

平成 24 年度 受託研究成果報告書

金沢箔における澄打紙製造に関する研究
—簡易ニゴ抜き機の改良とニゴ切出し機の試作—

(平成 24 年度 金沢箔技術振興研究所委託研究)

石川県立大学 生物資源環境学部

生産科学科

生産システム学研究室

准教授 大角 雅晴 (農学博士)

平成 25 年 3 月 31 日

目 次

I	はじめに	1
II	簡易ニゴ抜き機4号機	1
III	ニゴ切出し機	8
IV	まとめ	15
	参考文献	16
	3か年の総括	17

I はじめに

金沢市の伝統産業である金箔製造の澄打ち工程において使用される澄打紙には、稲わらの茎の「ニゴ」と呼ばれる部分が大量に必要とされる。図1に稲わらの葉身と葉鞘を取り除いた茎の模式図を示す。ニゴとは図1に示す第1節間のことで、穂首節と穂首節下の止葉の葉鞘が着生する節（以下、止葉節と呼ぶ）の硬い部分を取り除いて採取される。

ニゴを採取するために、現在は人手により1本ずつ稲わらを切断して採取しており、採取能率は極めて悪い。そのため、製箔業界からは、取り扱いとメンテナンスが容易で、しかも安価な「簡易ニゴ抜き機（仮称）」の開発が強く望まれている。

本研究では、止葉節側は引抜き、穂首節側は切断する採取手順を想定し、ニゴを引抜くための機械を開発することを目標としている。昨年度は実験機を数台試作し、その性能評価実験を行った。最終の簡易ニゴ抜き機3号機ではニゴ採取能率は手作業から15.6%向上するにとどまった。その原因としては稲わらが滑り、引き抜けない稲わらが62.6%あり、これを手作業で切断しなおしているためと考えられた。

そこで本年度は稲わらを把持する部分の形状・材質を改良して稲わらの滑りをなくし、抜ける茎の割合を向上することを目標に3号機を改良した。また、新たにニゴ切出し機を考案し、実験機を試作して採取能率を調査した結果について報告する。

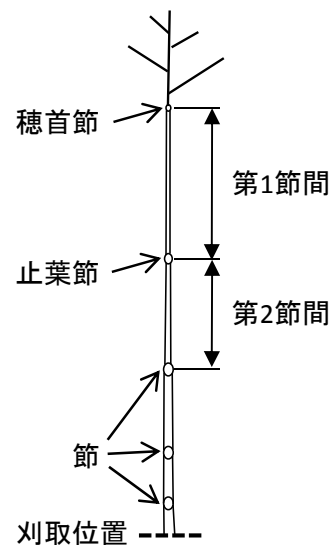


図1 水稻茎の模式図

II 簡易ニゴ抜き機4号機

1. 構造

4号機は3号機の稲わら把持部分の形状を変更した。図2のようにL鋼を山形に設置した置き台の上に稲わらを置き、その上から図3のように別のL鋼を重ねるように置く。重ねたL鋼は図4のようにL型クランプで固定する。クランプには固定作業速度を向上させ、多少の調節も可能になるようにラチェット式を採用した。

この装置では図4のように台座上のL鋼の上になるべく稲わらが重なり合わないよう広げ、その上からL鋼を重ねて前後のラチェット式クランプを下ろしてこれを押さえる。油圧ポンプを動かすことで油圧シリンダーにより図2左側の台が奥に押されて動き、生じた引張荷重によって稲わらを切断するしくみになっている。ラチェット式クランプは小さい力で容易に下ろすことが可能である。また油圧ポンプは手動で動かす必要があるが大きな力はない。

