



あたらしい 農業技術

No.705

ドリンク原料茶の
効率的な製茶技術

令和6年度

要 旨

1 技術、情報の内容及び特徴

- (1) 蒸熱工程に「過熱水蒸気」を用いることで、荒茶の硬葉臭の低減や、色沢の向上が期待できます。また、乾燥効率が向上し、燃料の節減も期待できます。
- (2) 金属ローラーで生葉や蒸し葉をつぶしながら圧縮する「ローラー圧縮処理機」（仮称、軽クラッシュ処理機、特注品）を利用することにより、荒茶の粒度が細くなり、色沢や色相角度の向上も期待できます。また、水分を多く含む茎がつぶされる等により、粗揉工程において乾燥効率が向上します。
- (3) 蒸熱後にロータベインと同構造の円筒（バレル）、回転羽根（ベイン）、レジスターで構成される「クラッシュ処理機」（仮称、特注品）を利用して茶葉を揉み砕くことにより、乾燥効率が向上し、製茶時間が短縮します。
- (4) 過熱水蒸気、ローラー圧縮処理機、クラッシュ処理機を慣行の製茶ラインに導入することにより、慣行製茶と同程度の荒茶が製造でき、製茶時間の短縮による燃料費の節減も期待できます。

2 技術、情報の適用効果

ドリンク原料茶の効率的な製茶技術を活用することにより、製茶時間の短縮や燃料費の節減による経営的な効果が期待できます。

3 適用範囲

ドリンク原料茶の生産者、流通販売業者等

4 普及上の留意点

製茶機械の導入については、一部特注品となるため、機械メーカーへの相談が必要です。また、ドリンク原料茶の生産については、生産者と流通販売業者等がしっかりと連携して荒茶の品質を双方で確認するとともに、長期的な経営を見据えた取り組みが必要です。

目 次

はじめに	1
1 過熱水蒸気を用いた蒸熱の効果	2
(1) 乾燥効果	2
(2) 硬葉臭の低減効果	2
(3) 色沢の向上効果	3
(4) 燃料の節減効果	4
2 ローラー圧縮処理（軽クラッシュ処理）の効果	5
(1) ローラー圧縮処理機の概要	5
(2) 処理した蒸し葉の観察	6
(3) 荒茶の品質に及ぼす効果	7
3 クラッシュ処理の効果	9
(1) クラッシュ処理機の概要	9
(2) 荒茶の品質に及ぼす影響	9
4 ドリンク原料茶の効率的な製茶技術	10
(1) 製茶時間の短縮効果	11
(2) 燃料の節減効果	11
(3) 荒茶の品質	11
おわりに	12
参考文献	12

はじめに

近年、ドリンク茶の需要が高く推移しており、令和5年度には一世帯当たりの年間茶支出金額に占める茶飲料（ドリンク茶）の割合は59%となっており（リーフ茶41%）、国内における茶の飲用形態が大きく変化しています。

こうした需要の変化に対応するため、県では流通販売業者と連携したドリンク原料生産への転換を推進していますが、比較的安価に取引されているドリンク原料茶の生産にあたっては、効率的に生産する必要があることから、従来の製茶方法よりも加工時間や燃料費が削減できる製茶技術の確立が求められています。

このため、農林技術研究所茶業研究センターでは、ドリンク原料茶の生産に対応した製茶技術として、飽和水蒸気(100℃)よりも熱量が大きい「過熱水蒸気を用いた蒸熱処理」や、茶葉をローラー圧縮する「ローラー圧縮処理」（仮称、軽クラッシュ処理）、茶葉を強い力で揉み砕く「クラッシュ処理（仮称）」を複合的に利用して製造した荒茶の性状や製茶時間に及ぼす影響等を調査したので、本稿ではその内容を説明します。

1 過熱水蒸気を用いた蒸熱の効果

過熱水蒸気とは、沸点以上の温度に加熱された水蒸気のことです。図1は、水の温度による保有熱量を示したものであり、飽和水蒸気に対して、顕熱の増加分だけ凝縮伝熱量が大きいのが特徴です。そのほか、過熱水蒸気の特徴として、凝縮伝熱の他に対流と放射伝熱による伝熱特性を持っており、これにより、凝縮と乾燥が同時に進行することが飽和水蒸気と大きく異なる点といえます。

近年、生産現場では過熱水蒸気の導入が進んでいますが、まだその効果については不明な点が多いため、今回、過熱水蒸気による乾燥効率の向上効果や硬葉臭の低減効果について調査を行いました。

