

# 振動を利用した茶生葉萎凋機の開発

橋木 謙仁朗<sup>a)</sup>・盆子原 康博<sup>b)</sup>・片木 優乃<sup>c)</sup>・高嶋 和彦<sup>d)</sup>・濱畑 貴之<sup>e)</sup>

## Development of withering machine for fresh tea leaves manufacturing using vibration

Kenjiro HASHIKI, Yasuhiro BONKOBARA, Yuno KATAGI,  
Kazuhiko TAKASHIMA, Takayuki HAMAHATA

### Abstract

Miyazaki agricultural experiment station has succeeded in producing a unique oolong tea by using fresh tea leaves of green tea varieties. In the manufacturing process of oolong tea, indoor withering is the most important to bringing out a distinctive color and aroma of tea. The purpose of this study is to develop a withering machine for fresh tea leaves manufacturing using vibration. First, the small-size prototype has been developed to verify the effect of vibration on tea leaves, and it was proven that the excitation force is available for withering the leaves moderately. And then the large-size prototype has been developed for the practical use of the withering machine. The results of a verification experiment confirmed that the prototype developed can vibrate about 10 kilograms of tea leaves at the same time. In addition, the conditions for uniform vibrating the tea leaves were experimentally examined.

**Keywords:** Vibration, Mechanism, Vibration utilization machine, Withering machine, Fresh tea leaves

### 1. はじめに

お茶は、コーヒーやココアなどとともに世界中でもっとも多く飲まれている嗜好飲料である。お茶の種類には、緑茶、烏龍茶、紅茶などがあるが、これらは非発酵茶、半発酵茶、発酵茶の三種類に分類される。茶生葉には、それぞれのお茶に適した品種があるが、製造工程についても異なっている。発酵とは、お茶の製造過程で生葉の中でタンニン類が生葉中の酸化酵素を介して酸化反応することである。発酵によって生葉は緑色から褐色に変化し、同時に甘みや香りの変化を伴う。烏龍茶は、発酵をしない緑茶と完全に発酵を行う紅茶の中間に位置し、室内萎凋という工程において発酵が促進される。室内萎凋は、烏龍茶の香りや味を決定する最も重要な工程である。

現在、宮崎県総合農業試験場では緑茶用品種を用いた烏龍茶の製造を試みている<sup>1)</sup>。その一検討として、本研究では振動を利用して茶生葉の萎凋を行うための萎凋機の開発を目指して、試作機の開発を行っている。本報では、検証実験結果に基づいて、開発した振動萎凋機の有効性と効果的な生葉の加振方法について検証する。

a)工学専攻機械・情報系コース大学院生

b)工学科機械知能工学プログラム准教授

c)機械設計システム工学科学部生

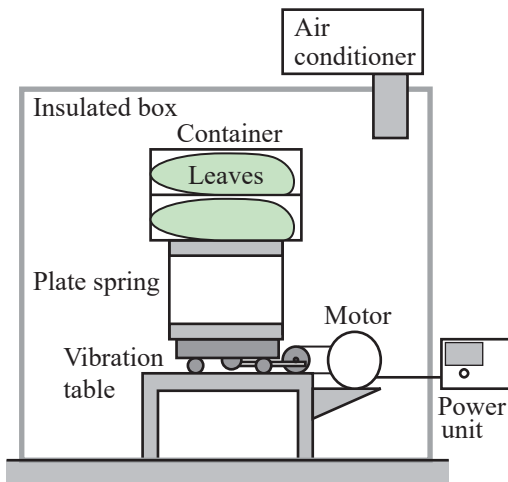
d)宮崎県総合農業試験場茶業支場科長

e)教育研究支援センター技術職員

### 2. 小型振動萎凋機による検討

本研究では、振動による萎凋効果を確認するために、図1に示すような振動萎凋機を製作した。この振動萎凋機では、図1(a)に示すように、加振台の上に板バネを介してコンテナを結合している。コンテナは、アクリル板と有孔アルミ板とからなり、大きさは横幅 300 mm、奥行き 500 mm、高さ 200 mm である。また、仕切り板で上下二段に分けており、それぞれに質量 800 g 前後の生葉を投入することができる。生葉を入れたコンテナと板バネからなる系の固有振動数は 6.0 Hz~6.5 Hz であり、それに近い振動数でコンテナを加振するとコンテナとともに投入した生葉が激しく振動する。このように生葉を振動で刺激することで萎凋を促進することが目的である。なお、図1(b)に示すように、生葉はネット袋に入れた状態でコンテナに投入し、さらにネット袋の片側をコンテナとバンドで結合する。これにより、生葉を均一に加振することで萎凋ムラを防ぐことができる。

