

# 課題情報シート

テーマ名 :	ビン栽培ナメコ自動収穫装置における切断機構の製作・検証				
担当指導員名 :	松浦 慎	実施年度 :	23 年度		
施設名 :	東北職業能力開発大学校 附属 青森職業能力開発短期大学校				
課程名 :	専門課程	訓練科名 :	制御技術科		
課題の区分 :	総合制作実習	学生数 :	5	時間 :	12 単位 (216h)

## 課題制作・開発のポイント

### 【開発（制作）のポイント】

回転刃切断機構実験装置の製作では、単純な機構でナメコが切断できるように、回転刃を設計し、回転刃旋回機構を組み合わせました。回転刃の動力としては、堅牢・安価な AC モーターを選択し、容易に速度制御可能な汎用インバータを組み合わせました。

ウォータージェット切断機構実験装置の製作では、参考文献に記載された実験内容とその結果に基づいて製作仕様を決定しました。ウォータージェットの吐出圧力は 20MPa 以下、ノズル径は最も切断能力が高かった 0.5mm を基準として±0.1mm となる 0.4mm、0.5mm、0.6mm の 3 種類としました。価格を考慮して、20MPa 以下の吐出圧力を得るための水圧ポンプとポンプ動力は、低価格で入手しやすく取り扱いが容易な家庭用高圧洗浄機の中から最も吐出圧力の高い洗浄機を選定しました。また、ノズルは、ステンレス (SUS304) の配管用高圧キャップに、0.4、0.5、0.6mm の細穴加工を施して製作することとしました。

【参考文献】技術部報告 2004 国立大学法人北見工業大学 マイクロウォータージェットメスの製作について [http://www.tech.kitami-it.ac.jp/files/tech\\_rep04s.pdf](http://www.tech.kitami-it.ac.jp/files/tech_rep04s.pdf)

### 【訓練（指導）のポイント】

回転刃方式は、モーター制御に汎用インバータを使用するため、マニュアルと自作テキストを用いてインバータ制御の指導を行いました。

ウォータージェット方式は、ノズルの製作に NC 機械（ファナック社製ロボドリル）を使用するため、生産技術科の先生にご協力頂き NC 機械の使い方、NC プログラミングの基礎を指導して頂きました。

実験装置の製作にあたり、基本的な安全回路・安全設計（フルプルーフ等）について、身近な事例を挙げながら説明を行い、安全に配慮した装置を製作するように指導しました。

## 課題に関する問い合わせ先

施設名 : 東北職業能力開発大学校附属青森職業能力開発短期大学校  
住所 : 〒037-0002 青森県五所川原市大字飯詰字狐野 171-2  
電話番号 : 0173-37-3201 (代表)  
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/aomori/college/>

## 課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

# ビン栽培ナメコ自動収穫装置における切断機構の製作・検証

制御技術科 学生5名

指導教員 松浦 慎

## 1. はじめに

県内企業から課題提供されている「ビン栽培ナメコ自動収穫装置」の開発にあたり、ナメコの切断機構を決定するため、実験装置を製作して切断実験による切断面の検証を行った。実験装置はビン栽培ナメコ自動収穫装置で最も一般的に採用されている回転刃方式、切断加工技術の1つであるウォータージェット方式の2式を採用した。本報告では、装置の製作内容、実験結果の比較・検証、今後の課題について述べる。

## 2. 製作における諸条件

### 2-1 切断対象

切断対象であるナメコは、モエギタケ科スギタケ属のキノコ的一种で、栽培方法として原木栽培と菌床栽培がある。課題提供企業では、ビン容器にオガクズなどの培地を敷き詰めた菌床栽培による生産を行っている。ナメコをビン容器で栽培した場合、柄の直径に対して傘が大きいいため、ナメコはビン容器の口から放射状に生育する。栽培用ビン容器を図1に示す。