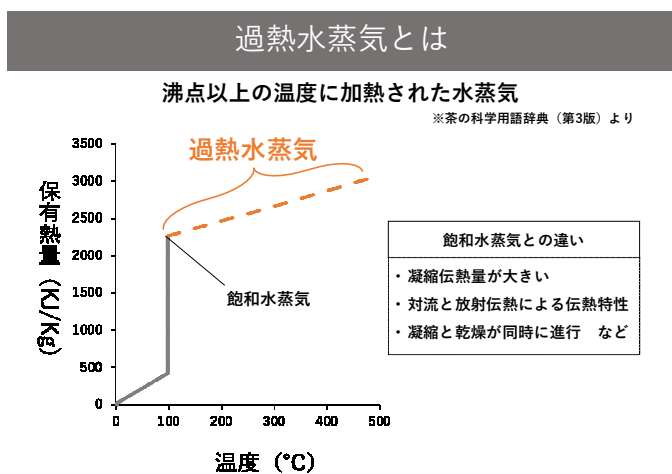


図1 過熱水蒸気と飽和水蒸気の違い

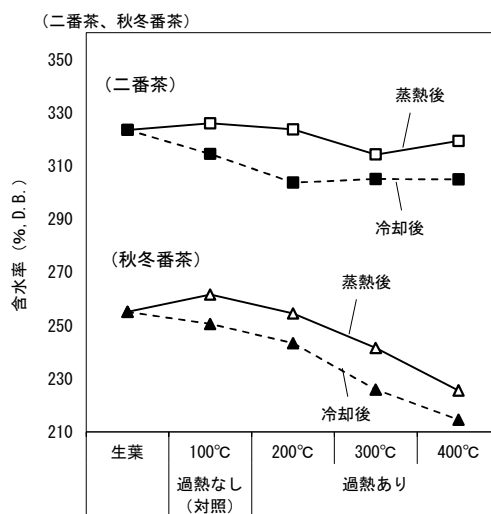


図2 蒸熱後及び冷却後の蒸葉含水率 (2020)

- 1) 生葉は摘採直後のデータ
- 2) 冷却後は蒸機から出た後の冷却機通過後を示す

(1) 乾燥効果

過熱水蒸気による乾燥効果を確認するため、網胴回転式蒸機に過熱水蒸気を利用した場合の、蒸葉含水率の基礎的データを収集しました。

二番茶、秋冬番茶において調査したところ、蒸葉の含水率は過熱水蒸気処理で低下し、冷却後も同様の傾向でした(図2)。一方、飽和水蒸気の対照区(過熱なし)は、摘採直後の生葉に比べて含水率が増加しました。このことから、過熱水蒸気を用いることで蒸熱工程において茶葉の含水率が低下し、次工程における初期乾燥を早める効果が示唆されました。

(2) 硬葉臭の低減効果

新芽の硬化が進むと、その茶葉から製造される荒茶には、商品価値を落とす要因となる特有の香気(硬葉臭)が強くなるため、荒茶製造工程における硬葉臭の低減が望まれます。そこで過熱水蒸気を用いた蒸熱処理を行い、硬葉臭の低減効果について調査しました。

過熱水蒸気を用いて製造した荒茶の硬葉臭の評価については、一対比較法により評価を行いました。荒茶の製造については蒸熱方法が異なるほかは標準製茶法で製造しました。また、比較対象とした荒茶については、通常の飽和水蒸気で蒸熱し、普通煎茶の適期に摘採・製造した荒茶(硬

葉臭なしのサンプル) を評価試料に含めました。硬葉臭の強さについては、シェッフエの一対比較法(中屋の変法)を用いて、当センターの研究員5人で評価しました。

その結果、対照区の100℃が最も硬葉臭が強い評価となり、対照区と過熱水蒸気区及び適期摘採区(硬葉臭なしのサンプル)間で有意差が認められました(図3)。このことから、過熱水蒸気200℃以上の蒸熱処理により、硬葉臭が改善される効果が示唆されました。

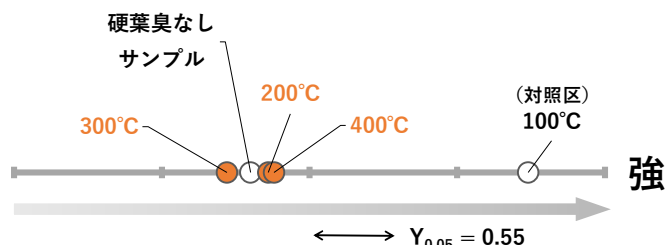


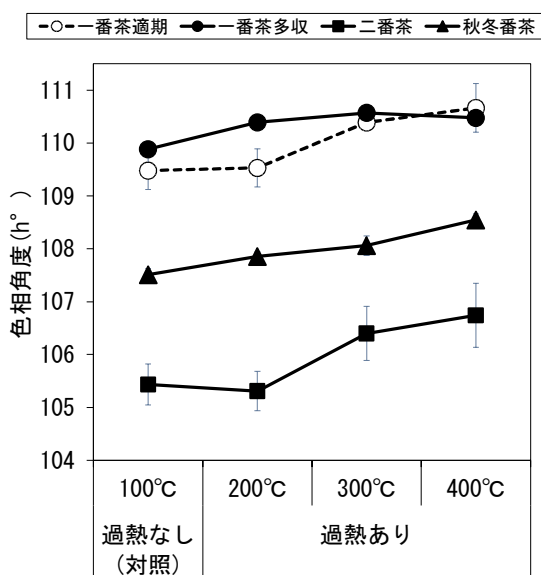
図3 一対比較法による硬葉臭の評価尺度(2020, 一番茶)

※ $Y_{0.05}$: スチューデント化された q 値から求めた、隣り合う尺度間の距離の信頼区間であり、この幅以上に離れているサンプル同士は有意差あり(5%水準)