振動萎凋機の有効性を検証するため、緑茶用茶葉の摘採時期に収穫した生葉を用いて製茶を行う実験を実施した。製造した茶葉に対して官能試験を行った結果、目的とする香気の発揚させることができ、振動萎凋の有効性を確認することができた。図2は、振動萎凋機を用いて生葉を加振したときのネット袋の振動加速度とコンテナの振動変位を測定した結果である。図中の横軸は加振振動数であり、



(a) 模式図



(b) 茶葉を投入したコンテナの様子

図1. 小型振動萎凋機

縦軸は上段がネット袋内部の加速度振幅（3軸合成値）、下段がコンテナの変位振幅を示している。この実験では、ネット袋（縦幅50cm、横幅25cm）に投入する茶葉の量（以下、容積率と呼ぶ）を800gと600gの2種類に設定して実験を行った。本実験で使用したネット袋には生葉を800g程度まで入れることができた。図2の結果を見ると、容積率の高い（800g投入時）方がネット袋の加速度振幅が大きくなっている。容積率の低い（600g投入時）場合では、ネット袋の振動加速度が小さく代わりに、コンテナの変位振幅が大きくなっている。本実験の目的は、生葉を加振することにあるので、容積率が高い状態で加振した方が、萎凋効果が得られやすいと考えられる。

### 3. 大型振動萎凋機による検討

#### 3.1 実験装置

前章で示したように、振動により生葉の萎凋が可能であることが確認されたことから、より実用的な振動萎凋機について検討する。実際の萎凋工程では、一度に60~80kg程度の茶生葉を処理することが求められる。しかし、1つの袋に一度に大量の生葉を投入して加振することは現実

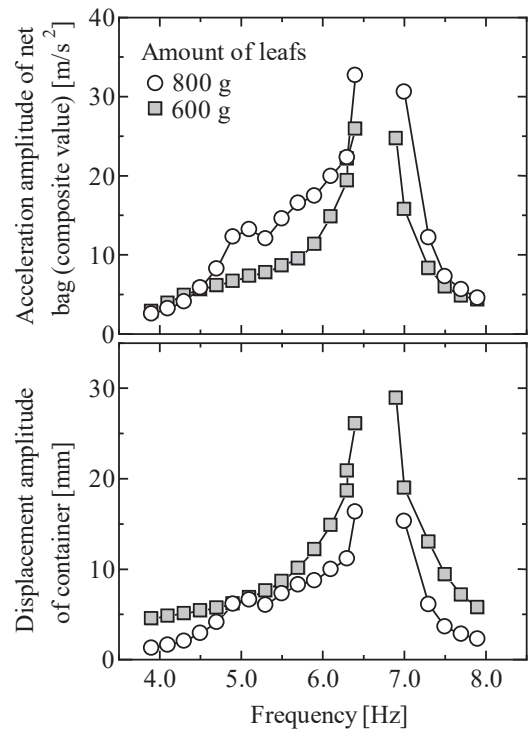


図2. 小型振動萎凋機による加振実験結果

的に困難である。そこで、生葉を10kg程度に分けて複数の袋に投入し、個々に加振する方法を考える。そこでまず、10kgの生葉を振動によって萎凋可能であるのかについて確認するために、10kgの生葉を投入できる振動萎凋機の開発を行った。

図3に開発した試作した大型振動萎凋機を示す。この振動萎凋機は小型振動萎凋機と同様の機構で設計されており、主に加振台、コンテナ、板バネとからなる。コンテナの大きさは、横幅770mm、奥行き1070mm、高さ570mm、であるが、小型萎凋機のとおり階層状にはなっておらず、底板以外はアルミフレームだけで構成している。小型振動萎凋機では、長時間の加振により板ばねの損傷が生じた。そこで、大型振動萎凋機では板ばねの枚数を増やすとともに、生葉を投入したコンテナの重心と同じ高さの位置に板バネを結合することにより、板ばねに生じる曲げ応力を抑えた。ネット袋には円筒型のものを用いた。図3(b)に示すように、生葉を最大限詰めたときには高さは430mmとなる。小型振動萎凋機と同様に、加振する際には、ネット袋の片側（図中左側）を結束バンドでコンテナに結合した。