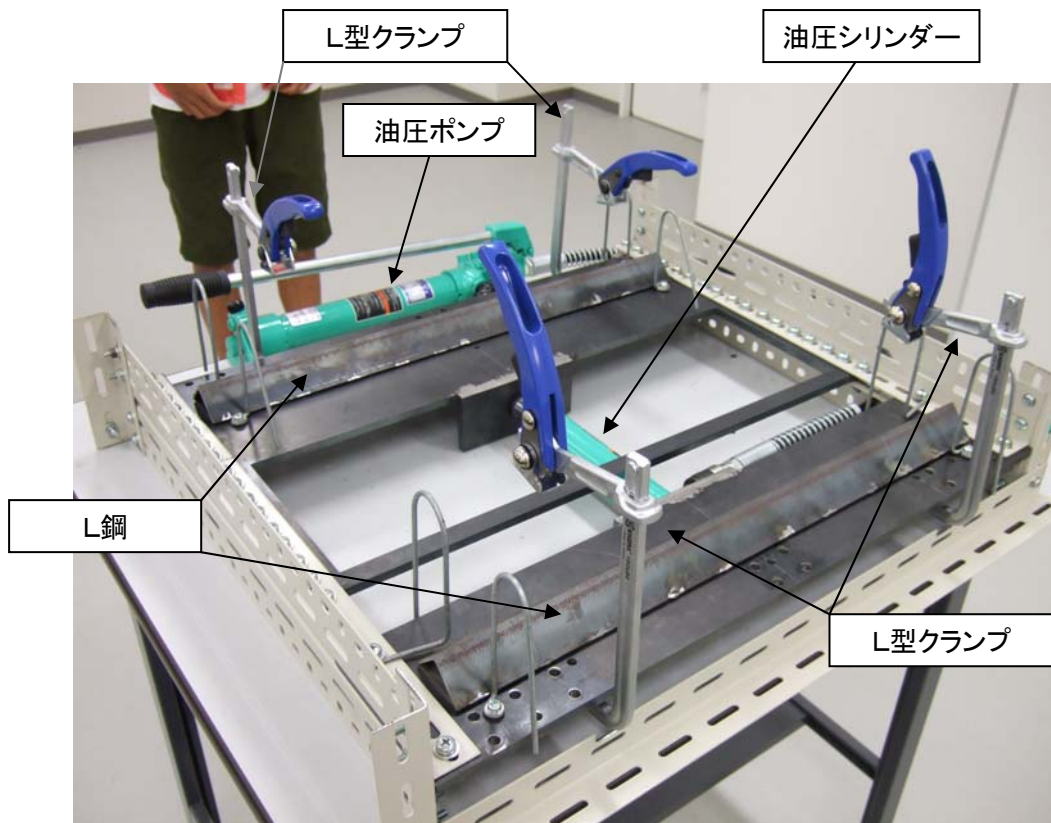


図 2 簡易ニゴ抜き機 4 号機の外観



図 3 稲わら固定用 L 鋼



図4 ラチェット式クランプ

またL鋼だけでは山形の頂点部が鋭利であるため、その部分でニゴが切断されてしまう場合が多かった。その対策としてポリ塩化ビニール製のメッシュ状のマットを両面テープで接着した。その様子を図5に示す。マット表面には凹凸があり、最大の厚さは2mmである。

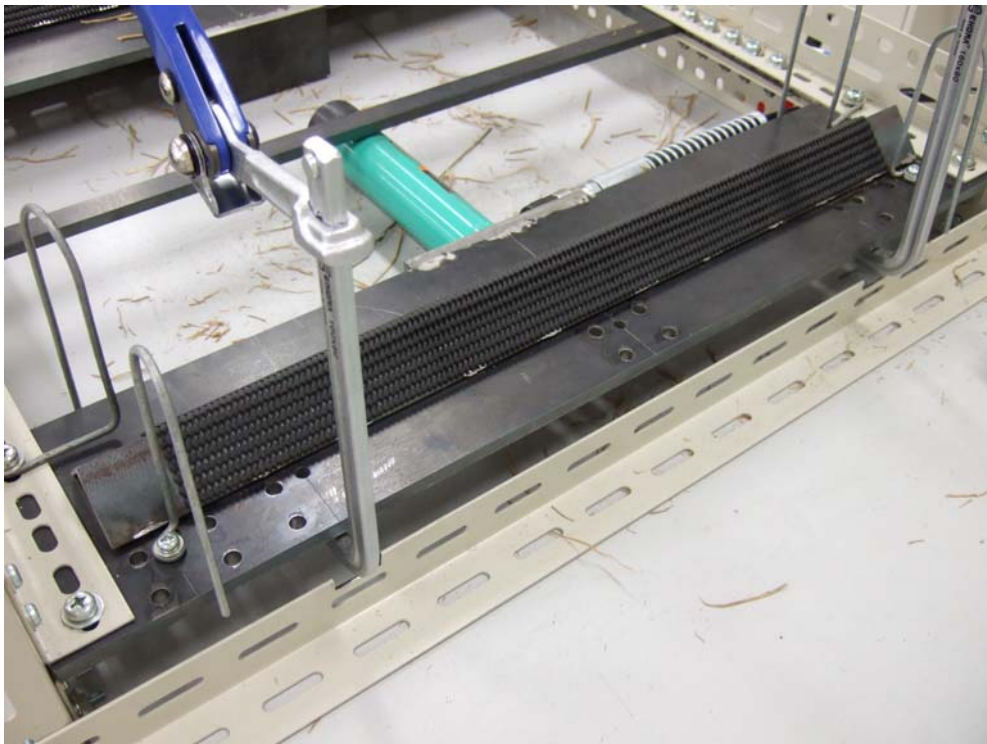


図5 滑り止めマットを貼り付けた状態のL鋼

2. ニゴ抜き性能試験

(1) 目的

試作したニゴ抜き機実験機を使用して引き抜かれたニゴの形態を調査した。

(2) 実験方法

図 2 に示す簡易ニゴ抜き機 4 号機を用いて実際に稲わらを引き抜き、採取されたものについてその形態を調査した。その際に機械に設置する稲わらの量を変化させ、最適な稲わらの量を検討した。

実験機の操作手順は次の通りである。

i) 稲わらの準備

稲束から、台上に適量の量の稲わらを取り出す。

ii) 稲わらの設置

油圧シリンダーで移動する側が穂首側にくるような向きで広げて設置する。この際、止葉節が左右の L 鋼の間にくるように設置する。

iii) クランプ降下

稲わらに L 鋼を乗せてその上にラチェット式クランプを下ろし、稲わらを固定する。

iv) 手動ポンプ使用

手動ポンプを動かして稲わらを引き抜く。

v) 台の位置を戻す

手動ポンプの栓を開き油圧シリンダーの位置を元に戻す。

vi) 刈取部側のクランプ解除

刈取部側のラチェット式クランプを上げる。

vii) 不要部分の除去

刈取部側の L 鋼を外し、不要な稲わらを除去する。

viii) 採取

穂首側の L 鋼を外し、残った稲わらを採取する。

(3) 実験結果

簡易ニゴ抜き機 4 号機によって採取された稲わらの形態は様々であったため、図 6 に示すような(a0)から(f)の 7 つの形態に区分してそれぞれの本数を調査した。