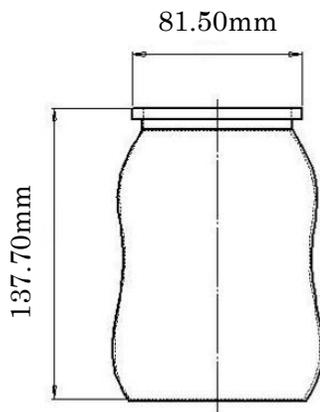


図1 栽培用ビン容器

### 2-2 切断条件

課題提供企業では、現在作業者がハサミを使用してナメコの切断を行っている。切断機構の製作にあたり企業から提示された切断条件を表1に、

参考として「ビン栽培ナメコ自動収穫装置」について提示されている製作仕様を表2に示す。

表1 切断条件

切断面	ハサミと比較し遜色ないこと
切断長	柄は極力短く均一に切断すること
切断角度	柄に対して極力垂直であること

表2 自動収穫装置の製作仕様 (参考)

対象物	ビン栽培ナメコ
主な機能	ナメコ切断作業の自動化
収穫速度	1ビンあたり25秒以下
大きさ	小型(容易に増設可能)
操作者	装置2台に対して1名程度
製作費	安価(100万以下)

## 3. 回転刃切断機構の製作

### 3-1 設計

回転刃方式は、市販されているビン栽培ナメコ自動収穫装置で最も一般的な切断機構であり、刃物は、複数の丸刃で切断するもの、ビン栽培ナメコに合わせて設計された特殊形状刃などが使用されている。今回は、自動収穫装置の製作仕様を勘案し、切断機構の簡略化を目指した結果、単一の回転刃で切断可能な特殊形状刃を採用することとした。刃の形状は、参考文献<sup>2)</sup>に記載されている球面刃を簡略化して設計を行った。(図2)

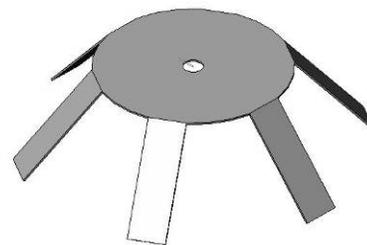


図2 設計した回転刃

回転刃の動力は、堅牢・安価な AC モータとし、速度制御を可能にするため汎用インバータで駆動することとした。これにより、モータの定格電圧は三相 200V に決定した。モータ容量は、次の手順で決定した。まず、対象物切断時の負荷トルクを調べるため、計測実験装置の製作を行った。次に対象物を用いて計測実験を行い、その結果から負荷トルクを算出したところ、平均負荷トルクは 0.024 [N・m]、最大負荷トルクは 0.04 [N・m] となった。最大負荷トルクに安全率 2 を乗じた値を必要トルクとした。これより、 $0.04 \times 2 = 0.08$  [N・m] = 80 [mN・m] が必要トルクとなった。カタログから三相 200V/60Hz 時の起動トルク及び定格トルクを調べた結果、必要トルクを満たしている 15 [W] (起動トルク : 85 [mN・m]、定格トルク : 100 [mN・m]) を選定した。

回転刃は、ビン容器上部から生育したナメコに沿って旋回するよう設計した。当初、手でモータを旋回していたが、安全上問題があったため、安全対策と今後の自動化に向けて旋回機構を追加した。(図 3) ベルト用金具でモータとタイミングベルトを固定し、ハンドル操作を行うと、タイミングベルトに固定されたベルト用金具がガイドレール上に沿って移動し、固定されたモータが旋回する機構となっている。