(3) 色沢の向上効果

過熱水蒸気を用いて製造した荒茶の色沢を調査しました。荒茶は一番茶(適期及び晩期; 多収)、二番茶、秋冬番で製造したものをを用いて評価しました。

その結果、荒茶の色相角度は、全ての摘採時期において、過熱水蒸気区が高くなる(緑色が強くなる)傾向でした(図4)。



荒茶測色値のPCA分析に基づく主成分スコアプロット

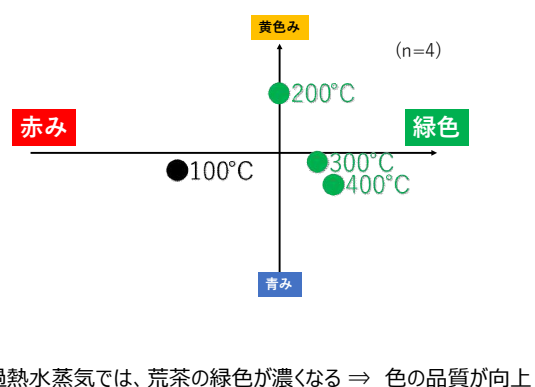


図4 荒茶の色相角度及び測色値のPCA分析による主成分プロット(2020)

(4) 燃料の節減効果

過熱水蒸気の特徴から、蒸気量の削減が可能と考えられるため、燃料費の抑制も可能と推察されます。そこで、蒸気量を削減した場合の過熱水蒸気の殺青能力について調査を行い、蒸気量の削減効果を検討しました。

その結果、蒸熱直後の茶葉温度は、蒸気量が多い(0.41 kg)場合は差が見られませんが、蒸気量が少ない場合は5~7℃の差が見られ、過熱水蒸気区の方が蒸熱後の茶葉温度が高くなる傾向が見られました(図5)。また、蒸気温度及び蒸気量の違いによる、荒茶の色相角度を調査した結果、飽和水蒸気区は低蒸気量で顕著に色相角度が小さくなり、外観や浸出液の赤みが強く、殺青不足が見られました。一方、過熱水蒸気区は色相角度の変化が小さい傾向であり、殺青不足による品質の低下が生じにくいと推察されました(図6)。

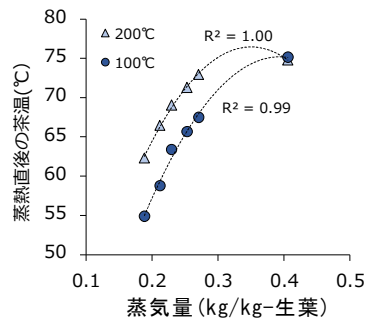


図5 蒸気の温度・量の違いによる蒸葉温度の変化(2021, 二番茶)

- 1) 熱電対を2箇所設置した断熱容器(発泡スチロール)内に、蒸葉を入れ温度を測定
- 2) 図の値は、最高到達温度の平均値を示す

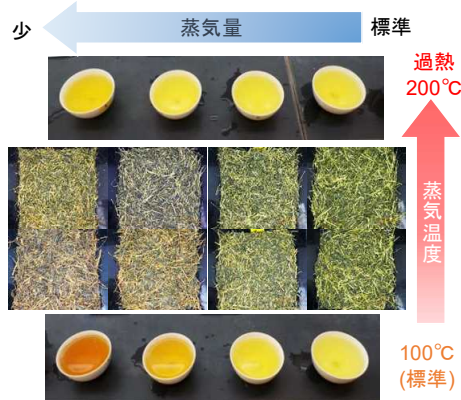
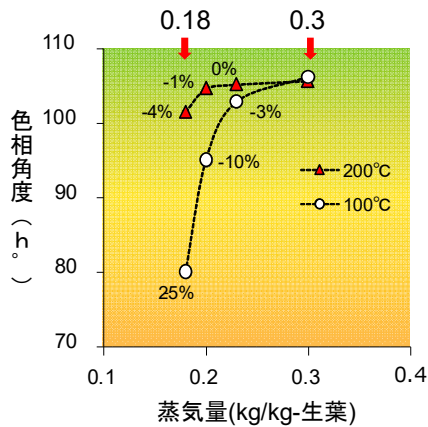


図 荒茶の色相角度の蒸気量による変化(一番茶)

- 1) 色相角度測定には粉碎した荒茶を使用
- 2) 割合は各温度における0.3kg/kgの蒸気量に対する低下率

図 荒茶の外観と浸出液の水色(一番茶)

図6 蒸気の温度・量が殺青効果や荒茶品質に及ぼす影響(2021, 一番茶)

これらのことから、過熱水蒸気は殺青能力が高く、少ない蒸気量でも荒茶の品質低下が抑えられると考えられました。加えて、蒸葉温度も高くなることから、飽和水蒸気よりも茶葉への伝熱量が多いと推察され、飽和水蒸気よりも蒸気量が削減できると考えられました。