(a0)から(f)までの形態は下記のとおりである。

(a0) : 穂・穂首節・ニゴが残っているが穂首節からの長さが 20cm 以下で、切断位置は止葉節以上。

(a) : 穂・穂首節・ニゴが残っており穂首節からの長さが 20cm 以上で、切断位置は止葉節以上。

(b) : 穂・穂首節・ニゴ・葉が残っており、切断位置は止葉節以上。

(c) : ニゴだけが残っており、切断位置は止葉節以上。

(d) : 穂・穂首節・止葉節・ニゴ・葉が残っており、切断位置は止葉節より下部で第 2 節以上。

(e) : 穂・穂首節・止葉節・第 2 節・ニゴ・葉が残っており、切断位置は第 2 節より下。

(f)：穂首側または刈取部側が滑り、茎が切断されずに稲わらがそのまま装置に残ったもの。

この実験機は稲わらを止葉節のすぐ上で切断し、茎を引き抜くことを目的とした装置である。採取されたものは本来(b)の状態を得られることを想定している。上記のうち止葉節が切断されているのは(a0)、(a)、(b)、(c)である。しかし(a0)の状態はニゴ部分が短すぎるため理想的とは言えない。よって(a)、(b)、(c)のいずれかの状態であれば理想的に採取されていると考えることができる。また(d)、(e)は採取できたが切断位置が想定とは異なっていたものであり、(f)は採取できなかったものである。これらはハサミを使用して手直しが必要となる。

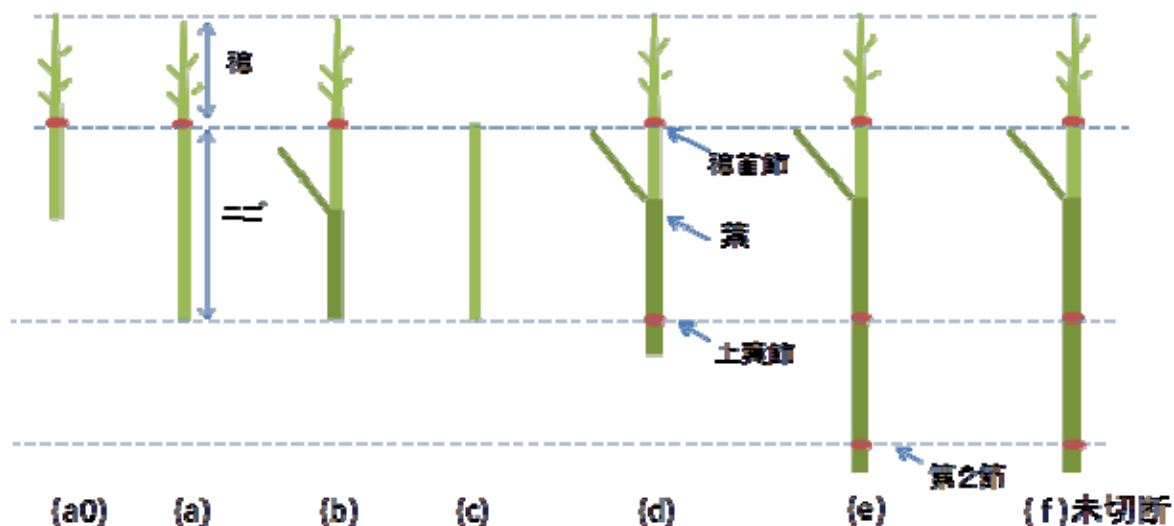


図6 引き抜かれた稲わらの形態

この実験で採取された(a0)から(f)のそれぞれの形態の割合を表1に示した。実験機に設置した稲わらの数は30本、50本、80本、そして100本の4水準とし、同条件で3回実験を繰り返した。

表1 採取された形態ごとの割合

設置本数	a0[%]	a[%]	b[%]	c[%]	d[%]	e[%]	f[%]
30	31	24	14	0	31	0	0
30	24	38	10	0	24	4	0
30	27	33	17	0	23	0	0
50	24	16	18	0	36	6	0
50	24	27	16	0	28	4	1
50	19	18	11	0	33	17	2
80	15	17	19	0	40	6	3
80	19	17	19	0	39	4	2
80	14	20	24	0	32	9	1
100	11	16	17	0	38	11	7
100	16	19	17	0	40	1	7
100	20	16	11	0	34	14	5

図 7 に(a0)の割合と設置本数の関係を示す。(a0)割合は全体の約 10~30%を占めている。設置本数が増えるごとに割合は減少する傾向があるが、80 本で下げ止まりが見られる。

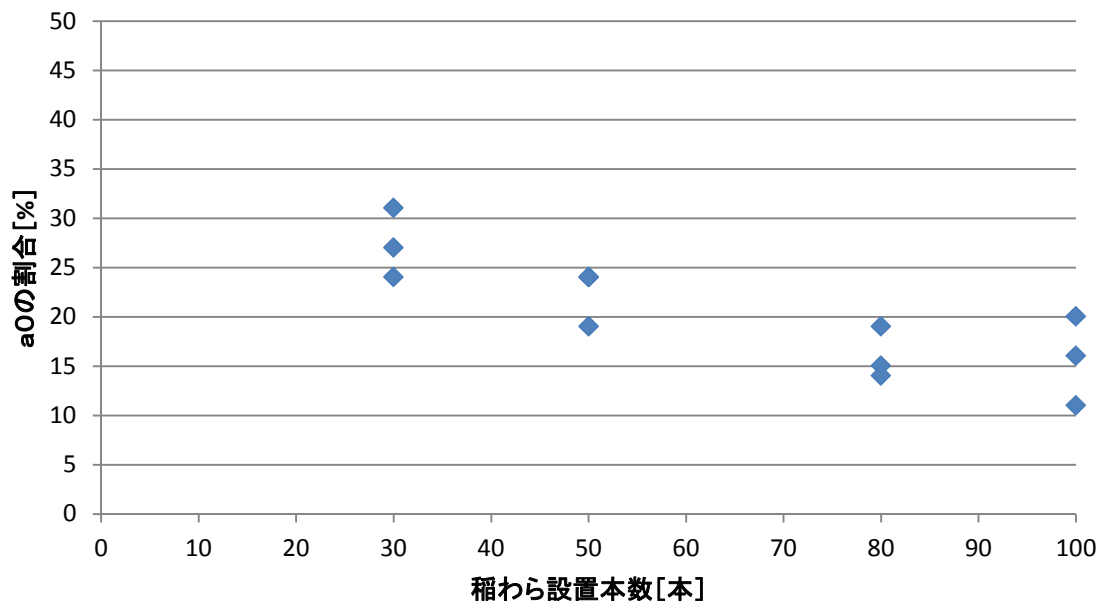


図 7 (a0)の散布図

図 8 に(f)の割合と設置本数の関係を示す。設置本数が増えるごとに増加はしているが、最大 7%であった。簡易ニゴ抜き機 3 号機では 62.6%であったことから、稲わら把持部の改良は効果があったと考えられる。