#### 3.2 実験1

図3に示した大型振動萎凋機の有効性について検証するため、生葉の代用として図4に示すポリエチレン製のチップ（長さ7mm）を用いて駆動実験を行った。ここでは、図2に示した実験結果と同様に、容積率がネット袋に生じる振動加速度に及ぼす影響について調べた。実験方法は次の通りである。

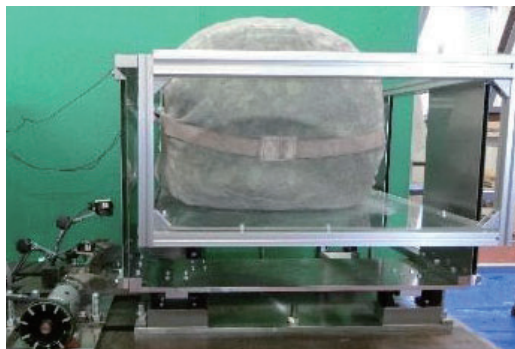
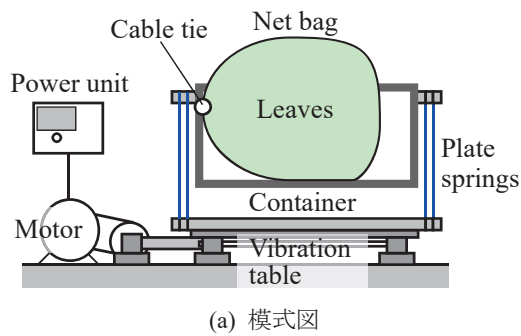


図3. 大型振動萎凋機



図4. 生葉の代替として用いたチップ

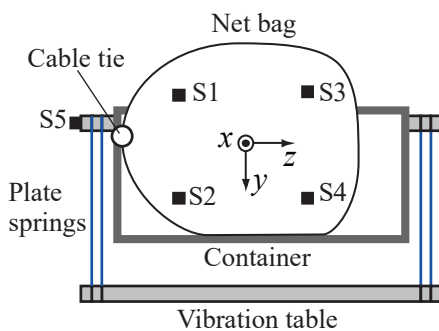


図5. センサーの設置位置

まず、実験で使用するチップの質量を測定し、ネット袋に投入する。投入量は最大を 13 kg とし、1 kg ずつ減らして 9 kg まで調整する。また、図 5 に示すように、ネット袋内に三軸加速度センサを左側の上下位置 S1、S2、右側の上下位置 S3、S4 に設置してネット袋の振動加速度を測定する。また、コンテナの図中 S5 の位置に単軸加速度センサを設置して、コンテナに生じる振動加速度を測定する。チップを投入したネット袋をコンテナに載せ、片側をコンテナ側面部に結束バンドで結合する。その後、加振振動数を 4.0 Hz から 8.0 Hz まで変動させて加振する。本実験での加振台の強制変位振幅は 3 mm である。なお、ネット袋を搭載した状態におけるコンテナ部の固有振動数は、およそ 6.0 Hz であった。

図 6 に、大型振動萎凋機に加振実験結果を示す。図中の横軸は加振振動数であり、縦軸は上段がネット袋内の S4 で測定された加速度振幅 (3 軸合成値)、下段がコンテナの S5 で測定された加速度振幅を示している。図 2 に示した小型振動萎凋機との比較を行うため、図 6 中には、チップの投入量が 13 kg (容積率が高い) の場合と 9 kg (容積率が低い) の場合の結果を示す。

図 6 の結果を見ると、図 2 に示した小型振動萎凋機の結果と同様となっている。すなわち、容積率の高い方がネット袋の加速度振幅が大きくなっている。このことから、大型振動萎凋機においても、萎凋効果が確認された小型振動萎凋機と同様に容積率が高い状態で加振した方が、萎凋効果が得られやすいと考えられる。

