

## 微粉碎と造粒による緑茶茶葉の粉末素材化（第3報）

日比野剛\*

### Improvement of Handling Properties for Green Tea Powders by Fine Grinding and Granulation (Part 3)

Tsuyoshi HIBINO

In previous report, the agglomeration of finely ground green tea powders was suppressed by wet granulation after humidification, and the dispersibility and the disintegratability in water of granulated products were improved. The amount of powders per unit area on the bottom surface of the container used for humidification was set and the relationship between the humidification time and the moisture absorption amount was examined and then 500 g of green tea powders were granulated to soft granules. It was confirmed that the granulated products had same properties as obtained when a small amount of powders was granulated. Two types of green tea powders could be granulated to the same physical properties by controlling the amount of moisture absorption.

Key words: Green Tea Powder, Humidification, Wet Granulation, Agglomeration, Dispersibility

#### 1. はじめに

工業研究所では、機能性表示食品の届出制度開始に合わせて、平成 27 年度より県内企業における機能性（表示）食品の開発を支援するために、「6 次機能強化を目指した食品・医薬品素材開発事業」として、既知の機能性成分を豊富に含む天然資源を使用した機能性食品素材の開発、比較的簡便な方法で扱い易い形態の素材を得る加工技術について検討している<sup>1,2)</sup>。

前報<sup>1,2)</sup>までに、飲む以外に食べることが注目されている緑茶茶葉について、ジェットミルにより微粉碎した後、造粒することにより、微粉末の凝集抑制および水への分散性向上を検討した。食品分野で汎用される攪拌造粒法<sup>3)</sup>を利用して、錠剤粉碎器を使用した造粒を行ったところ、粉末の凝集を抑制し、水への分散性を向上させることができたが、一部に固い粒子ができ、口に含んだとき

の食感に問題があった。

流動層造粒法も、粉体の溶解・分散性の向上などを目的に、食品粉末の加工において広く利用されており<sup>3)</sup>、茶粉末の造粒にも同様の目的で利用されている<sup>4-9)</sup>が、多くの場合において添加物が使用され、茶の風味に影響していると考えられる。また、数 10 μm 以下の微粉末は、粒子間の付着力により流動化が困難になるため<sup>10,11)</sup>、造粒が難しいという問題も存在する。

上記課題を解決するために、筆者らは添加物を使用せず、簡便に造粒する方法として、微粉碎した緑茶茶葉を恒温恒湿器内で加湿した後、ふるいやスクリーンミルを強制的に通過させて造粒する方法を検討した。その結果、粉末の凝集を抑制し、水への分散性を向上させ、無添加で固い粒子がほとんどない造粒物を得ることができた<sup>2)</sup>。しかし、1 回あたりの造粒量が 10~30 g と少量であったため、造粒物の性状は主観的な評価にとどまっていた。

\* 食と医薬品研究課

本年度は、緑茶茶葉微粉砕物を加湿後、造粒する方法のスケールアップを検討した。スケールアップにあたり、加湿時の粉末量が加湿時間と吸湿量に及ぼす影響を調査して加湿条件に反映した。造粒物は 500 g を試作し、外観観察、水への分散性評価および粉体物性を測定し、少量造粒時と同等の造粒物が得られることを確認した。また、2種類の茶葉について、造粒に必要な吸湿量を茶葉の種類に合わせて設定することにより、同等の粉体物性を持つ造粒物が得られることがわかったので、これらの結果について報告する。

## 2. 実験方法

### 2. 1 緑茶茶葉の微粉砕

原料として市販の緑茶茶葉（番茶および煎茶）を微粉砕して使用した。図 1 に使用した茶葉の写真を示す。なお、番茶は前報<sup>2)</sup>と同じ茶葉を使用した。