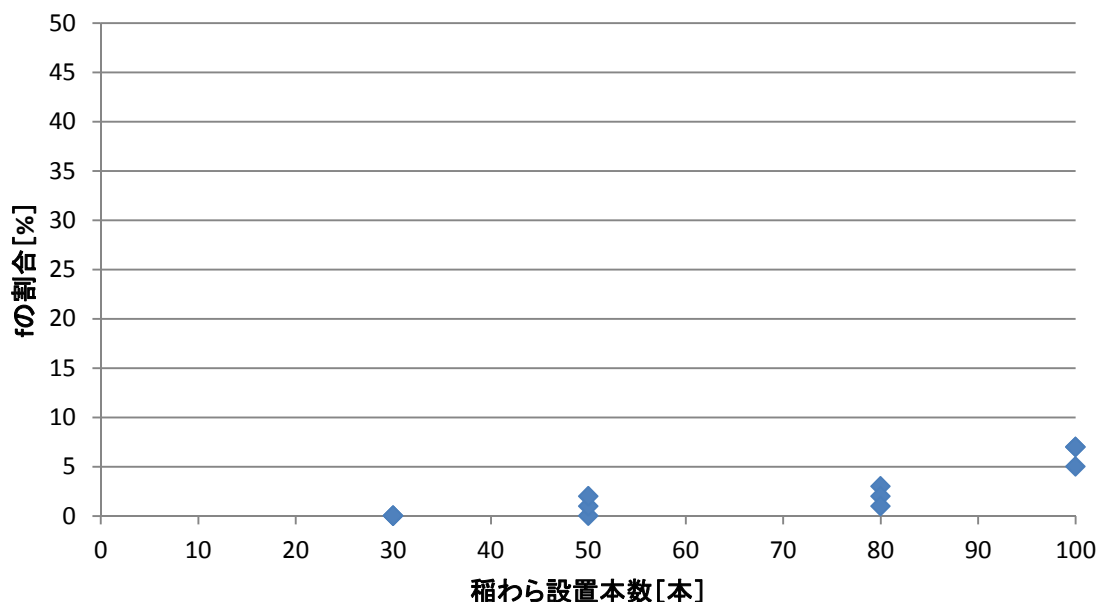


図 8 (f)の散布図

図 9 に(d)と(e)の合計の割合と設置本数の関係を示す。設置本数が増えるごとに増加する傾向がある。設置本数が多くなると 50%程度まで割合が上昇してしまう場合がある。稲わら 1 本ごとに引張り試験を行った結果では平均 22.3%であったが¹⁾、同時に多数を引き抜く場合は 2 倍程度増加した。