さらに、蒸熱時の燃料費を試算した結果、過熱水蒸気は飽和水蒸気比べて蒸気量が約 20% 削減でき、燃料費の低減効果が期待できると考えられました(図 7)。

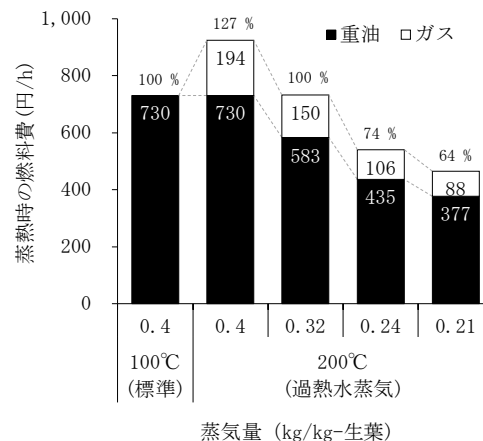


図 7 過熱水蒸気の蒸気量削減による燃料費の低減効果

- 1) 蒸気量(kg/kg) : 生葉 1 kg 当たりの蒸気量を示す (生葉流量(kg/h) × 蒸気流量(kg/h))
- 2) ここでは生葉流量を 250kg/h を想定

2 ローラー圧縮処理 (軽クラッシュ処理) の効果

ドリンク原料茶の下揉み工程を効率化するため、既存の打圧処理機以上に生葉や蒸し葉に力を加えられる金属製のローラー圧縮処理機 (通称、軽クラッシュ処理機) を製茶機械メーカーのカワサキ機工株式会社と共同で試作し、この処理機の効果を調査しました。

(1) ローラー圧縮処理機の概要

ローラー圧縮処理機は、蒸し葉搬送コンベア上に金属製の直径 22 cm の回転ローラーを配置し (幅約 37 cm)、ベルトコンベア上の茶葉を金属ローラーで挟みこんで圧縮する装置です (写真 1)。

金属ローラーには枠が取り付けられており、重りを載せる荷重部となっています。荷重部には約 9.5kg の重りを最大 2 個載せることができ、更にもその位置をスライドさせることにより荷重を 67kg から 145kg まで変化させることが可能です。

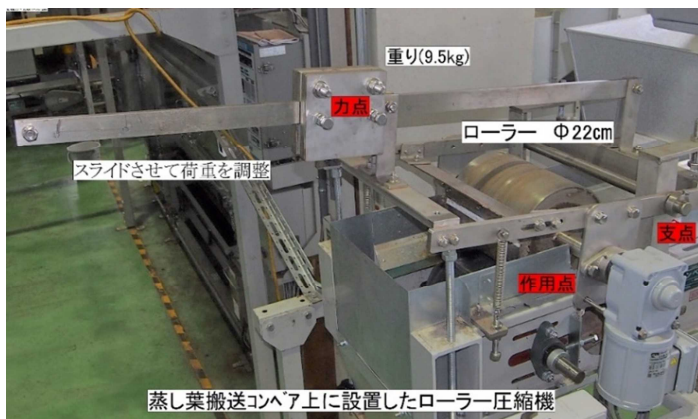


写真 1 試作したローラー圧縮処理



写真 2 圧縮処理中の様子

(2) 処理した蒸し葉の観察

蒸し葉搬送コンベア上に流れる蒸し葉の量は、常に一定量が薄く広がっている状態が理想的ですが、実際にはバラツキがあるため、固まりで圧縮された部分と少量で薄く圧縮された部分が混在し、処理ムラが発生します。今回は、比較的少量で圧縮した蒸し葉について、その特徴を観察しました。

圧縮直後の蒸し葉は、写真3のようにコンベア表面にある凸凹模様が蒸し葉の表面に写りました。また、葉の中央脈等の太い葉脈が写真4のようにつぶれている状態になり、茎については、比較的太い茎が写真5のようにつぶれたり、割れたりしていました。この状態は、製茶後の荒茶になっても写真6のように、ひび割れた状態が確認できました。

なお、処理した茶葉の横断面を顕微鏡で観察した結果、葉の表皮内側の柵状組織や葉肉細胞が破砕されている状況が確認できました(画像略)。



写真3 圧縮直後の蒸し葉



写真4 中央脈のつぶれ



写真5 茎の割れ(蒸し葉)



写真6 茎の割れ(荒茶)

(3) 荒茶の品質に及ぼす効果

ローラー圧縮処理機のローラーに掛かる重量を変化させ、荒茶の品質等への影響を調査しました(表1)。

その結果、荒茶のかさ密度は、荷重の増加で大きくなる傾向が見られ(図8)、荒茶の粒度は、荷重の増加で細くなる傾向でした(図9)。また、荒茶の測色値は、荷重の増加によって色沢、色相角度が高まる傾向でした(図10)。

表1 試験構成

試験区	処 理 (製茶は35K型製茶機)
対 照	蒸熱→粗揉→揉捻→中揉→精揉→乾燥
1 区	蒸熱→ローラー圧縮(88kg)→粗揉→揉捻→中揉→精揉→乾燥
2 区	蒸熱→ローラー圧縮(124kg)→粗揉→揉捻→中揉→精揉→乾燥
3 区	蒸熱→ローラー圧縮(145kg)→粗揉→揉捻→中揉→精揉→乾燥

※粗揉条件：茶温制御(35℃)