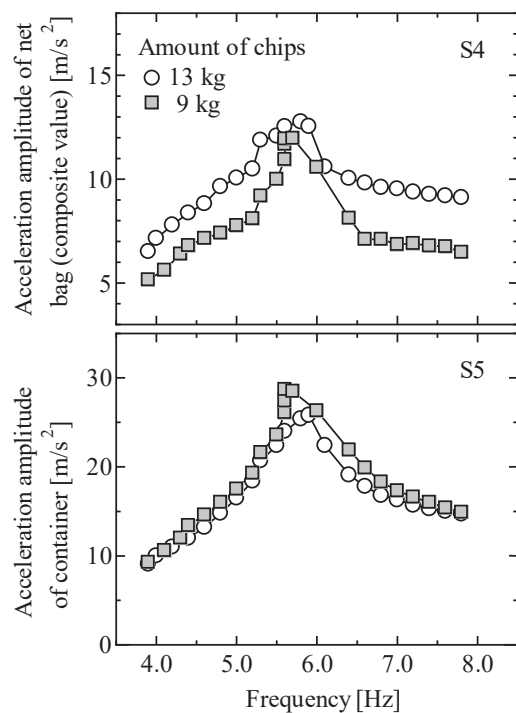


図6. 大型振動萎凋機による加振実験結果

なお、図6の結果は、図2に比べてネット袋の加速度が小さくなっている。確認のため、加振機の強制変位振幅を5 mmに増やし実験を行ったところ、共振点付近ではネット袋の加速度振幅が約20 m/s<sup>2</sup>まで増大した。このことから、萎凋に適した振動加速度に調節することも可能であるといえる。

### 3.3 実験2

ネット袋とコンテナを結束バンドで結合する位置の高さがネット袋の運動状態に及ぼす影響について調べた。この実験ではネット袋内の4か所(S1~S4)に生じる加速度振幅を比較した。図7に、結合高さの変更による影響を示す。図中の横軸はバンド結合の高さであり、上段がコンテナのS5で測定された加速度振幅縦軸、中段がネット袋内のS1、S2で測定された加速度振幅(3軸合成値)、下段がネット袋内のS3、S4で測定された加速度振幅(3軸合成値)を示している。

図7の結果を見ると、ネット袋の重心と同じ高さで結合した場合、ネット袋内の各位置に生じる加速度の差異は小さいが、ネット袋の重心より低い位置で結合した場合には、ネット袋の上下左右で加速度に差が生じるようになった。これは、結合高さが重心位置の高さから離れると、ネット袋が回転運動してしまうことが原因であると考えられる。このように、ネット袋内で加速度に差異が生じると、生葉に均一に刺激を与えられなくなるので萎凋ムラの原因となり得る。このことから、ネット袋の重心と同じ高さで結合することが望ましいといえる。しかし、生葉の萎凋を行う際、生葉の水分が抜けることにより容積率が減少してしまう。容積率が減少するとネット袋の重心位置が変化する

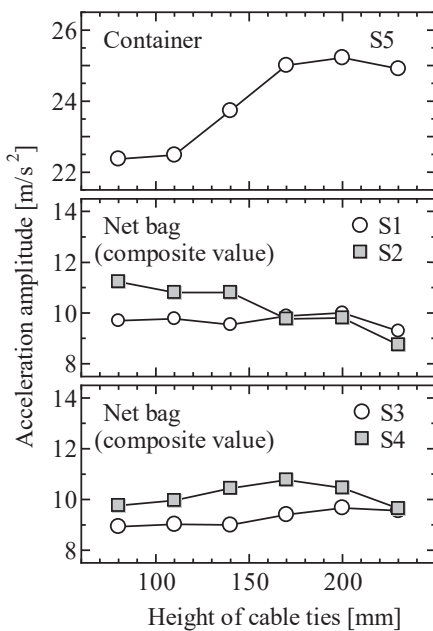


図7. バンド結合の高さの違いによる影響

ため、重心位置の高さで結合できなくなり、萎凋ムラの原因となる恐れがある。

### 3.4 実験3

3.3節の結果から、萎凋を行う際には容積率が減少することに対する対策が必要であることが確認された。この解決策として、ネット袋内にエアバックを導入する方法について検討した。

図8にエアバックを導入した実験装置の模式図を示す。エアバックには細かな穴が多数空いており、コンプレッサーを利用してエアバックに空気を送り込むと、膨らみながら空気が放出される。容積率が高いときは、エアバックはあまり膨らまずに空気を放出し続ける。一方、容積率が低いときは、空いたスペースを埋めるようにエアバックが膨