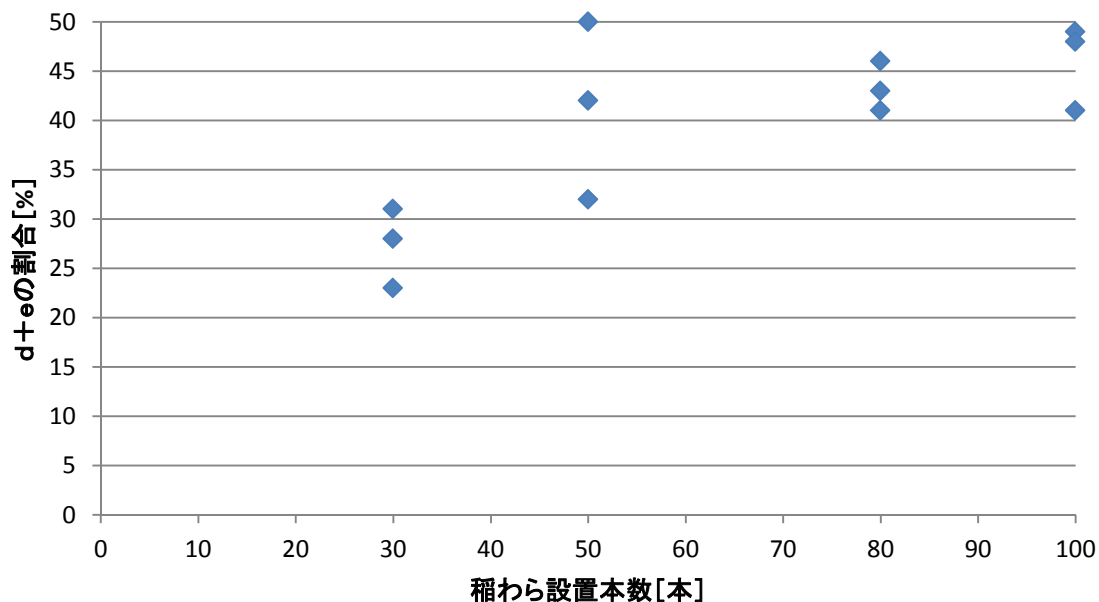


図 9 (d)、(e)の合計の散布図

図 10 に(a)と(b)、そして(c)の合計の割合と設置本数の関係を示す。設置本数が増えるごとに減少する傾向がある。

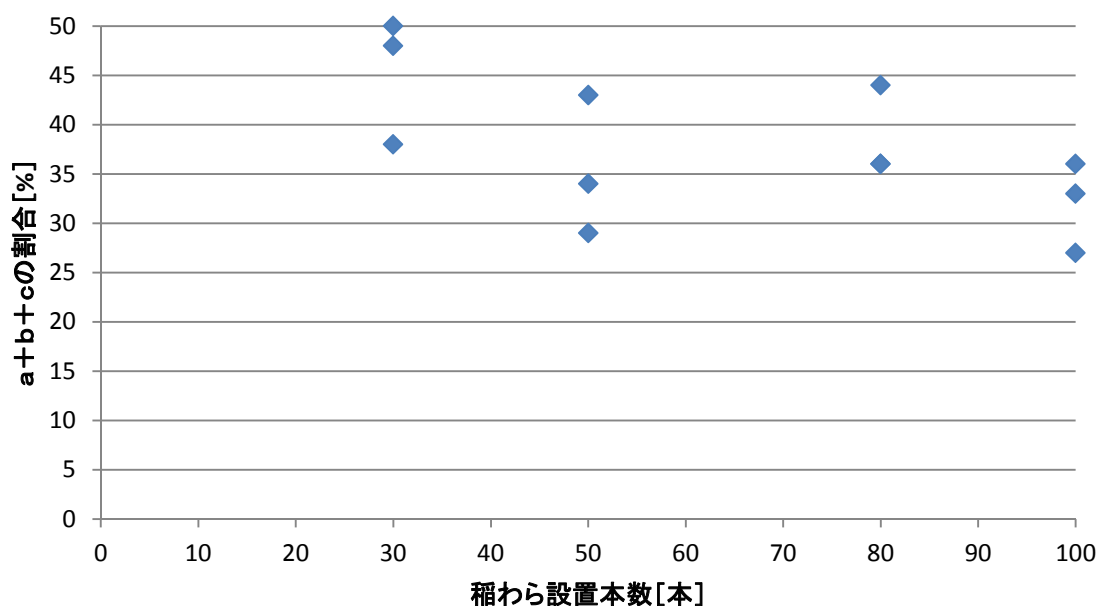


図 10 (a)、(b)、(c)の合計の散布図

3. 考察

引き抜ける茎の割合を向上することを目標に 3 号機の稲わらを把持する部分の形状・材質を変更して稲わらの滑りをなくすよう改良した。実験の結果、稲わらが滑る現象(f)は 62.6%から 0～7%にまで低減できた。しかし、手直しが必要な(d)、(e)の割合が 30～50%に及んだ。その結果、ニゴ抜き機に求められている(a)、(b)の割合は 26～50%にすぎなかった。

澄打ち職人の方々に意見をいただいた結果、手直しする必要がある割合が高いためニゴ採取能率の大幅な向上は見込めないものと考えられ、導入するのは困難との意見が多かった。

III ニゴ切出し機

1. ニゴ切出し機 1 号機概要

ニゴを引き抜く方法では手直し作業が多く必要になるため、別のニゴ採取方法を考案し実験機を試作した。図 11 に示すように、モータ駆動される 2 本の搬送ベルトに渡すように稲わら 1 本を置き、搬送してモータ駆動により回転する左右 2 枚の円形刃を使用して切出す方式である。切出す長さは約 300mm である。切出した後、手作業でニゴだけを葉鞘から抜き取る必要がある。

稲わらは作業者が稲束から 1 本ずつ取り出し、位置合わせをして搬送ベルトに供給する必要があるため、採取能率はこの速度に大きく影響される。1 号機では円形刃や搬送ベルトに問題があり改良が必要であった。

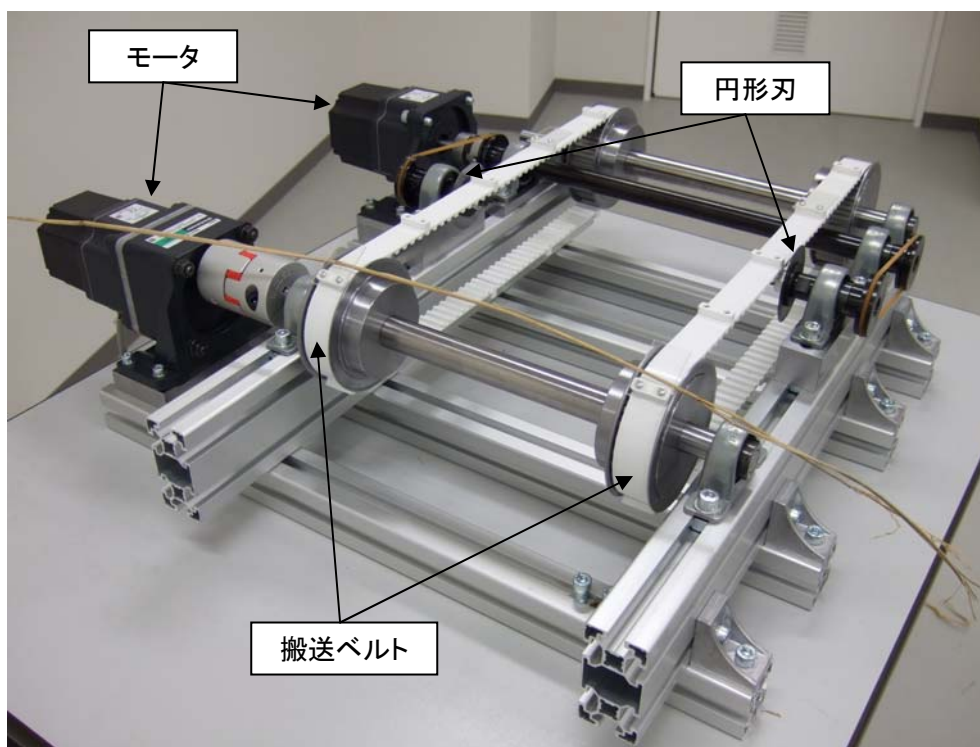


図 11 ニゴ切出し機 1 号機

2. 澄職人との意見交換会

10月27日、金沢職人大学校に澄職人の方々に参集していただいた。簡易ニゴ抜き機4号機とニゴ切出し機1号機を持ち込み、実演と今年度の実験結果の説明を行った後、意見交換を行った。次のような意見や質問があった。