緑茶茶葉は、前報<sup>2)</sup>と同じ機器を使用して微粉砕した。予備粉砕は、錠剤粉砕器を使用し、1 回あたり約 15 g の茶葉（番茶、煎茶ともに）を最大回転数(10000 rpm)で 30 秒間粉砕した後、ハンマーマイルを使用して、スクリーン孔径 0.5 mm、回転数 12000 rpm の条件下で、茶葉 600 g を約 20 分間の速度で供給し粉砕した。ジェットミルによる微粉砕は、プッシャーノズル空気圧力、グライディングノズル空気圧力ともに 0.55～0.57 MPa の条件下で 2 回行った。なお、ジェットミルによる粉砕では、試料の供給に振動フィーダーを使用しており、試料供給速度は試料の流動性の影響を受けるため安定しにくい、なるべく前報<sup>2)</sup>と同じ供給速度になるよう調整した。供給速度は、番茶の 1 回目が 2.3～2.5 g/min、2 回目が 2.2～2.6 g/min、煎茶の 1 回目が 2.3～2.5 g/min、2 回目が 1.9～2.4 g/min となった。緑茶茶葉微粉砕物

は実体顕微鏡により粉砕状況を確認した。

### 2. 2 加湿時の粉末量と吸湿量の関係

緑茶茶葉微粉砕物を恒温恒湿器内で加湿するにあたり、茶葉の種類および粉体層の厚みが吸湿量や吸湿速度に影響することが考えられる。造粒物を試作するための予備試験として、加湿に使用するバット底面の単位面積あたり粉末量を 3 水準設定し、番茶と煎茶について加湿時間と吸湿量の関係を調べた。

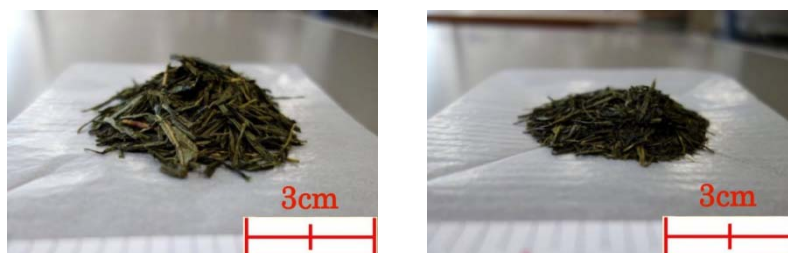
緑茶茶葉微粉砕物は、乾燥を均一にするため、目開き 1 mm のふるいを通過させた後、約 300 g をステンレス製バット（12 枚取り）に広げ、50 °C の乾燥器内で 16 時間乾燥してから使用した。キャビネ判サイズのステンレス製バット（底面 17.0 × 13.0 cm）を使用し、バット底面の単位面積あたりの粉末量を 0.15, 0.20 および 0.25 g/cm<sup>2</sup> の 3 水準（バット 1 枚あたりの粉末量 35, 45 および 55 g）に設定した。

3 水準ともキャビネ判サイズのバットを 2 枚ずつ用意し、40 °C、95 %RH の恒温恒湿器内で加湿し、30 分ごとに重量を測定して平均の重量増加量を吸湿量とした。

### 2. 3 緑茶造粒物の試作

緑茶茶葉微粉砕物 500 g を使用して緑茶造粒物を試作し、造粒法のスケールアップを図った。番茶は、前報<sup>2)</sup>の 2 水準の造粒物（吸湿量 11.3 %, 14.9 %）を参考とし、前節の測定結果より、吸湿量 11.5～12.5 %と 14～15 %を設定し、粉体物性の異なる造粒物を得ることを目標とした。煎茶は用意できた微粉砕物が少なかったことから、番茶における吸湿量 11.5～12.5 %と同等の物性を有する造粒物を得ることを目標に、11～12 %の 1 水準を設定した。

緑茶茶葉微粉砕物は、目開き 1 mm のふるいを通過させた後、2 枚の 12 枚取りステンレス製バツ



(a)番茶

(b)煎茶

図 1 使用した緑茶茶葉の写真 (10 g)

