ネギ皮むき機作業の研究

第4報 ネギ皮むき機の防音装置

笹尾 彰*・米村純一*・吉田政雄**

Studies on the Work in Using Welsh Onion Peeling Machine (IV) Noise Control of Welsh Onion Peeling Machine

Akira SASAO, Junichi YONEMURA and Masao YOSHIDA

1 緒 言

前報¹⁾³⁾でネギ皮むき機の騒音は、高い周波数の成分が強く、直進性の強い音であることを知った。そこで音源をカバーして遮音・吸音し防音効果を出すための装置を試作し、その効果及び作業性を検討した⁵⁾。さらに、カバーをすることにより、防音効果は得られても作業がしにくくなり、ノズルとの接触によってネギを損傷しやすいという問題点もあったが、その対策方法を検討し、効果を得ることができた。

2 実験装置及び方法

本研究に供試したネギ皮むき機および実験場所は第3報と同様で、使用ノズル圧は $9\text{kg}/\text{cm}^2$ を基準とした。実験の内容は、①防音パイプあるいはカバーによる防音装置の特性、②拡張室形消音器の試作と性能試験、③損傷防止装置とその効果の3項目からなる。

1) 防音パイプ・カバーとその特性試験法

防音パイプ・カバーの防音の効果と特性を調べるために、材料の異なる遮音材と吸音材それぞれ3種類を供試した。その材料、寸法および組合せを表1に示す。

遮音材は半円筒カバー（アクリル製、内径の異なるもの3種）、円筒塩ビパイプ（内径の異なるもの2種、長さの異なるもの3種）および箱形カ

表1 防音パイプ・カバー

遮 音 材	径 (mm)	長さ (mm)	吸音材
半円筒カバー (アクリル)	200	500一定	無
	250		A
	300		C
箱型カバー (アクリル, ベニヤ板)	高さ 125	500一定	無
	幅 260		A C
円筒塩ビ パイプ	100	500	無
		1,000	A
	200	2,000	C

バー（アクリルおよびベニヤ製）の3種である。吸音材は、A（ウレタン材、厚さ25mm）、B（ウレタン材、厚さ10mm、縦横14mm間隔に直径3mmの小穴がある）およびC（発泡スチロール製、厚さ25mm）の3種類である。ネギ皮むき機のノズルの先端を防音カバーがカバーする長さは+2cmを標準とし、パイプの長さや形状、吸音材の影響などを調べた。カバー深さの影響をみるために箱型カバーでは、ノズル先端との関係位置が-4、-1、+5、+8cmの場合も供試した（+はカバーしている寸法であり、-はノズルが露出していることを示す）。

供試材料は長ネギで、1試験区当り5本を供試し、ネギ皮むき作業時の騒音レベルおよび1/3オクターブバンド分析値を計測した。

平成2年3月10日受理 第23回講演会で発表

* 東京農工大学農学部 東京都府中市幸町3-5-8 〒183

** 農村生活総合研究センター 東京都千代田区一番町19, 〒102

* Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agri. & Tech, Fuchu, Tokyo 183

** General Reserh Center for Rural Life Ichiban-cho Chiyoda, Tokyo 102

図1 拡張室形消音器(a)とその減音特性(b)

注：文献4)による

(1) 消音器の設計

図1(a)に示すように、管の途中の断面積を長さ l の範囲だけ広げたもので、6,000Hzで減音量のピークがあることと寸法ができる限りコンパクトになることを前提に設計した。

一般に拡張室形消音器の減音量は次式で得られる^{4), 6), 7)}。

$$\text{減音量} = 10 \log \left\{ \cos^2 kl + \left(\frac{m+1}{m} \right)^2 \sin^2 kl \right\} / 4 \quad \dots (1)$$

ここに、 $k = 2\pi/\lambda = 2\pi f/c$ 、 $m = S_2/S_1$

c ：音速、 f ：周波数、 m ＝断面積比
このときの減音特性は図1(b)のようになり、
 $l = n \cdot \lambda/2$ ($n=0, 1, 2, \dots$) で0、
 $l = (n+1) \cdot \lambda/4$ で最大になる。

