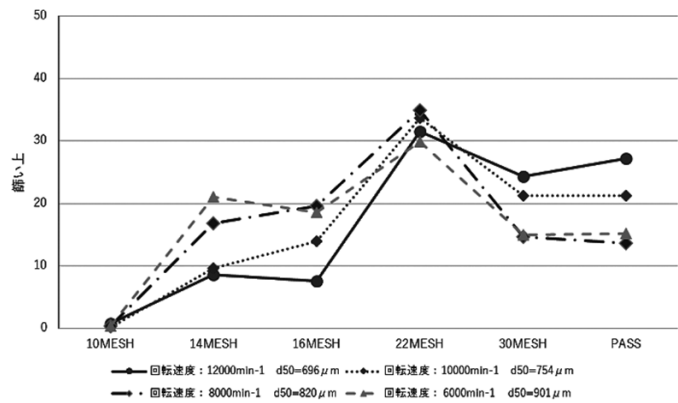
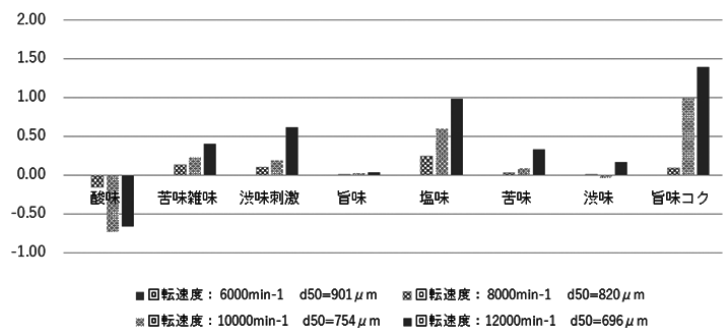


図6 回転速度の影響



味の強度は回転速度：6000min⁻¹を0としたときの味の強度1目盛りは人が味の違いを認識できる20%の強さの違いを示す

図7 回転数と味の強度の関係

このことから味の強度は粒子径や粒度分布と相関すると考えられ、運転条件変更で味を調整できることが分かった。また、このときの粉砕品温度を測定したところ、18℃の原料温度に対して0~3℃上昇の18~21℃であり、低温で粉砕することで風味の減少も最小限に抑えられたと考えられる。

4 米の粉砕

日本人の主食である米の受給率が1960年代に比べ半減しており、炊飯米以外の新たな用途として米粉の利用拡大を官民協力して進められている。米粉はもともと団子などをつくる上新粉などで利用されていたが、より粒子を細かくすることでパンやパスタなどにも利用することが可能になってきた。しかし、パンなどの用途に米粉を利用する場合、粒子径は75 μm 以下の比率が50%以上で澱粉損傷度は10%未満と農林水産省のガイドラインに記載されている。実際、澱粉損傷度を少なくするため、米を湿潤して脆くしてから粉砕する方法がよく使われているがカビの発生を防止するため、粉砕後16%以下に水分量を調整する乾燥工程が必要になる。また、小麦粉に比べ原料価格は同程度だが、製粉コストが1~2.4倍程度となっており⁶⁾、需要拡大には製粉コストを下げることも重要である。この中で乾燥にかかるコストは大きいため、湿潤させずに澱粉損傷度を抑えることができればランニングコストを大幅に下げることが可能になる。製粉コストを下げる方法として、セントリカッターで乾式粉

砕したときの澱粉損傷度と粒子径の調査を行った。

粉砕は高アミロース米、中アミロース米、餅米の3種類で行った。その結果、3種類の原料米を平均粒子径：50 μm 程度に粉砕することができた。(図8) そのときの粉砕結果と澱粉損傷度を表2に示す。また、平均粒子径：100 μm 程度の粉砕であれば、澱粉損傷度を7%前後で粉砕することは可能であった。このことから粒子径を細かくしようとする、澱粉損傷度にも影響を与えると思われる。しかし、回転速度や刃の種類を変えることで、微粒化しても10%以下にすることは可能と考えている。今後、生産コスト削減のため、乾式粉砕で澱粉損傷度をより低く微粒砕できるように改良を重ねて行きたいと考える。