トに約 280 g ずつ広げ、50 °C の乾燥器内で 16 時間乾燥してから使用した。バット底面の単位面積あたりの粉末量 0.20 g/cm<sup>2</sup> を選択し、15 枚取りステンレス製バット（底面 25.1×18.7 cm）5 枚に約 100 g ずつ（粉末量 0.21 g/cm<sup>2</sup>）の微粉碎物を均一に広げ、40 °C、95 %RH の恒温恒湿器内で加湿し、30 分ごとに重量を測定した。5 枚のバットの平均の重量増加量が設定した吸湿量に達した時点で、整粒機（パウレック、コーミル QC-197S）を使用して、スクリーン孔径 1 mm、インペラ回転数 1200 rpm の条件で造粒した。なお、整粒機による造粒時間は、バット 1 枚に約 40 秒を要した。

造粒物は、15 枚取りステンレス製バット 3 枚に広げ、50 °C の乾燥器内で乾燥した。造粒当日に乾燥できなかつたため、一旦ポリ袋に回収し、翌日以降再び同様に乾燥を続け、1 時間ごとに重量を測定して、各バットの重量減が 0.5 g 以下となった時点乾燥終点とした。

乾燥した造粒物は、850 μm のふるいを通過させた後、粉体物性としてかさ密度（ゆるめ、かため）、安息角、ふるい分け方による粒度分布および水分量を測定した。また、前報<sup>2)</sup>の方法に従い、約 50 mL の湯に薬さじ半分程度の造粒物を入れてかき混ぜ、3 分後の状況を確認し、水への分散性を評価した。

### 3. 結果と考察

#### 3. 1 加湿時の粉末量と吸湿量の関係

番茶の加湿時間ごとの吸湿量の測定結果を図 2 に示す。図 2 より、バット底面の単位面積あたり

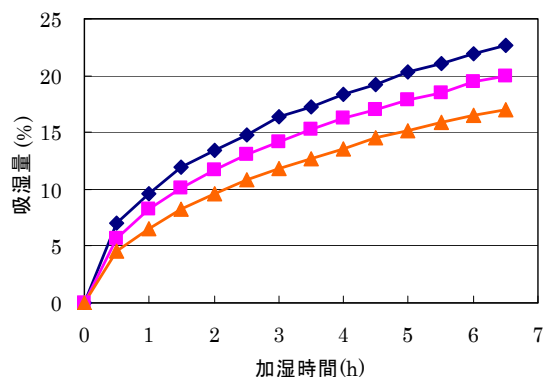


図 2 番茶の加湿時間と吸湿量の関係  
 ◆ : 0.15 g/cm<sup>2</sup>    ■ : 0.20 g/cm<sup>2</sup>  
 ▲ : 0.25 g/cm<sup>2</sup>  
 それぞれ 2 試料の平均値

の粉末量が少ないほど、同じ加湿時間における吸湿量が高いことがわかる。前報<sup>2)</sup>で試作した造粒物と同じくらいの吸湿量 11.5 % になる時間は、粉末量 0.15 g/cm<sup>2</sup> が約 1.5 時間、0.20 g/cm<sup>2</sup> が約 2.5 時間、0.25 g/cm<sup>2</sup> が約 3 時間であり、同じく吸湿量 15 % になる時間は、0.15 g/cm<sup>2</sup> が約 2 時間、0.20 g/cm<sup>2</sup> が約 3 時間、0.25 g/cm<sup>2</sup> が約 4.5～5 時間であった。バット底面の単位面積あたりの粉末量が 0.15 g/cm<sup>2</sup> から 0.25 g/cm<sup>2</sup> になることにより、同じ吸湿量でも加湿に要する時間が 2 倍に長くなっていることがわかる。

粉末量 0.15 g/cm<sup>2</sup> では、1 回に処理できる量あまり多くないほか、吸湿量 11～12 % 付近の吸湿速度が速くなるため吸湿量の制御が難しいと考えられた。一方、粉末量 0.25 g/cm<sup>2</sup> では、1 回に処理できる量は多くなり、吸湿速度が比較的遅いため吸湿量を制御しやすいと考えられるが、吸湿量 15 % となるまでの時間が長すぎると考えられた。これらの結果より、粉末量 0.20 g/cm<sup>2</sup> を、1 回あたり処理量、吸湿量の制御のしやすさ、加湿時間があまり長くないことから、加湿時の条件として選定した。