式(1)で減音したい騒音の周波数により、拡張室の長さ l と断面積比 m が決められる。本研究では、手軽に入手できることから市販の塩ビパイプを利用した。その直径 d_1 は100mm、 d_2 は200mmおよび300mmである。写真1のように、装置をコンパクト化するために拡張室を縦方向に装着し、長さ l は250mmとした。このとき予測される減音量は式(1)より、

$$d_1 = 100 \text{ mm}, d_2 = 200 \text{ mm} \text{ のとき } 6.55 \text{ dB}$$

写真1 拡張室形消音器

写真2 入口カバー

$d_1 = 100 \text{ mm}$ 、 $d_2 = 300 \text{ mm}$ のとき 13.2 dB である。

(2) 消音器の性能試験方法

消音器の入口カバー（写真2）と吸音材（前節の吸音材B）の有無により、表2のように試験区を設けた。騒音レベルは、オペレータの耳元、消音器の出口（中心から水平距離150mmの点）およびノズルの高さで左右3m離れた地点で測定した。耳元および出口では1/3オクターブ分析値も同時に計測した。1試験区当たり5回の繰り返しを行った。

3) ネギ損傷防止装置と性能試験法

(1) 損傷防止装置

ノズルによるネギの損傷防止のために、ノズルに厚さ5mmのウレタンを巻きつけた。図2に示すように(a)はノズル先端まで、(b)は先端より3mm先までを巻きつけたものである。（写真3参照）

表2 試作消音器の性能試験区と結果

No.	入口カバー	内壁吸音材	断面積比 S_2/S_1	耳元(dB)	出口(dB)	3 m 地点(dB)
1	有	有	4	87.0	99.0	76.0
2	有	有	9	87.5	95.0	76.0
3	有	有	1	88.7	95.0	75.6
4	無	有	4	94.0	96.0	78.6
5	無	有	9	93.6	95.0	77.7
6	無	有	1	92.7	96.0	76.1
7	有	無	4	93.0	101.0	83.4
8	有	無	9	92.0	100.0	82.5
9	有	無	1	92.0	104.0	84.8
10	無	無	4	98.5	100.0	84.1
11	無	無	9	99.0	100.0	84.5
12	無	無	1	100.1	104.0	84.5
13	消音器なし			99.2		86.3

図2 損傷防止ノズル
(ウレタンを巻いたもの)

(2) 性能試験方法

表3に示すように7試験区を設けた。1試験区に10本のネギを供試し、皮むき後、赤色に着色して、傷ついたネギの本数を調べた。この時の作業条件はノズル圧 8 kg/cm^2 、カバーは箱形ベニヤで吸音材Aを使用した。

写真3 損傷防止ノズル

3 結果および考察

1) 防音パイプ・カバーの防音効果

(1) 周波数特性からみたカバー・パイプの効果

① 半円筒アクリルカバーによる防音効果

図3は半円筒カバーを用いたときの防音効果を調べたもので、パイプ径および吸音材Aの影響を示している。径による影響はあまりみられないが、カバーなしに比較して、騒音レベルで6~8dB低くなり、周波数成分の高い8,000~10,000Hzでは8~10dB程度低くなっている。300~800Hzでカバーなしより高くなるのは中空構造による気柱の共鳴現象によるものである。

吸音材Aを半円筒カバーの内面に張る場合は、その効果は非常に大きく、カバーなしに比較して騒音レベルで14dB、10,000Hzでは19dBの減少がみられた。とくに高音域における効果が大き

表3 損傷防止実験の作業条件と結果

No.	ノズルの状態	防音カバーの利用	損傷率(%)
1	(手作業)	(手作業)	10
2	ノズルはそのまま	なし	60
3	ノズルはそのまま	有り	80
4	ノズルの先端まで巻きつける	なし	30
5	同 上	有り	40
6	先端から3mm先まで巻きつける	なし	0
7	同 上	有り	0

注)：ノズルの巻きつけの材料はウレタン

図3 半円筒カバーによる防音

図5 吸音材の影響

図4 パイプ長さの影響

かった。

② 円筒塩ビパイプによる防音効果

図4は直径200mmで長さの異なる塩ビパイプで遮音したときの結果を示す。500Hz以下の低音域で気柱の共鳴現象がみられる。パイプによる遮音効果は騒音レベルで4～6dBの低下をみた。また、パイプが長いほど広帯域にわたって1～2dBのレベル低下がみられた。