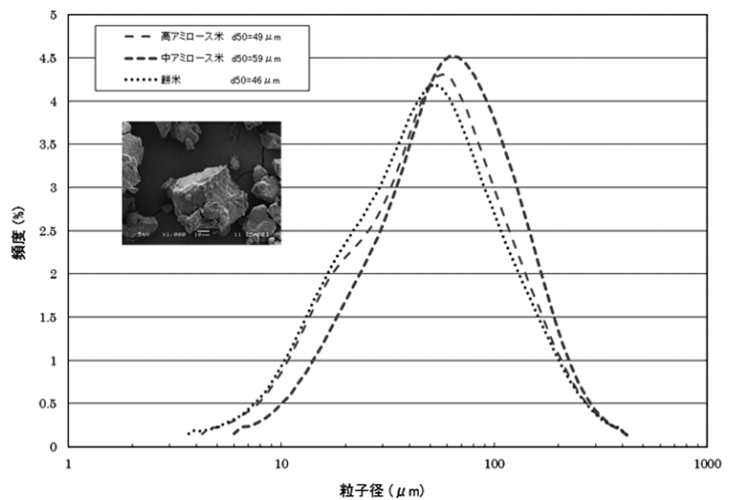


図8 米の粉砕例

表2 粉砕結果

種類	高アミロース米	中アミロース米	餅米
d50(μm)	49	59	46
澱粉損傷度(%)	9.5	11.0	10.1
粉砕後温度(℃)	19	20	20

5 かつお節の粉碎

かつお節は日本料理には欠かせない旨み成分であり、タンパク質が約77%もある良質なタンパク質の宝庫となっている⁷⁾。かつお節は出汁を取ったり、お浸しなどの風味付けとして削り節が使用されることが多いが、微粒化された粉も出汁の素の風味原料として含まれていたり、お湯に溶かす出汁や混ぜ込み調味料としても販売されている。

セントリカッターで風味を維持して、かつお節を粉碎できるか調査を行った。原料には3mm程度の粗粉碎品を使用し、処理量を25kg/hrで運転した結果、平均粒子径を85 μm に粉碎することが可能であった。この粉碎したかつお節を味認識装置で測定した結果を図9に示す。粉碎品は酸味が弱くなったが、それ以外の味は粉碎前から変化させずに粉碎することができた。このときの粉碎温度は20 $^{\circ}\text{C}$ の原料温度に対して1 $^{\circ}\text{C}$ 上昇の21 $^{\circ}\text{C}$ であり、かつお節に熱を与えずに粉碎できたため、味があまり変わらなかったと思われる。

6 黒胡椒の粉碎

セントリカッターで隙間と刃の種類を変えることでどのように粒子径が変化するか、黒胡椒を用いて調査を行った。刃の種類は一番粗くできる標準刃（MS刃）と一番細かくできる特殊刃（白刃）を使用して、刃間の隙間を0.6/1.2/2.0mmの3種類で粉碎を行った。

その結果、同じ隙間でも特殊刃のほうが

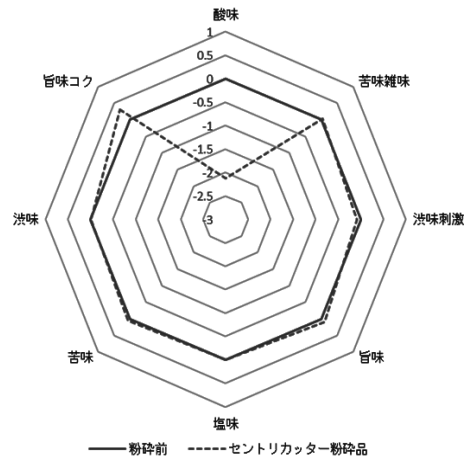


図9 かつお節粉碎品の味覚認識結果

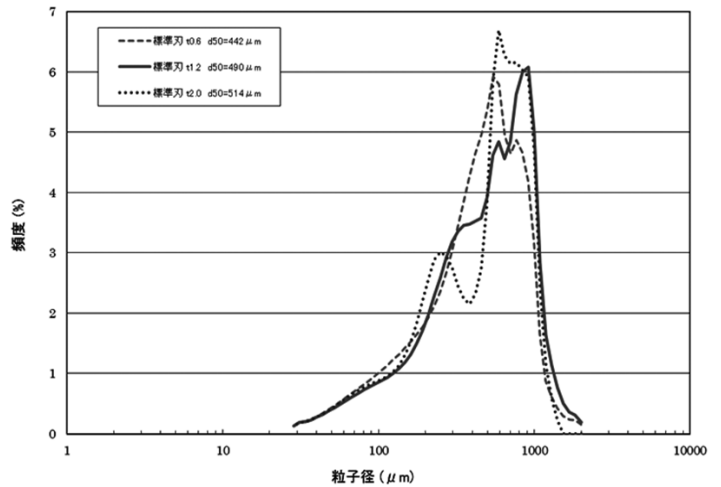


図10 隙間の影響（標準刃）

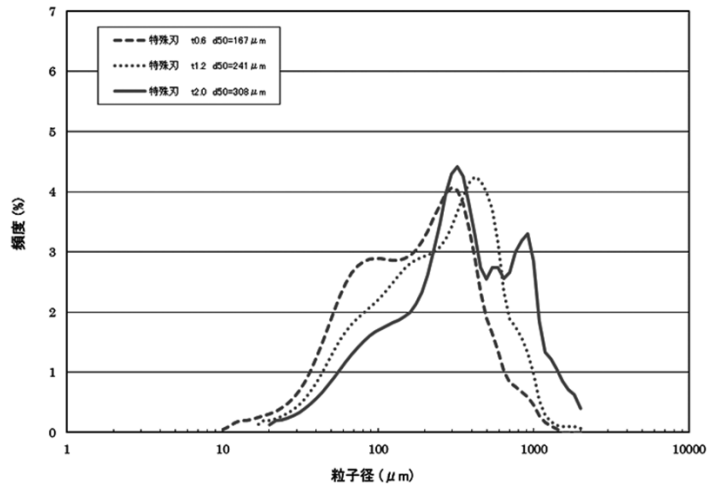


図11 隙間の影響（特殊刃）

標準刃に比べて約半分程度の粒子径まで粉砕できることが分かった。また、標準刃は隙間を変えても、平均粒子径の変化が小さいが、特殊刃は隙間の影響を大きく受けていることも判明した（図10,11）。