煎茶の加湿時間ごとの吸湿量の測定結果を図 3 に示す。番茶の場合と比較すると、煎茶は粉末量 0.15 g/cm<sup>2</sup> において吸湿量 11.5 % および 15 % に達する時間が短くなっているが、粉末量 0.20 g/cm<sup>2</sup> および 0.25 g/cm<sup>2</sup> では番茶とほぼ同等の時間であった。しかし、予備的に加湿試験後の微粉碎物を整粒機で造粒したところ、煎茶の方がやや固く締まった様子の造粒物であり、番茶より吸湿量を若干少なくする必要があったと考えられた。図

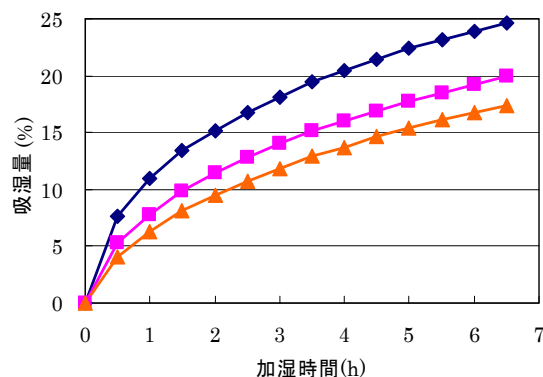


図 3 煎茶の加湿時間と吸湿量の関係  
 ◆ : 0.15 g/cm<sup>2</sup>    ■ : 0.20 g/cm<sup>2</sup>  
 ▲ : 0.25 g/cm<sup>2</sup>  
 それぞれ 2 試料の平均値

1よりわかるように、煎茶の方が葉の部分が多く、茎の部分が多くないことが、吸湿および造粒に影響したと考えられ、茶葉の種類や性質に合わせて加湿時間を決める必要があると考えられた。

以上の結果より、煎茶も、番茶と同様に、粉末量  $0.20 \text{ g/cm}^2$  を加湿時の条件として選定した。また、吸湿量は番茶より  $0.5 \sim 1 \%$  低く設定する必要があると判断した。

### 3. 2 緑茶造粒物の試作

番茶および煎茶の加湿時間ごとの吸湿量を図4に示す。また、乾燥後、 $850 \mu\text{m}$  のふるいを通過させた造粒物について、粉体物性等を測定した結果を表1に示す。なお、粒度分布は、吸湿量が多い方が  $50 \%$  粒子径が大きくなる傾向を示しているが、ふるい上で微粉末の一部が凝集してダマができたほか、ふるいの網線および網の裏への付着が激しく、正確な測定はできなかった。それぞれの造粒物の実体顕微鏡写真を図5に示す。

図4のように、バット底面の単位面積あたりの粉末量が前節の条件より少し多い ( $0.21 \text{ g/cm}^2$ ) ため、吸湿に要する時間が少し長くなっているが、番茶、煎茶の加湿時間と吸湿量の関係は前節の結果とほぼ同じであり、単位面積あたりの粉末量を設定することにより加湿時間と吸湿量の予測が可能となった。

表1のように、造粒物は造粒前の緑茶茶葉微粉砕物と同じ程度の水分量まで乾燥できているが、いずれの試料も乾燥に8時間を要した。前報<sup>2)</sup>のように試料が少ない場合は、緑茶茶葉微粉砕物が吸湿性であっても、バットなどの上に薄く広げることができたため、1時間程度で乾燥することが

できた。しかし、試料の量が多く、バットに広げても造粒物の層が厚く隙間が小さくなったため、長い乾燥時間を要したと考えられた。今回、乾燥方法まで検討することはできなかったが、造粒物の乾燥については、薄く広げる、温風を送るなど、緑茶茶葉の高温による変質を防ぎながら、乾燥効率が良く、造粒物を破壊や摩損しない方法を選択する必要があると考えられた。