パイプの径の影響については、径が小さい方が1～2dB低いレベル値を示した。

図5は吸音材の効果をみたものである。吸音材Aより吸音材Bの効果が大きく、また径が小さく、長いパイプの効果が大きかった。カバーなしに比較して、騒音レベルで12dB、10,000Hzで13dBのレベル低下が得られた。

(2) 騒音レベルからみた防音カバーの特性

① カバーの形状および材質の影響

表4は吸音材の無い状態で、オペレータの耳元および3m横に離れた地点の平均の騒音レベルを示す。

カバー使用時は6～7dB(A)の防音効果が得られた。カバーの形状と材質による違いはほとんどみられず、カバーによる遮音効果の大きいことが認められた。

② 吸音材の効果

表5は吸音材を使用したときの騒音レベルを示す。オペレータの耳元ではウレタンの吸音効果は明確に認められるが、発泡スチロールの効果はあまり明確ではない。しかし、周囲の騒音として横3m地点での騒音レベルをみると、両吸音材ともにその効果が大きく3～5dB(A)の防音効果が得られた。

表4 カバーの形状と材質の影響

No.	カバーの型	防音カバーの素材	吸音材	耳元(dB)	横3m(dB)
1.	カバーなし	なし	なし	98	90
2.	半円型	アクリル	なし	92	86
3.	箱型	アクリル	なし	91	87
4.	箱型	ベニヤ	なし	91	86

表5 吸音材の効果

No.	カバーの型	カバーの素材	吸音材	耳元(dB)	横3m(dB)
1.	カバーなし	なし	なし	98	90
2.	半円型	アクリル	ウレタン	88	82
3.	箱型	アクリル	ウレタン	91	82
4.	箱型	ベニヤ	ウレタン	88	81
5.	半円型	アクリル	発泡スチロール	92	83
6.	箱型	アクリル	発泡スチロール	91	83
7.	箱型	ベニヤ	発泡スチロール	90	84

図6 騒音の許容基準(日本産業衛生学会勧告)と評価の関係

③ カバー深さの影響

表6はカバーの位置を変化したときの騒音レベルを箱型アクリル材で吸音材として発泡スチロールを用いた場合について示したものである。

この結果から負の位置(ノズル先端が露出している状態)にあるときは、防音効果は減少し、カ

バーの位置の差はほとんどみられなかった。正の位置にあるときは、防音効果が大きく、カバーの深さの影響が明確に認められた。他の試験区においても同様の結果が得られた。

(3) パイプおよびカバーの防音効果の評価

図6は2種類の防音装置と使用しない場合の周

表6 カバー位置の影響

No.	カバーの型	カバーの素材	吸音材	位置 (cm)	平均 (dB)
1	箱型	アクリル	発泡スチロール	+8	88
2	箱型	アクリル	発泡スチロール	+5	90
3	箱型	アクリル	発泡スチロール	+2	91
4	箱型	アクリル	発泡スチロール	-1	94
5	箱型	アクリル	発泡スチロール	-4	94

波数分析結果を、日本産業衛生学会勧告の1日の騒音許容暴露時間の評価基準曲線の上にプロットしたものである。この図および騒音レベルによる評価¹⁾から、カバーなしの状態では1日30分以下の許容時間であったものが、防音装置を使用することにより大きく増加し、1日の許容時間は120分～240分にも拡大され、その防音効果は非常に大きかった。

すなわち、パイプ・カバーおよび吸音材による遮音・吸音により、騒音レベルを10dB以上低下させることができ、とくにネギ皮むき機の特長である高い周波数の音にその効果が大きく、1日の暴露許容時間から想定して5～8倍の作業時間の延長が可能になる。外部から皮むきの様子が見えないなどの作業性に問題を残すが、簡単に自作できるので非常に有効な防音手段と考える。