7 ハーブの粉砕

微粒化が可能な特殊刃の細目を使用して、3mm程度に粗粉砕された乾燥ハーブの微粒化の処理を実施した。粉砕に使用した型式はUCM300型で隙間を最小の0.15mmまで狭くして粉砕を行った結果、平均粒子径は40 μ mまで粉砕することができ、処理量も230kg/hrが可能であった（写真2）。

水分や油分が少ない食品であれば、40 μ m程度の微粒化が可能なが分かった。また、風味や歩留まりも通常使われている粉砕機に比



写真2 ハーブの粉砕



写真3 UCM300型実証設備

べすぐれているとの評価も受けている。

8 商品ラインナップと粉砕例

セントリカッターの標準仕様を表3に示す。商品ラインナップは3機種で、生産量によって機種を選定する。当社ではUCM150型とUCM300型をテスト機として栃木工場に設置しており、様々な材料でお客様の持ち込みテストを行っている（写真3）。また、クリーンルームにUCM150型を設置してテストすることも可能である。

表4の粉砕例に今まで実施したテスト結果の一部を示す。このように油分が多い食品から風味が重要な食品と幅広く粉砕することが可能である。

9 最後に

セントリカッターは当初、樹脂の粉砕目的で開発され、粉砕熱による溶着により大量生産で

表3 標準仕様

型式	UCM150	UCM300	UCM450
スケールアップ比	0.3	1	2
最高回転速度(min^{-1})	12,000	8,000	5,500
モータ(kW)	5.5	22	45

表4 粉砕例

原料名	粉砕粒径: d50 (μm)
香辛料	150
珈琲豆	70~1,000
ハーブ	40
米	50~120
鯉節	60~200
ザラメ	50
干し椎茸	95
生大豆	195
黒胡椒	160~620
バスタくず	215

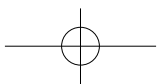
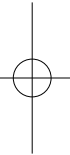
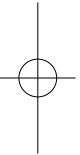
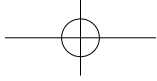
きなかった低融点樹脂の粉碎を，既存機に比べ2～5倍に生産量を増すことに成功した。この大量生産を可能にしたのが，回転刃と固定刃の両方を冷却するダブル冷却機構の粉碎刃である。この冷却効果により風味や損傷澱粉など熱の影響を受けることで劣化してしまう食品の粉碎にも適用できることを見出した。その他の粉碎例として，生大豆，小麦，乾燥椎茸，香辛料，ザラメ，パスタくずなどの粉碎を行っているが，風味が良いとの評価もいただいている。

今まで高含油食品は常温で連続運転が困難であったが，風味を維持しつつ連続運転できるようになった。セントリカッターは改良・改善を日々重ねており，現在は油分が多い珈琲豆やかつお節なども，50 μ m前後まで微粒化が可能な粉碎刃を開発中である。ぜひセントリカッターで，新しい味作りの可能性を見出していただけたらと思う。

【謝辞】 珈琲豆，かつお節の材料提供及び味認識装置の測定をしていただいた三本コーヒー株式会社 山口執行役員，植木チーフ，内田氏，マルトモ株式会社 土居取締役，福本担当次長に深謝する。

■参考文献

- 1) 岩本玄德，杉本剛，抹茶の今を支える新製法，化学工学，第80巻(11)，p737-740，(2016)
- 2) 関根靖由，低融点樹脂に対する粉碎機の特徴と活用事例，プラスチックス，67(3)，p57-61(2016)
- 3) 関根靖由，低融点樹脂粉碎の現状と対策，化学装置，59(5)，p52-55(2017)
- 4) 関根靖由，ダブル冷却構造を搭載した低融点樹脂用粉碎機の開発，プラスチックエージ，Vol.64(1)，p68-72，(2018)
- 5) 関根靖由，ダブル冷却構造で素材の風味そのままに粉碎，食品と開発 Vol.53(6)，p38-39(2018)
- 6) 農林水産省，米粉をめぐる状況について，(2018.5)
- 7) 大森正司，かつお節をまいにち使って元気になる，星雲社，p100，(2016.6)



日本コークス工業株式会社

〒135-6007 東京都江東区豊洲3丁目3番3号
<http://www.nc-kakouki.co.jp>

食品機械装置

出版元お問い合わせ先

株式会社ビジネスセンター社

<http://www.bcs-food.co.jp>

本 社 〒101-0041 東京都千代田区神田須田町1-26 ラシーヌ神田ビル
電話 03(3256)4331(代) FAX 03(3256)4336
事業所 〒531-0074 大阪市北区本庄東1-7-17
電話 06(6371)0352 FAX 06(6375)4531