※ローラー圧縮：コンベア速度 30 Hz、ローラー回転数 30 Hz、ローラー荷重 88~145kg

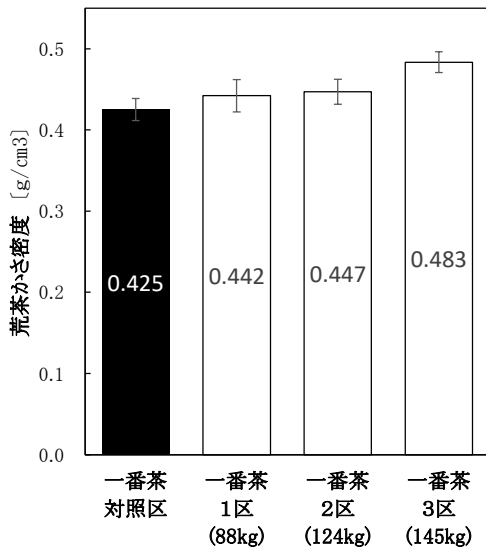


図8 荒茶のかさ密度

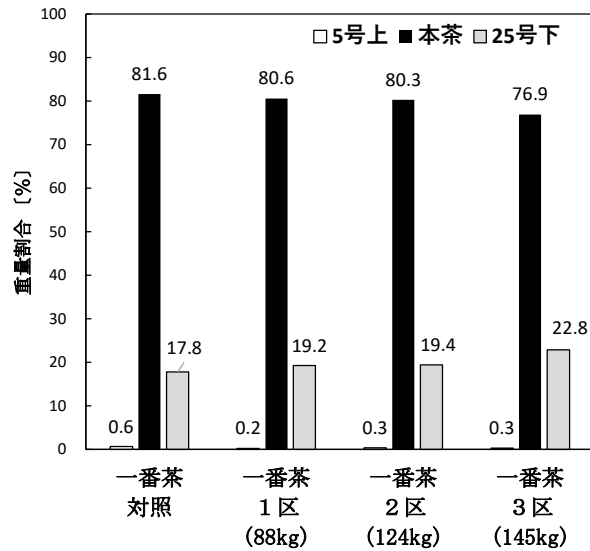


図9 荒茶の粒度分布

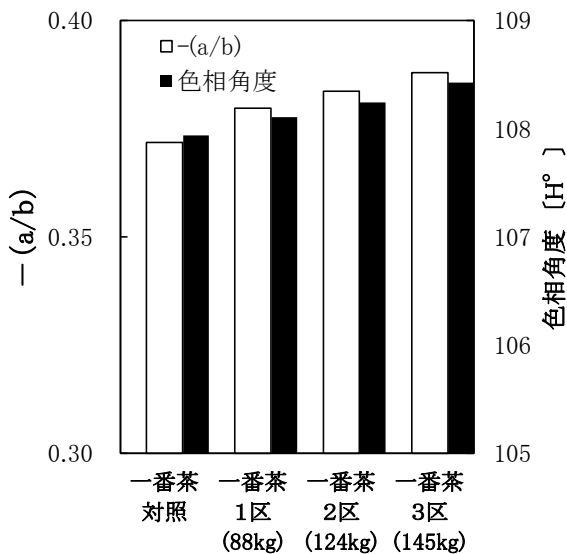


図10 荒茶の測色

粗揉工程における茶葉含水率の推移 (図 11) から読み取った (最少目盛の 10 分の 1 を目分量で読取り) 含水率 100% D.B (粗揉の標準的取出含水率) に達した粗揉時間は、対照区が 44.5 分、1 区 38.3 分、2 区 36.5 分、3 区 35.0 分であり、全てのローラー圧縮区で粗揉時間が短縮しました。

粗揉葉の葉と茎の含水率の調査結果から、ローラー圧縮区の茎の含水率は顕著に低くなっていました。葉と茎の水分差は、対照区は 47.7%、ローラー圧縮区 20.7~36.7% であり、いずれの区も対照区を下回り、水分差が縮小していました (図 12)。これらのことから、ローラー圧縮処理により、茎の乾燥効率が向上すると考えられました。

