

## 養殖ワカメの芯と葉体の分離実験

井上喜洋\*・松村一弘\*\*・板東忠典\*\*\*

### The processing test to separate a leaf from a stem of cultured Wakame seaweed (*Undaria pinnatifida*) using the developed leaf separator machine

Yoshihiro INOUE\*, Kazuhiro MATSUMURA\*\* and Tadanori BANDOU\*\*\*

**Abstract:** The manufacturing system of the salted seaweed product in Japan is extremely labour intensive. The present amount of production is only capable of filling 25% of the demand. To increase production, an automated production system is required that can separate the leaves from the stem, because this is the slowest part of processing in the manufacturing system.

The developed method that separates the stem and leaf of seaweed uses a special knife with guides that run along each side of the stem. As the drum turns it grasps the edge of the stem and pulls the seaweed along as it turns. The leaf of the seaweed is separated from the stem of seaweed by the two cutting knife with guides set in the both sides of a stem, before the stem is taken and wound onto the drum. The stem of the seaweed is removed from the drum roll and the leaf falls downward.

The test of the developed separator was performed to separate a leaf from a stem of seaweed using 260 samples of seaweed. Almost leaves were removed from stems completely except little errors by handling mistakes. The separating performance of the machine was confirmed to be enough and usable for processing of cultured Wakame seaweed.

**Keywords:** leaf separator machine, Wakame seaweed

#### 1. 緒言

養殖ワカメ *Undaria pinnatifida* の国内生産量は1974年に約17万tであったが、中国産および韓国産に押され、2002年では国内需要量約23万トンの1/4である約6万トンに落ち込んでいる。養殖ワカメは、加工され種々のワカメ製品として出荷される。ワカメ製品の主体である湯通し塩蔵ワカメの製造工程は、ほとんどが手作業であり、人件費が製造コストに占める割合も大きい<sup>1)</sup>。このため、製造単価が高く国際市場競争力が弱いので、外国産ワカメが優勢になっている。ワカメ生産量の維持増加には、湯通し塩蔵ワカメ製造工程の省力化が必要とされている<sup>2), 3)</sup>。著者らは、湯通し塩蔵ワカメ製造工程の実態を調査分析し、従来塩蔵後であった芯と葉体の分

離作業を養殖ワカメを収穫した後に行う新工程を提案した<sup>1)</sup>。この新工程を実用化するために最初の課題であった養殖ワカメの芯と葉体の分離方法を考案、開発した<sup>4), 5)</sup>。本研究では試作した芯抜き機の性能について、対象となる養殖ワカメ採集・加工時期のワカメの一般的性状を把握し、芯と葉体の分離実験を行い、実用化への妥当性を検証することを目的とした。

#### 2. 試作した芯抜き機の特徴

試作芯抜き機は、写真1に示す外観を呈し、搬送機構部と分離機構部に大別される。搬送方法は、ローラやベルトの場合にはワカメとの接触力(摩擦力)が無いと搬送できないが機構は単純となる。この方法で搬送実験を行った結果、ワカメ

がローラの接触面で頻繁に滑り安定しないので、ワカメの元芯を掴んで引きドラム状に芯を巻込む機構を採用した。分離機構部は、写真2に示すとおり芯を両側から挟む2個の“コ”の字形状断面のガイドを巻きバネを使い芯へ密着させる機構とし、ガイドの先端部、コの字形状の垂直部分に刃を組み込んである。この機構によりガイドが芯の両側、すなわち芯と葉体の接合部分に密着しているので先端の刃で葉体が切り離される。

芯抜き機の操作は、作業者がワカメの元芯を搬送ドラムの芯挟みに挿入しスイッチレバーを倒すことで、自動的に芯と葉体が分離される。ガイド刃はワカメを作業者が芯挟みに挿入後スイッチレバーを倒すことで、芯と葉体分離位置まで移動し左右から挟み込みガイド窪みにワカメの芯が自動的に位置決めされる。その後、搬送ドラムが回転しワカメの芯がガイド刃に沿って移動し芯と葉体が分離される。搬送ドラムは