また、表1の粉体物性の測定結果より、番茶(吸湿量  $12.4 \%$ ) と煎茶(吸湿量  $11.3 \%$ ) それぞれの造粒物のかさ密度(ゆるめ、かため)および安息角はほぼ同じ値であった。それぞれの造粒物の外観、ポリ袋の上からの感触も良く似ており、茶葉の種類に合わせて吸湿量を設定することにより、同等の粉体物性を持つ造粒物を得ることができた。

番茶の造粒物(吸湿量  $14.8 \%$ ,  $12.4 \%$ ) は、それぞれ前報<sup>2)</sup>で試作した造粒物とよく似た外観、質感(流動性の良い顆粒状とフワフワした粉末状)を示していた。表1の粉体物性の測定結果において、両者のゆるめかさ密度の差が  $0.05 \text{ g/cm}^3$  であり、安息角の差が約  $10^\circ$  と大きく、質感および流動性の違いを数値で示すことができた。図6に番茶造粒物の外観(安息角の違い)を示す。

水への分散性は、前報<sup>2)</sup>の方法により、約  $50 \text{ mL}$  の湯に造粒物を加えて評価したところ、いずれの造粒物も、少量造粒時と同様に、添加後直ちに水中に沈んでいき、攪拌後のビーカーの底には固い粒子がないことを確認した。

以上の結果より、緑茶茶葉微粉砕物を加湿する時の粉末量を適切に設定することにより、加湿時間と吸湿量を予測することが可能となり、スケールアップしても少量造粒時と同等の性状の造粒物を得られることがわかった。また、種類の異なる茶葉であっても、造粒に必要な吸湿量を調整することにより、粉体物性が同等の造粒物が得られる

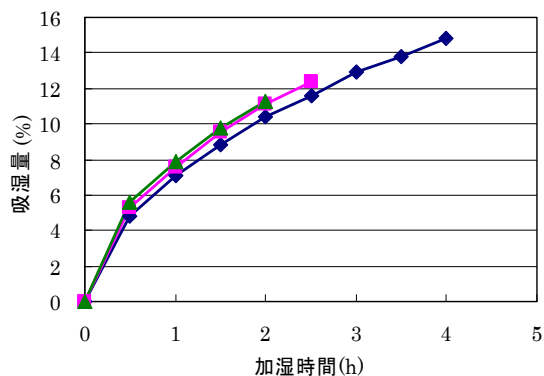
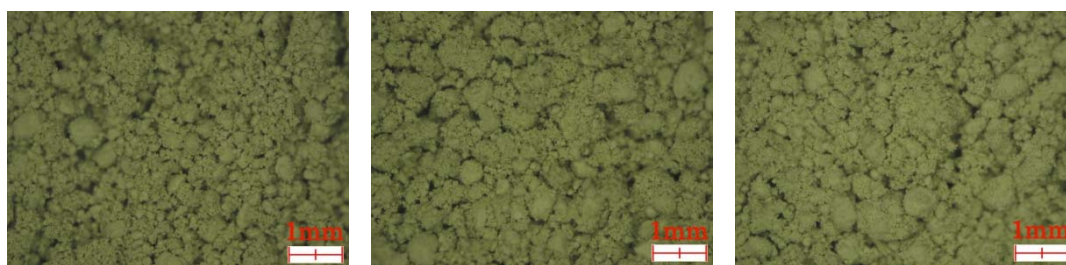


図4 番茶および煎茶の加湿時間と吸湿量の関係  
 ◆ : 番茶 14.8 %    ■ : 番茶 12.4 %  
 ▲ : 煎茶 11.3 %  
 それぞれ 5 試料の平均値 (粉末量  $0.21 \text{ g/cm}^2$ )