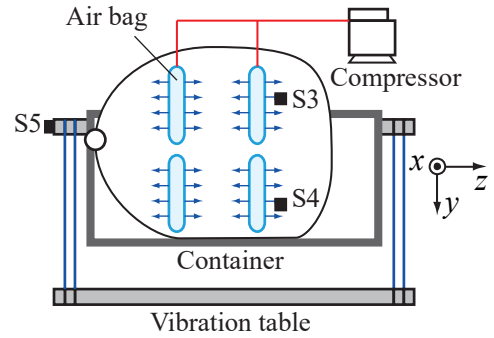


図8. ネット袋内にエアバックを投入した実験

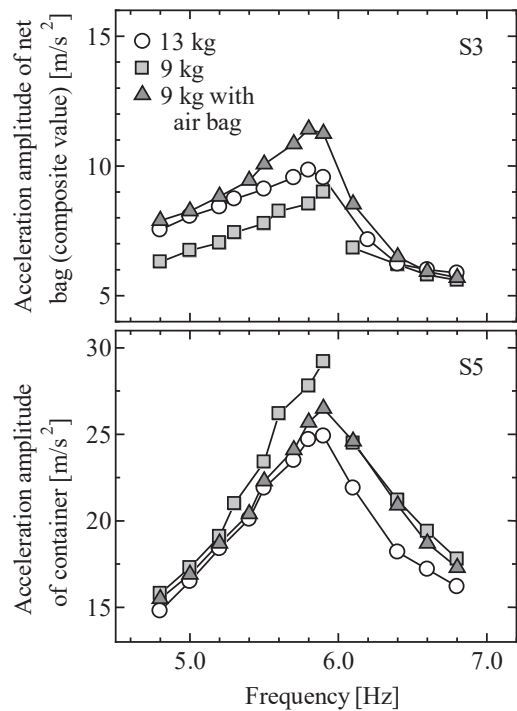


図9. エアバック投入による効果

らむ。この方法によれば、ネット袋内の容積率の維持が可能になると考えられる。また、エアバッグから出た空気により、ネット袋内の湿気を除去する効果も期待できる。

エアバッグの効果を検証するため、ネット袋内に4個のエアバッグを設置して加振実験を行い、ネット袋内の運動状態を確認した。実験方法は3.2節と同様の方法である。加振振動数は5.0 Hzから7.0 Hzまで測定した。

図9に、加振実験結果を示す。図中の横軸は加振振動数であり、縦軸は上段がネット袋内のS3で測定された加速度振幅(3軸合成値)、下段がコンテナのS5で測定された加速度振幅を示している。比較のため、図中にはチップ投入量が13 kgの状態(容積率が高い)、チップ投入量が9 kgでエアバッグを膨らませていない状態(容積率が低い)、チップ投入量が9 kgでエアバッグを膨らませている状態(容積率が高い)の3種類の結果を示す。

図9の結果を見ると、チップ投入量が9 kgでエアバッグを膨らませていない状態では、共振点付近におけるネット袋の加速度が投入量が13 kgの結果よりも小さくなっている。これに対して、エアバッグを膨らませた状態では、ネット袋の加速度が13 kgの結果よりも大きくなるほど増大している。これは、エアバッグが膨らんだ効果によって容積率が向上したことによると考えられる。コンテナの振動加速度についても、エアバッグを導入したことによって小さく抑えられており、加振により加えられた振動エネルギーが加振対象のネット袋に適切に伝達していることがわかる。以上の結果から、萎凋によって減少する容積率をエアバッグを導入することによって改善できる可能性があることがわかった。

#### 4. 結言

振動を利用して茶生葉の萎凋を行うための萎凋機の開発を目指して試作機の開発を行った。得られた結果は以下の通りである。

- (1) 小型振動萎凋機に対して行った検討では、製茶実験において目的とする香気の発揚させることに成功し、振動萎凋の有効性を確認することができた。
- (2) 大型振動萎凋機に対して行った検討では、小型振動萎凋機と同様に動作することを確認するとともに、ネット袋内の生葉の容積率が振動加速度振幅に影響することを確認した。この結果から、生葉を適切に加振するためにはネット袋の容積率が高い状態を維持する必要があると考えられる。
- (3) 容積率を維持するために、ネット袋内にエアバッグを導入する方法について検討した。検証実験の結果、エアバッグを膨らますことで減少した容積率を回復することができた。実際に茶生葉を萎凋する場合においても、萎凋の進行によって生じる容積率の減少を抑制することで、ネット袋に投入した生葉を適切な条件で加振し続けることができると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 高嶋和彦、“釜炒り茶生産に対応した省力的かつ安定的に香気発揚が可能な萎凋機”、2015年度(平成27年度)九州沖縄農業試験研究の成果情報、(2015)