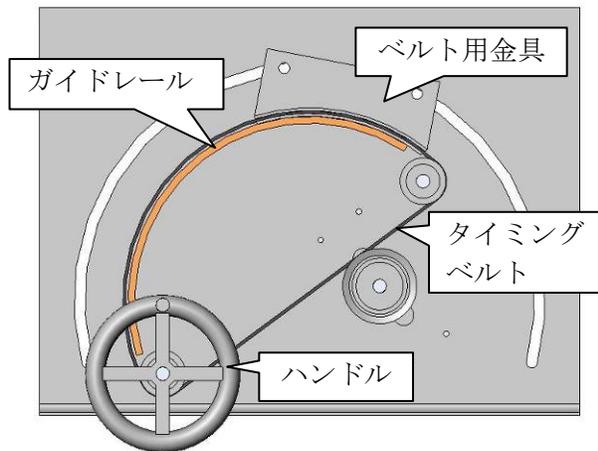


図 3 旋回機構

### 3-3 製作

3次元 CAD による設計データを元に、各形状に合わせて工作機械を選択し製作した。回転刃、ガイドについては、曲げ加工を必要とする立体形状

であったため、図面展開してから 2次元 CAD にトレースしてレーザー加工を行った。ガイドレール、ベルト用金具の一部は、三本ローラーを使用し、ガイド溝の円弧に沿って曲げ加工を行った。トレイは、設計データから図面展開を行い、組み立てできるように複数のパーツに分割してから、糸のこ盤で切り出した。最後に曲げ加工を施した各パーツを組み合わせて溶接して完成させた。

制御盤は、リレーシーケンスによる制御回路を組んで、回転刃の制御を行った。刃物を使用した実験装置であるため、非常停止スイッチや装置扉にドアスイッチを設けるなどフルプルーフ対策を講じた。また、汎用インバータのセーフティストップ機能を制御回路に組み込んで、モータのトラブルやインバータ故障時に安全停止するようフェールセーフ対策を講じた。



図 4 回転刃切断機構実験装置

## 4. ウォータージェット切断機構の製作

### 4-1 製作

ウォータージェット切断加工技術とは、直径 0.1 ~ 1.0mm の穴から噴射した高圧水流を、対象物に衝突させて切断加工を行う技術である。この技術を用いてナメコの切断機構を製作する。

まず、ウォータージェットの吐出圧力とノズル径は、参考文献<sup>3)</sup>の実験結果を参考にして吐出圧力 : 20MPa 以下、ノズル径 : 0.5mm ± 0.1mm と

し、上記 2 点を製作仕様とした。

20MPa 以下の吐出圧力を得るための水圧ポンプは、低価格で入手しやすい家庭用高圧洗浄機の中から最も吐出圧力の高い洗浄機（最大吐出圧力 8.8MPa）を使用することとした。

ノズルは、ステンレスの配管用高圧キャップに、0.4、0.5、0.6mm の細穴加工を施して製作することとした。ステンレスに細穴加工を施す場合、一定の切込み量と復帰動作を繰り返すドリルサイクルが必要となる。そこで、必要な切削条件<sup>4)</sup>を調べ、プログラム入力で動作する NCフライス（ロボドリル）で細穴加工を行うこととした。ノズルの切削深さが約 6.4mm に対し、マイクロドリルの溝長が 5~7mm と短いため、最初にセンタードリルで切込み量 3mm の穴加工を施した後、ドリルサイクルで細穴加工を行った。（図 5）

また、ウォータージェットの出力は、ニードルバルブで行うこととした。上記 3 点を洗浄機-バルブ-ノズルの順で配管接続し動作実験を行ったところ、高圧水流を維持させることができなかった。原因は、洗浄機の吐出水量に対してノズルの噴射水量が非常に少ないため、洗浄機が上限圧力に達してしまい、その結果オートストップが働くため洗浄機が停止していた。この問題を解消するため、水抜きバルブを備えた手動ポンプをニードルバルブと並列に接続した。これにより、出力系統が 2 系統となり、洗浄機の吐出水量と同程度になるよう水抜きバルブを調節することで、洗浄機のオートストップを回避し、約 10MPa の高圧水流を維持することに成功した。（図 6）