写真1 試作芯抜き機外観

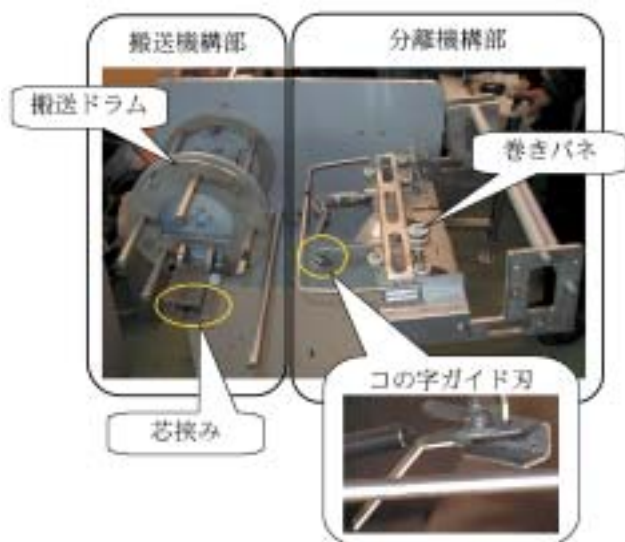


写真2 芯抜き機の主要機構



写真3 分離状況

表1 芯と葉の分離実験装置仕様概要

外觀寸法	H1225 × W685 × D710mm
質量	約38kg
電源	100V, 1 A
主材質	SUS304
適応ワカメ	元芯長さ
	芯幅
	最大ワカメ全長
処理能力	2 ~ 4 sec/本 (ワカメ最大全長調節で異なる)

定められた回転後に停止し、芯挟みを開くので、ドラムに巻き取られたワカメの芯は落下する。この搬送ドラムの回転回数を調節することで、様々な長さのワカメに対応可能である。芯と葉体の分離動作状況を写真3に、実験装置の仕様を表1に示す。

### 3. 実験方法

試作芯抜き機による養殖ワカメ分離性能実験は岩手県広田漁業協同組合の荷捌き所で2002年4月24日に行った。実験方法は、次のとおりである。最初に刈り取られた養殖ワカメ検体の性状計測と葉切れなどの観察検査を行った。その後、加工用のワカメ検体を選別し、芯抜き機でワカメの芯と葉体を分離し、一部について分離後のワカメの芯と葉の損傷などの詳細測定を実施した。残りの検体については、分離状態をビデオで撮影記録し、観察検査の分析資料とした。

#### (1) 刈り取られた養殖ワカメの性状計測

実験用に準備した養殖ワカメは、前年9月下旬に種付けされた、岩手県広田湾口近くの広田漁業協同組合自営の協業化用養殖棚で老成前の最盛期後半の育成状態が良好なものである。通常、養殖棚から刈り取られたワカメは、生育状況も異なり様々な性状のものが混じるため、大まかな選別が行われる。湯通し塩蔵ワカメ製品の対象となるワカメは、芯と葉体が充分成長したものに限られ、未成熟なものは対象とならない。成熟したワカメであっても湯通し塩蔵され芯から切り離



図1 収穫したワカメの計測項目

した葉体が、50cm以上ないと共同販売の基準で安値となる。また、葉体に傷、穴等の傷害のあるものは除かれる。

刈り取られた養殖ワカメの中で加工用に適したワカメの割合を知るため、無作為に入手したワカメから計測検体約150本を抽出し図1に示す箇所について測定を行った。ここで、全長はワカメの芽株（孢子葉）上端部からワカメ葉体の先端部までの長さ、元芯長さはワカメの芽株上端部から元葉（ワカメ葉体の下部）部までの長さ、および先枯れ長さはワカメ葉体の先端部から葉体の変質し、脱色したり、硬質化した部分の下部までの長さを表す。測定上、ワカメの芽株、元葉および葉体の先端部は明らかに区別がつくが、先枯れ部分についてはワカメの成長点が元葉部位にあり、ワカメ先端部から

老成するので、この老成部分の特定には経験的な判断が含まれる。

(2) 分離実験のワカメの性状計測

刈り取られた養殖ワカメから、芯と葉体分離実験には湯通し塩蔵ワカメ製品の対象となる260本を実験検体として選別して用いた。この場合の選別基準は、前述(1)の結果による通常、漁業者が経験的に選別する判断に従った。さらに、芯と葉体の分離実験の計測対象としたワカメの検体本数は60本とした。これらのワカメ検体は、分離前にワカメの大きさの計測と葉切れ（ワカメ葉体の欠損、傷）などの観察検査を行った後に試作芯抜き機でワカメの芯と葉体を分離し、分離後のワカメの芯と葉体の損傷などの観察検査を行い、これらの状態をスチールカメラで記録した（写真4）。この実験では葉体で製品にならない先枯れ部分の事前の切除は行わなかった。ただし、先枯れ部分は製品とならないので、この部分で分離ができない場合も分離状態は良好と判断することにした。残りのワカメ検体200本は、分離状態をビデオで撮影記録し、観察検査の分析資料とした。

4. 結果と考察

(1) 刈り取られた養殖ワカメの性状

養殖ワカメ検体を測定した結果から、全長に対する元芯の長さ、および先枯れ長さを図2、元芯の幅に対する元芯の厚みを図3、ワカメ全長に対する元芯の幅と商品となる葉体部長さ（全長から先枯れと元芯長さを引いた長さ）を図4に示した。これらの結果から見ると先枯れ長さはワカメの全長が長くなるほど長いものが出現しているが、その関係は強くないようであり、元芯の幅と厚みの関係は幅が大きくなるほど厚みの変化が小さくなることが伺える。また、元芯の幅とワカメ全長には直線的な相関が認められる。