カバーによる防音効果はその形状にはあまり影響されないが、吸音材の素材には大きく影響される。周囲騒音に対しては、より一層その効果が大きかった。カバーの位置が深いほど防音効果は大きい。これは作業性の点から制約を受ける。試作カバーのうちで箱型ベニヤでウレタンを吸音材としたとき、材料は身近で得られ、安価で工作が簡単な上に防音効果が極めて高く、ネギ皮むき機の防音装置として非常に有効なものと考えられる。

2) 試作消音器の性能

(1) 騒音レベルによる評価

表2は各試験区における測定点での平均騒音レベルを示す。マフラー出口での騒音レベルは各試験区を通じて、ほとんど防音効果がみられず、95dB以上の大きな値を示している。出口と地面（コンクリート）との距離が24cmで、地面に当たった後の反射音の影響が非常に大きいものと思われる。

耳元での騒音レベルは、入口カバーでノズル先端をカバーすることと、吸音材を内壁に取り付けることにより、およそ12～13dBの減音量が得

図7 拡張室形消音の周波数分析結果

注：Noは表2に対応する。

られ、防音効果が大きくなる。カバーあるいは吸音材のどちらか一方のみを使用した場合は、その効果は半減し、およそ6～7dBの減音となった。マフラーのみの場合はほとんど防音の効果は得られず、また拡張室の影響もとくにみられなかった。

周囲音についてみると、吸音材の効果が非常に大きく、ほぼ10dBの防音効果がみられたが、吸音材の無いマフラーでは、1～2dB程度の減音しか得られなかった。

(2) 周波数特性による評価

耳元の騒音について、1/3オクターブ分析を行い、その周波数特性をみた。その結果を図7に示す。

① 拡張室の影響

図7のNo.10とNo.12を比較すると8,000Hz以上の高い周波数のところで若干防音効果がみられるが、ほぼ全周波数域にわたって、ほとんど拡張室の効果はみられず、低い周波数域では逆に大きな音圧レベルを示した。また、気柱の共鳴現象と思われる300Hz前後のピークも、拡張室をもつマフラーで大きな値を示した。これは流路の途中にインピーダンスの不連続部分ができ、騒音が音源側に反射されることによるものと思われる。

② 入口カバーの影響

図7 No.1をみると入口カバーの効果が明確に認められる。低周波数域においては入口カバーのあるものが高い音圧レベルを示したが、特に問題となる4,000Hz以上でカバーの効果が大きく、10dB前後の音圧レベルの減少がみられた。

表7 ノズルをウレタンで巻いたときの騒音レベルdB(A)

No.	カバーの型	カバーの素材	吸音材	位置(cm)	耳元(dB)
1.	なし	なし	—	—	94
2.	箱型	ベニヤ	ウレタン	+2	88
3.	箱型	ベニヤ	ウレタン	+8	86

注) : ウレタンを巻かない状態のノズルではおよそ98dBの値を示した。

③ 吸音材の影響

図7において、No.4とNo.10を比較すると吸音材の効果が500～5,000Hzで大きく、15dB前後の減音が得られた。しかし、5,000Hz以上ではほとんどその効果はみられなかった。

④ 総合的評価

拡張室形消音器は入口カバーおよび内壁に吸音材を貼付けることにより、大きな効果が得られた。騒音レベルでは12～13dBの減音量を得た。周波数特性では500～5,000Hzで防音効果が大きく、5,000Hz以上では入口カバーの効果が大きかった。これらを同時に使用することにより、500Hz以上の音については全域に渡って10dB程度の防音を得ることができた。

一方、消音器の特徴である拡張室の効果はほとんどなく、逆に反射による逆効果のみられるものがあった。

結局、ノズルを含めて空気の通路を覆い、その内面に吸音材を貼付けることにより、大きな防音効果を得ることができる。

3) 損傷防止装置の効果

損傷率の試験結果は表3のようで、ノズルに損傷防止装置を施さなかった場合は防音カバーの無い状態でも60%の損傷率を示したが、ノズルにウレタンを巻きつけたときはその率は半減し、先端より3mm先まで出して巻つけたときは共に損傷率は0%になった。

このときのオペレーターの耳元での騒音レベルは表7のようで、防音カバー無しの状態でもノズルを巻いたウレタンの効果で4dB(A)程度の減音がみられた、ノズルにウレタンを巻くことは損傷防止のみならず防音にも効果がみられる。