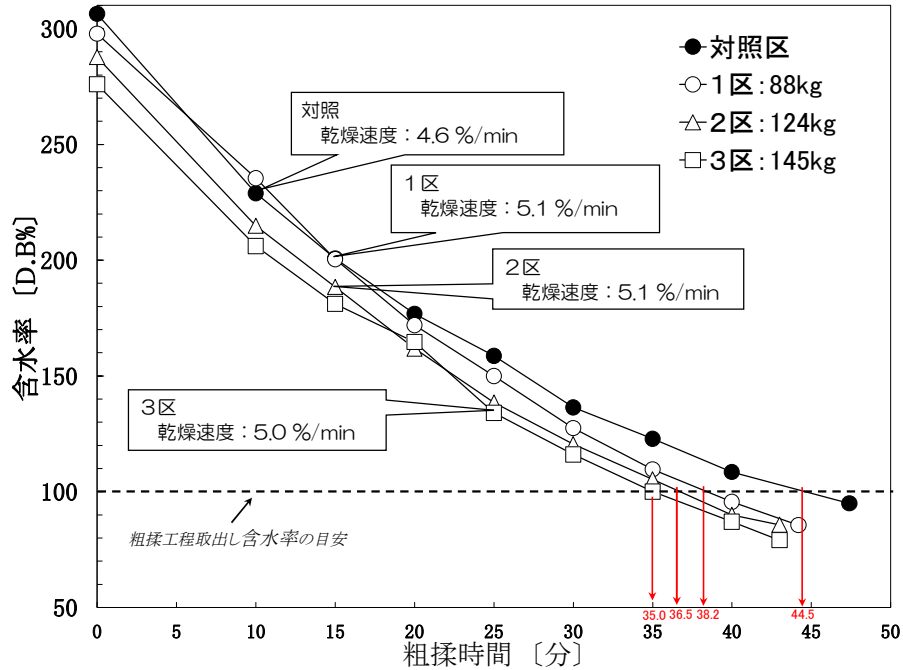


図 11 粗揉工程における茶葉含水率の推移

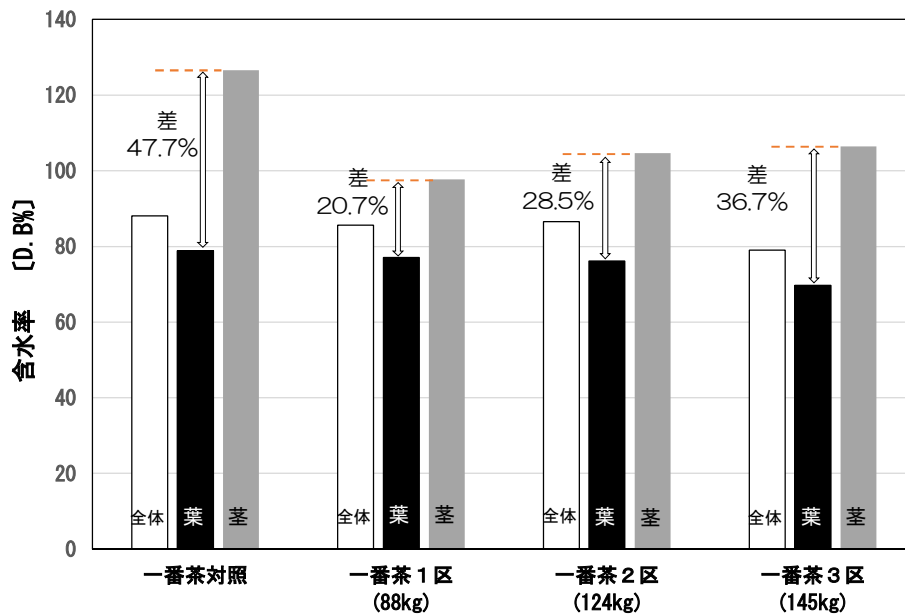


図 12 粗揉葉の葉・茎別の含水率

熟練審査員による荒茶の官能評価では、ローラー圧縮区(1～3区)は、荒茶の形状、香気、水色、滋味が優れる傾向でした(表2)。

表2 荒茶の官能検査結果

茶期/品種	試験区	形状	色沢	香気	水色	滋味	合計	概評
	対 照	13	17	16	12	13	71	ケバ多し、やや茎臭、やや青臭、にごり、沈さ多し、(水)青黒み、苦渋味
一番茶 「やぶきた」	1 区	14	17	17	15	15	78	破碎、ケバこなれ、にごり、沈さ多し、やや苦渋味
	2 区	14	17	18	13	16	78	破碎、ケバこなれ、新鮮香、にごり、沈さ多し、(水)青黒み、やや苦渋味
	3 区	14	17	17	13	17	78	破碎、ケバこなれ、にごり、沈さ多し、(水)青み、やや苦渋味

※各20点満点

3 クラッシュ処理の効果

(1) クラッシュ処理機の概要

クラッシュ処理機は、円筒(バレル)の中で回転する羽根(ペイン)とレジスターで構成される装置であり、茶葉は、羽根とレジスターに挟まれ、連続的に揉み込まれます。ドリンク原料向けの茶の製造において、加工時間や燃料費を低減させるとともに、抽出性を高めるため、慣行製茶ラインと組み合わせて使用します(図13)。

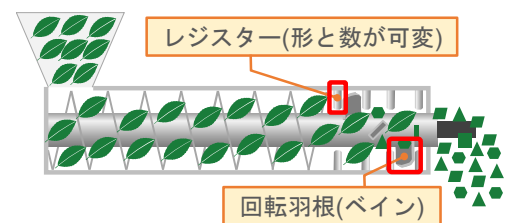


図13 クラッシュ処理機の構造

(2) 荒茶の品質に及ぼす影響

クラッシュ処理の効果を確認するため、二番茶及び秋冬番茶において、蒸熱後にクラッシュ処理機を組み込んで製造した荒茶の物性と製茶時間を調査しました(表3)。

その結果、クラッシュ処理により茶葉の容積が減少し、粗揉工程への投入量が二番茶で30～40%、秋冬番茶で10～20%増加しました(表3)。また、クラッシュ処理した場合は、粗揉工程における生葉の投入量が多いにも関わらず、含水率は慣行に比べて低く推移する傾向が見られ、茶葉が乾燥しやすくなることが示唆されました(図14、秋冬番茶データ略)。

表3 試験構成及び粗揉工程における茶葉の投入量

処理	投入量(kg)		工程
	二番茶	秋冬番茶	
慣行区	30	18	葉打ち→粗揉→揉捻→中揉→精揉→乾燥
クラッシュ	42	20	クラッシュ処理→葉打ち→粗揉→揉捻→中揉→乾燥