- ・ニゴ抜き機は手直しが必要になるので面倒である。切出し機の方が良いのではないか。
- ・ニゴ切出し機の形状は運搬や保管のことを考慮すると卓上型が良い。
- ・ニゴ切出し機の搬送ベルトの速度を現在の2倍程度にしてほしい。
- ・ニゴ切出し機の安全カバーは機械全体を覆うのではなく、カッター部分だけで良いのではないか。
- ・ニゴ切出し機に稲わら供給台を用意して、供給しやすいように形状を工夫してほしい。
- ・ニゴ切出し機の搬送ベルトを水平ではなく前上がりにした方が、搬送が安定するのではないか。
- ・ニゴ切出し機のカッターの耐久性はどの程度か。

3. ニゴ切出し機2号機

(1) 構造

澄職人の皆さんからいただいた意見を参考にして1号機を改良した。図12～図15にニゴ切出し機2号機を示す。図13に向かって右側が穂首節側、左側が止葉節側となるように稲わらを1本ずつ搬送ベルトに設置する。モータで駆動される搬送ベルトは穂首節側、止葉節側それぞれ2本に増やされ、6mm程度の間隔で取り付けられている。その間に円形刃を上下に2枚取り付けている。

搬送ベルトには図15のように100mm間隔で突起が取り付けられており、これが稲わらを支持して円形刃に押し付け、稲わらを切断する。内側のベルトの突起には樹脂板にスポンジを貼り付けた爪を取り付け、ニゴ部分を確実に把持する構造となっている。

円形刃は交換の容易さを考慮して、市販されている円形刃カッターの替刃を利用している。1号機とは異なりモータ駆動はされないが、それぞれ独立した回転軸に取り付けられており、切断時の抵抗力が大きくなると回転してその負荷を逃がすような構造となっている。また、2枚の円形刃の隙間に切りくずが引っかかったり、切れ味が悪くなった場合は手動で回転させて切りくずを除去したり切断位置を変えることができる。

ニゴ取出し装置は搬送ベルトの回転方向と逆向きに回転し、ニゴを搬送ベルトから取り外すためのものである。

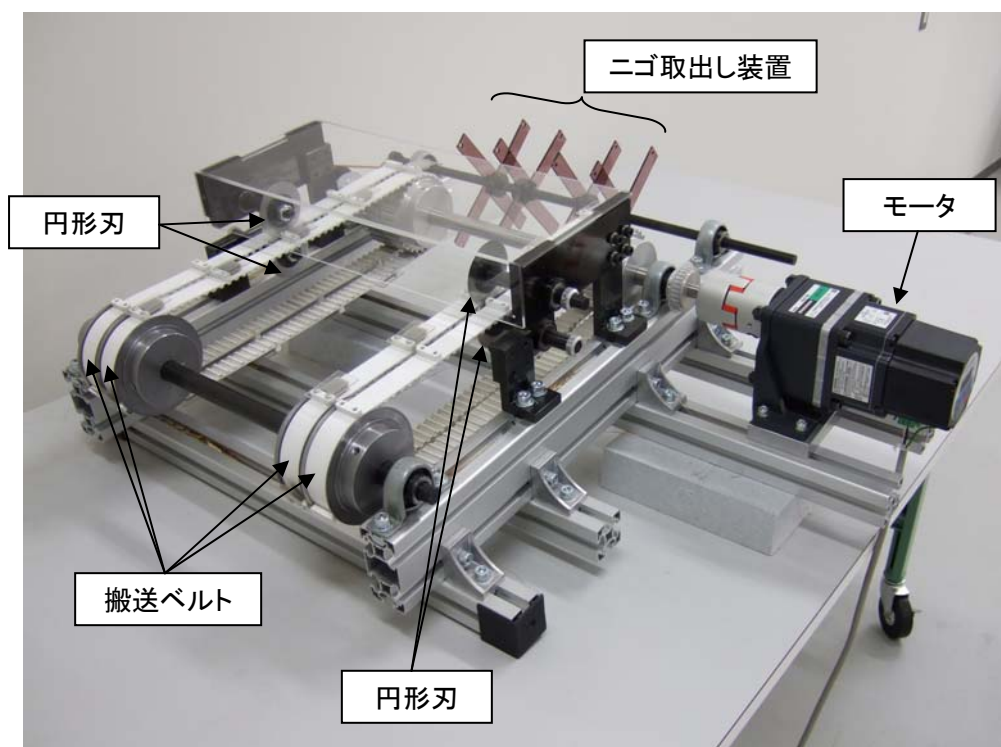


図 12 ニゴ切出し機 2 号機 (a)