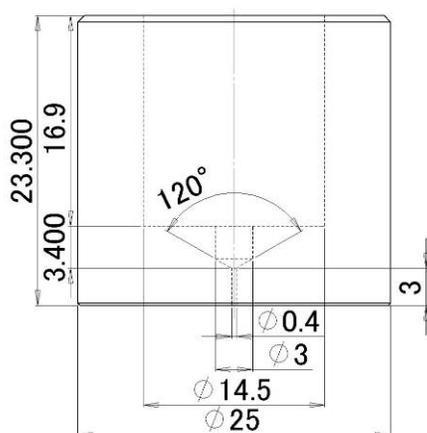


図 5 ノズル（ノズル径 0.4mm）

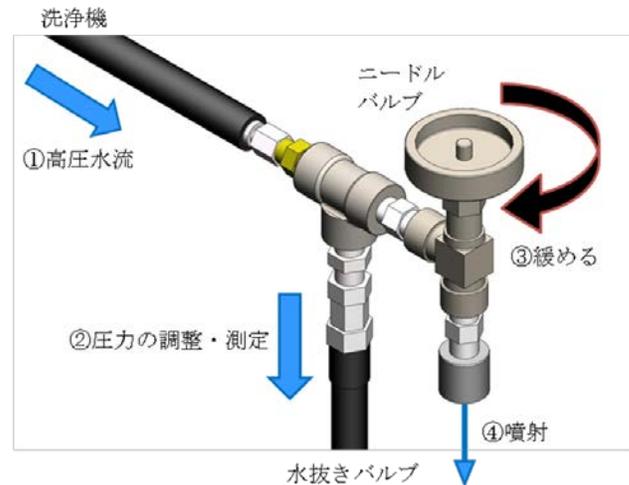


図 6 ウォータージェット切断機構

#### 4-2 切断実験

切断実験は、吐出圧力は約 10MPa、ノズル径は 0.4、0.5、0.6mm の 3 種類について行った。切断方法は、高圧水流がナメコに対して垂直に衝突するようにビンを固定し、ビンの淵と平行にノズルを移動させて切断することとした。（図 7）切断実験により、3 種類のノズルについて切断能力と切断状態を比較したところ、吐出圧力が 10MPa 固定の場合は、ノズル径が小さいほど切断能力が高く切断状態も良い結果となった。切断面の詳細は次項で記す。



図 7 ウォータージェット切断実験

#### 5. 切断面の比較・検証

切断面の比較・検証については、提示されてい

る切断条件に基づき切断面、切断長、切断角度の3項目について行った。また、課題提供企業で生産・販売しているナメコの現在の切断方法であるハサミを基準として、回転刃、ウォータージェットの各実験装置で切断したナメコを持ち寄って比較した。

回転刃について以下にまとめる。切断面は回転方向に繊維が流れてしまった。切断長に関してはほぼ一定の長さに揃えることができたが、柄の切断角度が安定せず斜め(45度程度)に切断されてしまった。

ウォータージェットについて以下にまとめる。切断面はウォータージェット特有の線状痕が発生した。切断長及び切断角度については、ビンに対して垂直に高圧水流を衝突させる切断方法であり、対策していないため比較・検証の対象外とした。



図8 切断機構における切断面

## 6. 今後の課題

### 6-1 回転刃切断機構

前述の比較・検証結果より切断面、切断角度について改善が必要となった。

切断面については、回転刃の問題であり、刃厚の薄化や刃先の研磨により切断能力を高めることで、切断面の改善を図ることができると考えられる。切断角度については、回転刃の折り曲げ角度と旋回機構の軌道が問題であり、折り曲げ角度を広くし、旋回機構の軌道を変更することで改善できると考えられる。