塩蔵対象となるワカメは、方法で述べたとおり共販基準により選別される。このような漁業者が経験的に選ぶ基準に従うと、未成熟と成熟の区分は、元芯の幅で18~20mm、成熟葉体の長さ70~80cmが確保されるワカメが選別されていた。この基準を満足する加工対象になるワカメは、図4から刈り取られた養殖ワカメの約7割と推定される。



写真4 ワカメ各部の測定状況

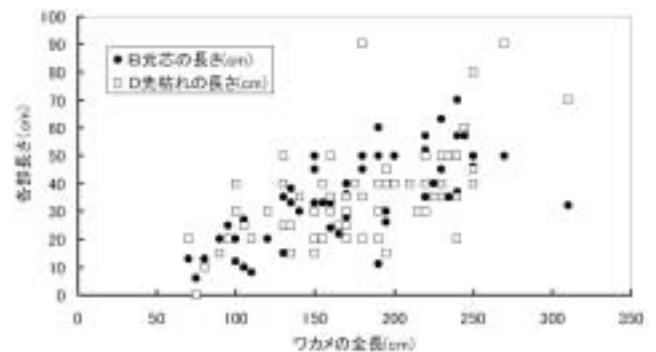


図2 ワカメの全長に対する元芯の長さ先枯れの長さ

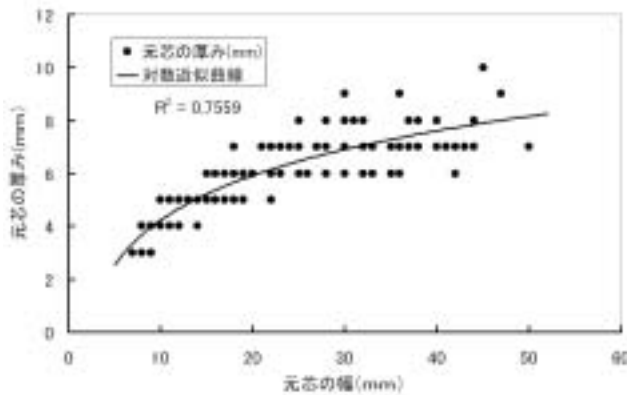


図3 元芯の幅に対する元芯の厚み

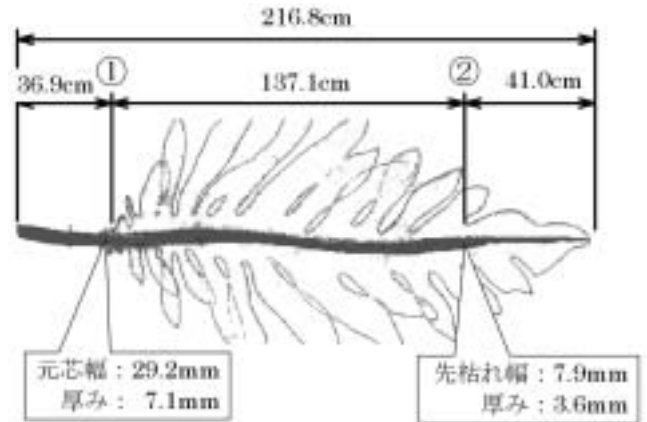


図5 芯抜き実験に対象としたワカメの平均寸法

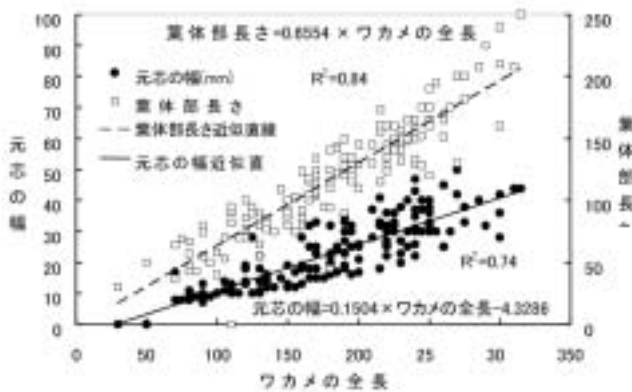


図4 ワカメ全長に対する元芯の幅と葉体部長さ

(2) 分離実験のワカメの性状

試作芯抜き機でワカメの芯と葉体を分離する実験前と実験後の養殖ワカメ検体について、測定したワカメ各部の平均寸法を図5に、分離結果を表2に示す。平均寸法は使用した試作芯抜き機の能力として対象となるワカメの必要な性状を示している。すなわち、元芯の長さ、元芯の幅、厚さ、全長は、ガイド刃の大きさ、切り取り速度、芯の巻き取り回数の調整基準となる。分離結果としては、芯抜き機へのワカメ検体装着ミスにより、葉体を分離できなかったワカメ検体が5本あった。この現象は左右のガイド刃が元芯を挟み損なったため分離ができなかったため、芯挟みへワカメ検体を挿入する位置が浅かったことに原因がある。