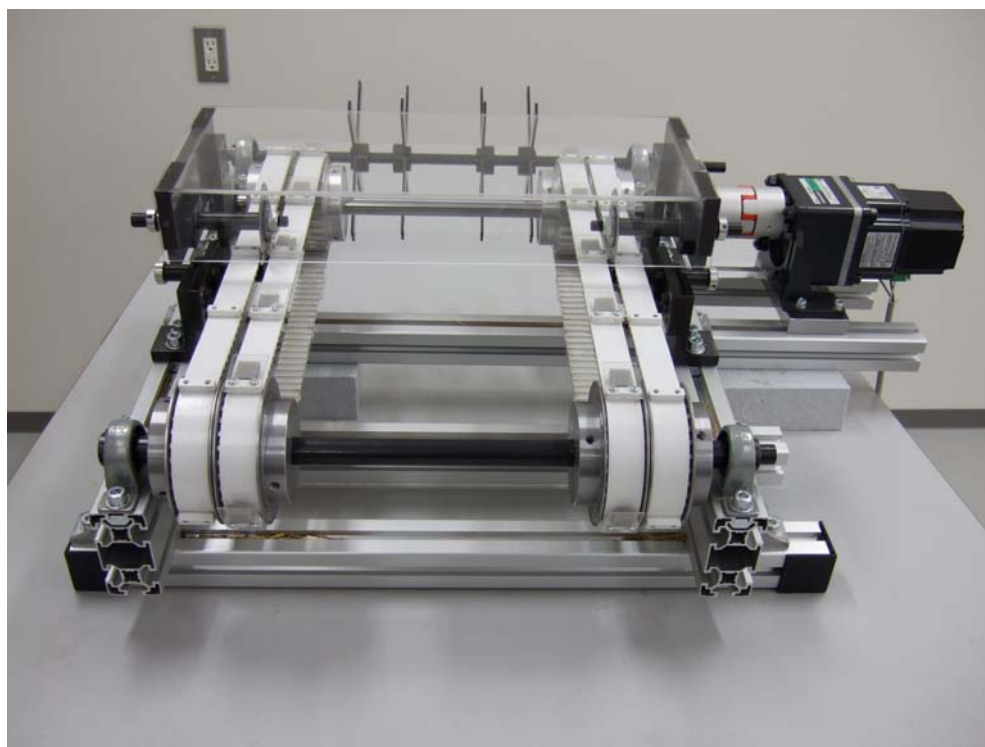


図 13 ニゴ切出し機 2 号機 (b)

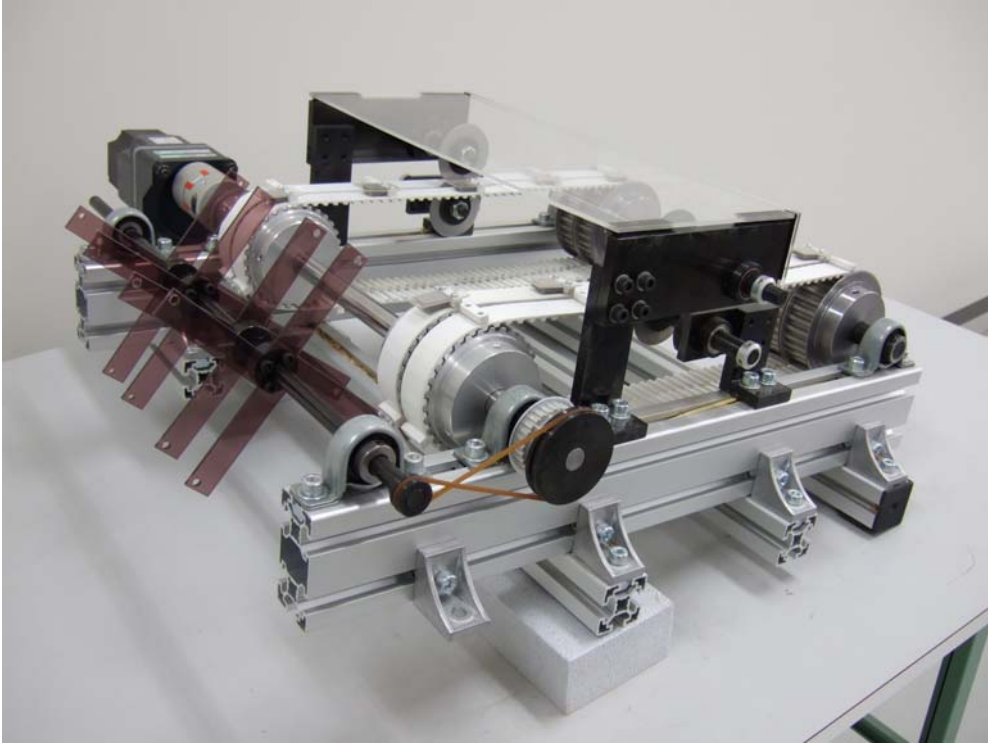


図 14 ニゴ切出し機 2 号機 (c)