製造条件(二番茶)

蒸熱：生葉流量150kg/h、蒸気量80kg/h、胴回転40rpm、軸回転380rpm、胴傾斜2° 約46秒蒸し

Crush処理機：回転数50rpm、胴傾斜10°、レジスター8列、羽根7列

製造条件(秋冬番茶) 生葉カッター処理あり

蒸熱：生葉流量80kg/h、蒸気量95kg/h、胴回転45rpm、軸回転280rpm、胴傾斜0.5° 70～80秒蒸し

Crush処理機：回転数50rpm、胴傾斜10°、レジスター5列、羽根3列

その他は普通製茶法に準じて調整

加えて、クラッシュ処理を導入することにより、粒度の小さい荒茶の割合が増えました（図15）。また、官能評価を行ったところ、二番茶では水色の赤みが強く、劣る傾向が見られましたが、色沢や香気、滋味は、慣行に比べて優れていました（表4）。

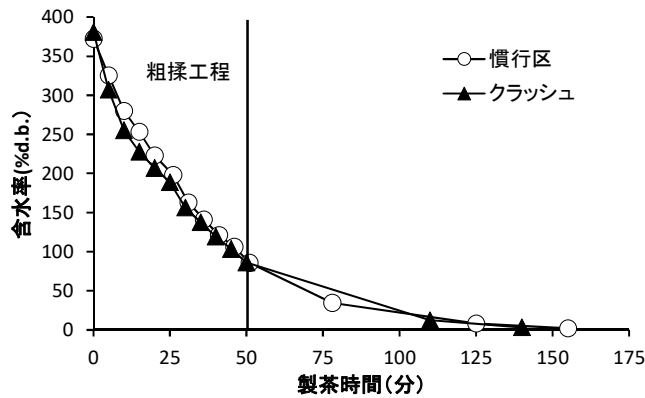


図14 粗揉工程茶葉の含水率(二番茶)

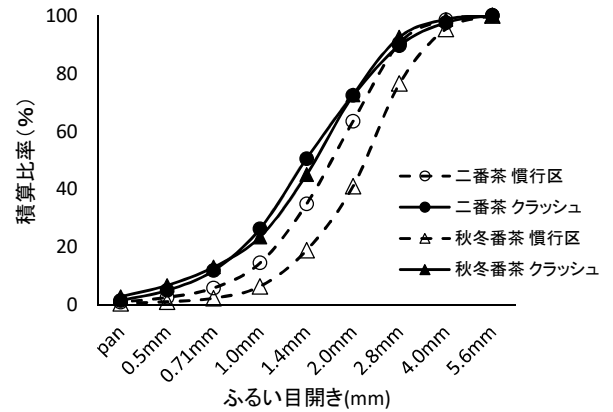


図15 荒茶の粒度分布

表4 荒茶の官能評価

	色 沢	香 気	水 色	滋 味	内質 合計	概評
二番茶 慣行	10	7	11	7	25	笹色、白ずれ、硬葉臭、(水)やや赤み、硬葉味、苦渋味
二番茶 クラッシュ	12	8	6	8	22	やや硬葉臭、(水)赤み強い、硬葉味
秋冬番茶 慣行	7	3	15	3	21	雑ばく、茎臭、番臭、(水)うすし、硬葉味、茎味
秋冬番茶 クラッシュ	10	6	13	5	24	やや番臭、沈査多し、(水)やや黒み

*普通審査法に準じて熟練審査員による各20点満点の絶対評価

4 ドリンク原料茶の効率的な製茶技術

これまで、蒸熱への過熱水蒸気の利用やローラー圧縮処理及びクラッシュ処理による個々の技術の特徴について述べました。ここからは、これらの技術を既存の煎茶製造ラインに組み込んだドリンク原料茶の効率的な製茶技術（以後、「クラッシュ複合処理」と言う。）について、製茶時間の短縮効果や燃料の節減効果、荒茶の品質維持効果等について説明します。なお、過熱水蒸気の処理温度は300℃とし、ドリンク原料茶を念頭に形状に拘らない荒茶を前提として製造試験を行いましたので、精揉は行わず、中揉で精揉出しと同程度の乾燥となるよう調節しました（表5）。

表5 試験構成

	蒸熱	ローラー圧縮	クラッシュ	慣行製茶
クラッシュ複合	300℃(過熱水蒸気)	○	○	中揉仕上
慣行製茶	100℃(飽和水蒸気)	-	-	○

製茶条件

蒸熱：生葉流量180kg/h、約46秒蒸し

ローラー圧縮処理：ローラー荷重145kg、

クラッシュ処理：回転数50rpm、胴傾斜10°、レジスター4列、羽根3列

(1) 製茶時間の短縮効果

製茶時間は、慣行製茶区の165分に対して、クラッシュ複合区は135分で完了し、製茶時間が約20%短縮しました。これは、粗揉時間の短縮と、精揉を行わない中揉仕上げによる時間短縮によるものです(表6)。