また、ワカメ葉体が途中で二つに切れた現象が10本発生したが、これら切れた葉体の一方は、いずれも連続して160～260cmの葉体であった。これらのワカメ葉体は選別基準に当る50cm以上であり、製品となる商品価値を有しているため、必ずしも不良品にはならない。分離実験でワカメの芯が損傷したものは無く、芯に葉体が残ったものも、幅約1cm、長さ数cm以内の小片であり、分離された葉体には影響が少ないものであった。

試作芯抜き機の分離性能としては、77%が良好と判断される分離となったが、装着ミスを除けば、84%が良好と判断さ

表2 試作芯抜き機によるワカメの芯と葉体の分離結果

良好		不良				操作ミス
46		14				
先枯れ分離	先枯れ残り	芯に葉残	葉に芯残	葉切れる	芯切れる	5
24	22	4	0	10	0	

れる結果であった。ただし、本試作芯抜き機では、8%程度の装着ミスが発生し、17%程度のワカメ葉体切れが発生する可能性があると考えられる。いずれの場合もワカメ検体は、商品価値を維持しており、芯抜き機の重大な欠陥とは言えず、分離機構そのものは、充分実用的であると考えられる。

分離状態をビデオ撮影した残りのワカメ検体200本については、いずれも芯と葉体の分離は完全に行われ、葉体の商品価値を損なうものは発生せず良好と判断できるものであった。

5. まとめ

現在、製造工程のほとんどが人手による湯通し塩蔵ワカメ生産システム改善の自動化に対応して開発した試作芯抜き機の分離性能について、対象となるワカメの性状を把握し、葉体と芯の分離実験を実施した。養殖ワカメの最盛期末期では養殖施設で育成した養殖ワカメの中で、加工用に使えるワカメは刈り取られた養殖ワカメの約7割であることが分かった。これらワカメを検体とした試作芯抜き機による芯と葉体の分離実験では、84%が良好と判断され、残りのワカメ葉体も充分商品価値を有していることが明らかになった。芯抜き機の機構としては、装着ミスが8%程度発生するので、製品化に向けての改善項目と考えられる。しかし、分離機構であるワカメの芯を引っ張り、芯の両側に沿わせた“コ”の字形のガイド刃により芯から葉体を切り離す方法は、充分実用的であることが確認できた。

新しい加工システムでは労働生産性を従来の2倍にすることを目標に分離時間は1本当たり3.5秒を想定した<sup>1)</sup>。試作芯抜き機の性能としては2～4秒が可能であったが、今回実際に作業員が操作した時間は、約8秒であり長時間作業の場合

は10秒程度必要と考えられた。芯抜き機の分離性能は、従来の手作業による芯と葉体の分離時間1人1本当たり平均28秒の約3倍であり、一応の効率化は図れるが<sup>1)</sup>、今後加工システム全体としての作業効率、コスト低減等の検討が必要となる。

#### 謝 辞

本研究の実験に際し養殖ワカメの準備、測定にご協力いただいた、岩手県水産技術センター長洞幸夫副所長並びに同センター職員関係者、広田町漁業協同組合清水幸男参事に深謝いたします。また、実験データ収集及び装置の試作に支援をいただいた(有)コムテック広瀬克彦氏、北海道立工業技術センター村田政隆氏に感謝いたします。なお、本研究に用いた試作装置は平成12年度水産業再生・ベンチャー創出緊急技術開発事業で開発したものである。

#### 参考文献

- 1) 濱田武士・松村一弘・井上喜洋・赤井雄次：塩蔵ワカメ製品製造システムの作業分析に基づく省力化の計画．水産工学，38(1)，pp.61-68，2001．
- 2) 赤井雄次：ワカメの需給と価格・流通．平成9年度海面養殖業高度化推進対策事業，ワカメ養殖業全国推進検討会報告書，全国漁業協同組合連合会，pp.40-48,1998．
- 3) 井上喜洋：養殖ワカメ生産性改善に関する課題．平成10年度海面養殖業高度化推進対策事業，ワカメ養殖業全国推進検討会報告書，全国漁業協同組合連合会pp.1-10,2000．
- 4) 塩蔵ワカメ自動加工製造機の開発，2002，平成11年度水産業再生・ベンチャー創出緊急技術開発事業報告書，マリノフォーラム21．
- 5) わかめの芯と葉の分離方法：特許公開2003 - 304841