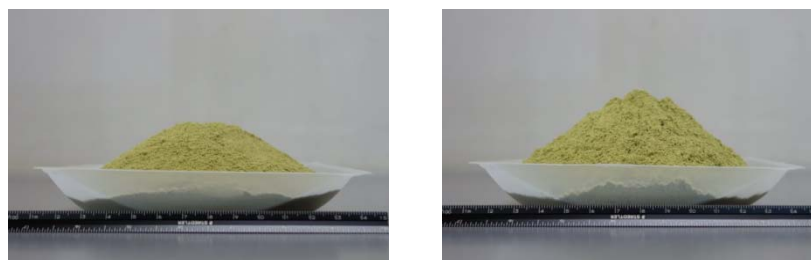
表1 緑茶造粒物の粉体物性等測定結果

	番茶	番茶	煎茶
吸湿量(%)	14.8	12.4	11.3
ゆるめかさ密度( $\text{g/cm}^3$ )	0.30	0.25	0.25
かためかさ密度( $\text{g/cm}^3$ )	0.38	0.35	0.36
安息角(degree)	42	52	51
50%粒子径( $\mu\text{m}$ )	240.5	220.2	236.9
造粒物水分量(%)	4.6	4.1	3.5
造粒前水分量(%)	4.5	4.4	3.9



(a)番茶 吸湿量 14.8 % (b)番茶 吸湿量 12.4 % (c)煎茶 吸湿量 11.3 %

図5 緑茶造粒物試作物の実体顕微鏡写真



(a)番茶 吸湿量 14.8 % (b)番茶 吸湿量 12.4 %

図6 緑茶造粒物試作物の外観 (100 g)

ことがわかった。

#### 4. まとめ

緑茶茶葉微粉碎物を恒温恒湿器内で加湿後、整粒機で造粒する方法について、スケールアップを検討した。その結果、加湿用容器底面の単位面積あたりの粉末量を設定することにより、加湿時間および吸湿量の予測が可能となった。また、吸湿量を同等にすることで、処理量を多くしても、少量を造粒した時と同等の性状の造粒物が得られることがわかった。一方、処理量が多くなったことで、造粒物の乾燥に長時間が必要となり、効率的な乾燥方法を考慮する必要があることがわかった。また、番茶と煎茶の2種類について、茶葉の種類に合わせて造粒に必要な吸湿量を設定することにより、同等の粉体物性を持つ造粒物が得られることもわかった。造粒物の性状は、前報<sup>2)</sup>では主観的な評価にとどまっていたが、造粒物の試作により、粉体物性およびその違いを数値で示すことができた。

以上の結果より、緑茶造粒物の製造におけるスケールアップ条件を明らかにすることができた。これにより、物性を制御した造粒物の製造が可能となり、緑茶の粉末素材としての利用拡大に貢献できると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 日比野剛ほか：“微粉碎と造粒による緑茶茶葉の粉末素材化”。三重県工業研究所研究報告，40，p49-53 (2016)
- 2) 日比野剛ほか：“微粉碎と造粒による緑茶茶葉の粉末素材化（第2報）”。三重県工業研究所研究報告，41，p84-91 (2017)
- 3) 吉田照男：“食品造粒技術ハンドブック”。シーエムシー出版，p1-9 (2016)
- 4) 岡林珠代ほか：“茶顆粒およびその製造方法”。特許第3034252号 (2000)
- 5) 服部辰雄：“粉末食品及びその製造方法”。特開2005-210972 (2005)
- 6) 中村国田郎：“粉末茶とその製造方法”。特開2006-296341 (2006)
- 7) 成島康仁ほか：“粉末細粒茶の製造方法”。特開2007-274992 (2007)
- 8) 菊地達也ほか：“茶葉顆粒及び茶葉顆粒の製造方法”。特開2010-68741 (2010)
- 9) 土橋武雄ほか：“向上した溶解性を有する粉碎茶の製造方法，および当該製造方法により製造された粉末茶”。特開2014-97023 (2014)
- 10) 吉田照男：“食品造粒技術ハンドブック”。シーエムシー出版，p40-54 (2016)
- 11) 日本粉体工業技術協会編：“造粒ハンドブック”。オーム社，p97-100 (1991)

(本研究は、法人県民税の超過課税を財源として  
おります.)