(2) 燃料の節減効果

製茶に必要な燃料費は、クラッシュ複合区は過熱水蒸気に用いるガス代が増加したものの、重油との合計では慣行製茶区と比較して約10%低減しました(図16)。

(3) 荒茶の品質

荒茶の粒度分布は、慣行製茶区とクラッシュ複合区は同等であり、平均粒度、かさ密度、彩度、色相角度にも差は見られませんでした(表6)。

表6 クラッシュ複合処理による製茶時間の短縮効果等

	工程数	製茶時間 (分) ¹⁾	同左 慣行比 (%)	製茶 歩留 (%)	かさ 密度 (kg/m ³)	平均 粒度 (mm) ³⁾	彩度 (C*) ⁴⁾	色相 角度 (h) ⁴⁾
クラッシュ複合	7	135	81.8	22.6	188	1.43	21.7	113.1
慣行製茶	6	165	100	19.9	187	1.28	23.0	113.2
t検定 ²⁾	-	***	-	-	ns	ns	ns	ns

1) 工程数と製茶時間は、共通の「乾燥」を除いた

2) t検定の結果は、ns；有意差なし、*、**、***；それぞれ5%、1%、0.1%水準で有意差あり

3) 粒度の出現頻度の累積が50%となる点

4) 荒茶を粉碎後、分光測色計(ミノルタ、CR-410)で測定

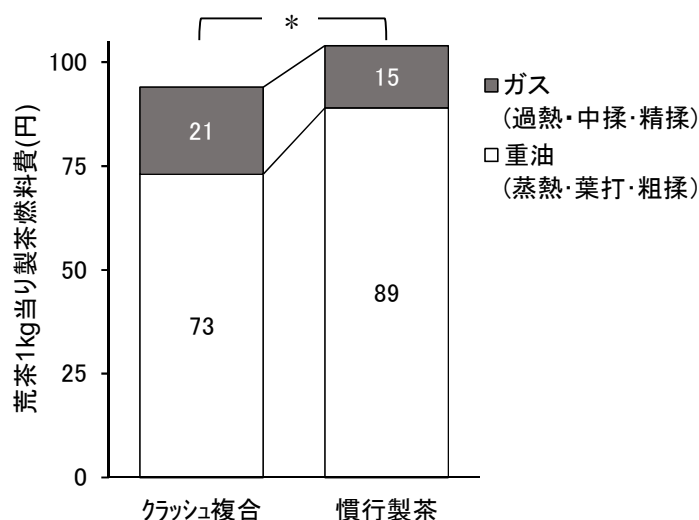


図16 クラッシュ複合処理と慣行製茶の燃料費の比較

製茶燃料代：共通の乾燥を除き、各製茶機械の実使用時間における燃料消費量を実測し、2022年7月の当センター契約単価(重油96.8円/L、ガス330円/m³)により燃料代を算出した。

[ガス使用機器] 過熱水蒸気、中揉、精揉

[重油使用機器] 蒸気ボイラー、葉打、粗揉

*: t検定の結果、5%水準で有意差あり

おわりに

本稿に関する研究は新成長戦略研究「荒茶販売額を倍増する「静岡型ドリンク向け茶生産システム」の開発（R2～4）」で実施したものです。

なお、ローラー圧縮処理機やクラッシュ処理機の開発及び性能調査については、カワサキ機工株式会社並びに生産者の方々に多大なる御協力をいただきました。ここに記して謝意を申し上げます。また、本研究の推進に当たり、有意義な御助言等をいただきました静岡県試験研究機関外部評価委員会の方々に深謝いたします。

参考文献

- 1) 静岡県経済産業部，2015年，茶生産指導指針
- 2) 静岡県経済産業部お茶振興課，2024年，静岡県茶業の現状
- 3) 渥美和彦ら，2021，「緑茶飲料向け Crush 処理機の開発と処理条件の検討」，茶業研究報告，第 132 号(別冊)，53 頁
- 4) 小林利彰ら，2021，「蒸し葉のローラーによる圧縮処理が荒茶品質に及ぼす影響」，茶業研究報告，第 132 号(別冊)，51 頁
- 5) 藤井拓ら，2021，「過熱水蒸気による茶の蒸熱特性及び硬葉臭改善に関する評価」，茶業研究報告，第 132 号(別冊)，46 頁
- 6) 大場聖司ら，2022，「緑茶飲料向け Crush 処理機の開発と処理条件の検討（第 2 報）」，茶業研究報告，第 134 号(別冊)，4 頁
- 7) 小林利彰ら，2022，「蒸し葉のローラーによる圧縮処理が荒茶品質に及ぼす影響（第 2 報）」，茶業研究報告，第 134 号(別冊)，5 頁
- 8) 藤井拓ら，2022，「過熱水蒸気と蒸し葉ローラー圧縮などの打圧併用処理による製茶乾燥効率向上効果」，茶業研究報告，第 134 号(別冊)，6 頁
- 9) 藤井拓ら，2023，「過熱水蒸気を用いた蒸熱処理による硬葉臭の変動」，茶業研究報告，第 136 号(別冊)，46 頁
- 10) 小林利彰ら，2024，「蒸し葉のローラーによる圧縮処理が荒茶品質に及ぼす影響（第 3 報）」，茶業研究報告，第 138 号(別冊)，30 頁

農林技術研究所茶業研究センター 新商品開発科
科 長 勝野 剛
主 任 小林利彰
主任研究員 藤井 拓
(現お茶振興課)