4 摘 要

高い周波数の成分が強く、直進性の強いネギ皮むき機の騒音を防止するには、音源をカバーして

遮音・吸音することが効果的であると考えられる。そこで、パイプおよび吸音材を主材料として防音効果を出すための装置を試作し、その効果及び作業性を検討した。また、ノズルとの接触によるネギの損傷を防止するための方法を検討し、それぞれ以下のような成果を得た。

1) パイプ・カバーおよび吸音材による遮音・騒音により、騒音レベルを10dB以上低下させることができ、とくにネギ皮むき機の特徴である高い周波数の音にその効果が大きかった。1日の暴露許容時間から想定して5～8倍の作業時間の延長が可能になった。

カバーによる防音効果はその形状にはあまり影響されないが、吸音材の素材には大きく影響される。周囲騒音に対しては、より一層その効果が大きかった。カバーの位置が深いほど防音効果は大きい。これは外部から皮むき作業状態が見えにくいなどの作業性の点から制約を受ける。試作カバーのうちで箱型ベニヤでウレタンを吸音材としたとき、材料は身近で得られ、安価で工作が簡単な上に防音効果が極めて高く、ネギ皮むき機の防音装置として非常に有効なものと考えられる。

2) 拡張室形消音器は入口カバーおよび内壁に吸音材を貼付けることにより、大きな防音効果が得られた。騒音レベルでは12～13dBの減音量を得た。周波数特性では500～5,000Hzで防音効果が大きく、5,000Hz以上では入口カバーの効果が大きかった。これらを同時に使用することにより、500Hz以上の音については全域に渡って10dB程度の防音効果を得ることができた。

一方、消音器の特徴である拡張室の効果はほとんどなく、逆に反射による逆効果のみられるものがあった。

結局、ノズルを含めて空気の通路を覆い、その内面に吸音材を貼付けることにより、大きな防音効果を得ることができる。

3) ノズル先端にウレタンを巻くことにより、ノズルとの接触による皮むき時のネギの損傷はほとんど解消できた。さらに、ウレタンの効果で4dB(A)程度の減音がみられ、ノズルにウレタンを巻くことは損傷防止のみならず防音にも効果がみられた。

参 考 文 献

- 1) 笹尾彰ほか(1990), ネギ皮むき機作業に関する研究(第3報), 農作業研究 投稿中
- 2) 吉田政雄ほか(1989), ネギ皮むき機作業に関する研究(第1報), 農作業研究 24 (3):266-275
- 3) 吉田政雄ほか(1989), ネギ皮むき機作業に関する研究(第2報), 農作業研究 24 (3):276-281
- 4) 子安勝(1976), テクニカルノート No.573 (騒音の防止) 23-24 リオン K.K
- 5) 米村純一ほか(1985), ネギ栽培における作業改善, 農生研コンサルタント・レポート 17
- 6) Davis, D. D. et al. (1954), Theoretical and Experimental Investigation of Mufflers with Comments on Engine-Exhaust Muffler Design, NACA. Rep 1192
- 7) 日本音響材料協会編(1982), 騒音・振動対策ハンドブック: 281-295 技報堂 (東京)

Summary

It is considered to be an effective method to cover the noise resource in order to eliminate the high frequency

noise from a welsh onion peeling machine.

In this study, some soundproof equipments were made on an experimental basis and their performance were tested. Moreover, a method to prevent a welsh onion from damage caused by the machine's nozzle was investigated. Results are as follows;

1. The noise could be reduced, down by over 10dB(A), by using a cover with an absorbing material (e.g. urethane). Specially, a high frequency range sound was more reduced. Therefore, the permitted operating time per day could be extended 5 to 8 times longer than by using one without cover.

We could obtain a similar effect by using a trial muffler with an expanding room.

In a soundproof equipment, cover's shape had a low effect but the absorbing material had a high effect.

2. The damage of a welsh onion caused by using a peeling machine could be almost prevented by wrapping a urethane around the nozzle of the machine. Therefore, by this method the noise could be reduced down to about 4dB(A).