また、今後の自動化に向けて、旋回機構の手動制御から自動制御への変更が課題となった。

### 6. 2ウォータージェット切断機構

比較・検証結果より切断面、切断長、切断角度を含めた機構全体の改善が必要となった。

切断面に関しては、ノズル径を縮小することで線状痕の発生を抑えることができると考えられる。

しかし、同時に噴射水量の減少によって、切断能力が低下する可能性があるため、切断実験による検証で判断する必要がある。

切断長、切断角度については、今回対策をとることができなかったが、これらを改善するためには、回転刃切断機構と同様に機械的機構の追加が必要である。現段階ではノズル形状変更や噴射角度の変更、対象物に対する回転機構の追加などを考案しているが、具体的な機構が定まっていないため今後の課題となった。

また、今後の自動化に向けて多くの課題が残された。

## 7. おわりに

今回、ビン栽培ナメコ自動収穫装置における切断機構の製作・検証を通して、知識、技術の向上だけでなく、モノづくりの難しさを知り、チームワークの重要性も確認できた。

製作途中でお互い意見を出し、検討することで、考え方の視野が広がり、段取り、確認、実験を行うことで、効率的に作業することの大切さを覚えた。

今後、就職先、進学先でこの経験を生かしたい。

## 参考文献

### 1) ナメコ-Wikipedia

<http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%8A%E3%83%A1%E3%82%B3>

2) 「球面カッター式自動収穫機の開発」、機械振興 25巻 3号、1992年3月1日、小島勇蔵、管野好久、安斎正秀、齋藤龍夫、平野准一著、財団法人機械振興協会発行、36項

3) 技術部報告 2004 国立大学法人北見工業大学 マイクロウォータージェットメスの製作について [http://www.tech.kitami-it.ac.jp/files/tech\\_rep04\\_s.pdf](http://www.tech.kitami-it.ac.jp/files/tech_rep04_s.pdf)

### 4) 株式会社サイトウ製作所 HP

[http://www.atom21.co.jp/pdf/ADR-SUS\\_p.pdf](http://www.atom21.co.jp/pdf/ADR-SUS_p.pdf)  
<http://www.atom21.co.jp/pdf/calc.pdf>

# 課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 9月 16日

科名：制御技術科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		ビン栽培ナメコ自動収穫装置における切断機構の製作・検証	
担当教員		担当学生	
○制御技術科 松浦 慎			
課題実習の技能・技術習得目標			
<p>① 切断機構の製作を通して、自動機開発の一連の工程（設計、製作及び組立・調整技術等）の習得を行います。</p> <p>② 汎用されている専用刃以外の切断方法を用いて、コスト・性能・効率等の検証を行うことにより、発想力・開発力の習得を図ります。</p>			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
<p>自動機による食品の切断は、従来から切断刃が使用されており、その切断刃は食品に合わせた専用刃が用いられています。しかし、一般的に専用刃は高価になります。そこで、県内企業から依頼されている「ビン栽培ナメコ自動収穫装置」の低コスト化を実現するため、本実習では、ビン栽培ナメコの切断機構に限定して専用刃以外の切断方法を用いた開発を行います。</p>			
実習テーマの特徴・概要			
<p>専用刃以外の切断方法として、以下2種類の切断機構について実験機を製作して検証を行います。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・コストとメンテナンス性を意識した専用刃でない切断刃の開発を行い、動作検証を行います。</li> <li>・水圧を上げることで微小口径から噴射する水流により切断を行うウォータージェット切断機構の開発を行い、動作検証を行います。</li> </ul> <p>切断機構の検証結果を比較し、この中から「ビン栽培ナメコ自動収穫装置」の低コスト化を実現するために適した切断機構を決定します。</p>			
No	取組目標		
①	実験機を設計する際に品質、コスト及び納期をバランス良く調和させます。		
②	実験機を設計製作する際、理論と現場の技能・技術を複合して取り組みます。		
③	切断機構を設計する際、独自性を持って創意工夫をします。		
④	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案します。		
⑤	グループメンバーの意見に耳を傾け、課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識持ちます。		
⑥	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、グループのモチベーションを維持します。		
⑦	想定した動作が行われなかった場合には、問題を分析し、その問題の解決に取り組みます。		
⑧	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。		
⑨	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。		
⑩			