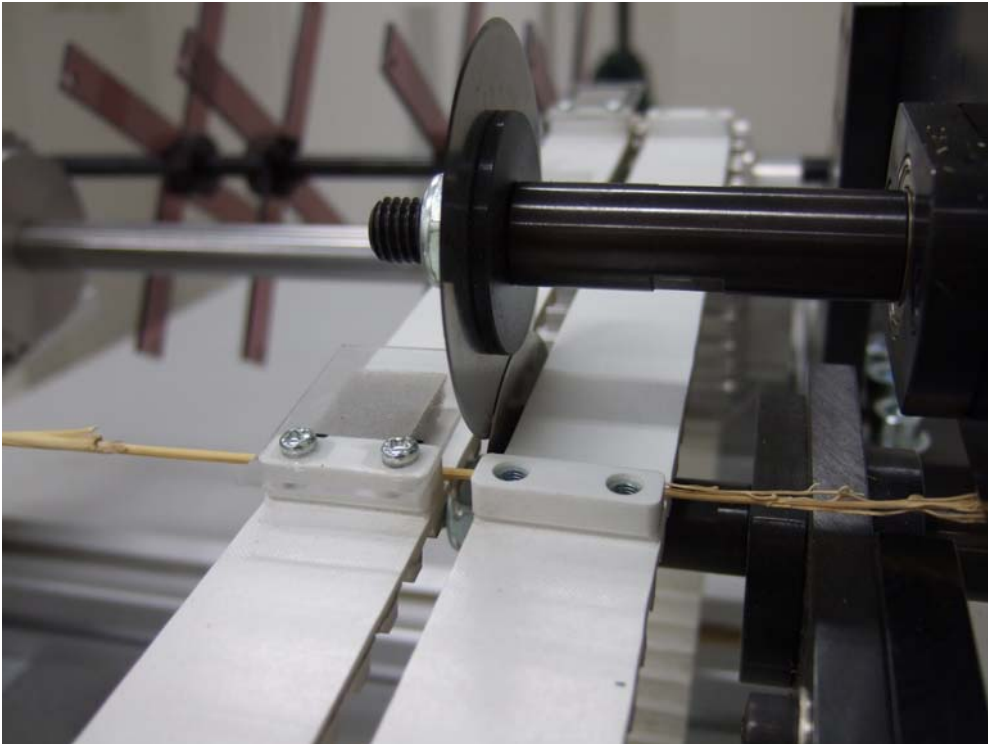


図 15 円形刃と搬送ベルト（穂首節側）

(2) ニゴ採取能率

①実験方法

ニゴ切出し機 2 号機を使用してニゴ採取作業を 1 束ごとに行い、採取作業の様子をビデオカメラで撮影した。その際、稲わらは止葉節が円形刃の外側に位置するように（以下、止葉節基準と呼ぶ）設置した。また、比較するために従来のハサミを使用した手作業についても同様に撮影を行った。採取されたニゴの本数を記録し、撮影された映像から採取作業に要した時間を測定してニゴ採取能率を求めた。作業者はニゴ採取作業の経験がある男子学生 1 名（以下、作業者 A と呼ぶ）で、繰り返し数は 5 回とした。

②実験結果

実験結果を図 16 に示す。1 時間あたりの採取本数の平均値を示している。エラーバーは標準偏差である。ハサミを使用した手作業では 340.6 本/h であったがニゴ切出し機 2 号機を使用した場合は 466.5 本/h となり、作業能率は 36.9% 向上した。

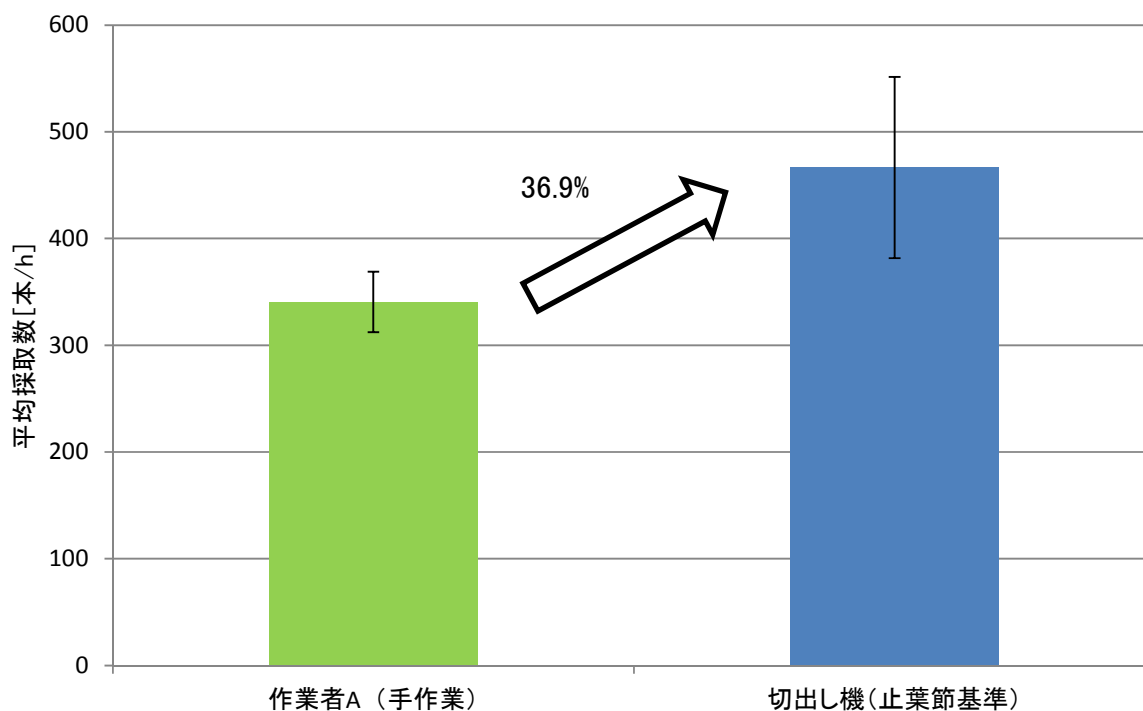


図 16 ニゴ採取作業能率

(3) 作業者による作業能率の差異

①実験方法

ニゴ採取作業未経験の男女 2 名ずつの学生に (2) 項と同様なニゴ採取作業を行ってもらった。さらに、ニゴ切出し機 2 号機を使用した作業では穂首節を基準にして稲わらを設置する方法を追加した。1 束ごとのニゴ採取作業をそれぞれ 7 回繰り返したが、作業者が未経験者であることを考慮して最初の 2 回分の実験は除外してデータ分析を行った。

②実験結果

実験結果を図 17 に示す。1 時間あたりの採取本数の平均値を示している。エラーバーは標準偏差である。採取能率に個人差はあるが、ニゴ切出し機 2 号機に穂首節を基準にして稲わらを設置した場合は手作業より 20.9%~82.5%、平均 49.8%採取能率が向上していた。

一方、止葉節を基準にして稲わらを設置した場合は-17.5%~26.1%となっており、採取能率が向上している場合もあるが、むしろ悪化してしまう場合もあった。平均は 5.9%であり、止葉節を基準にして稲わらを設置した場合、採取能率の向上はほとんど認められなかった。

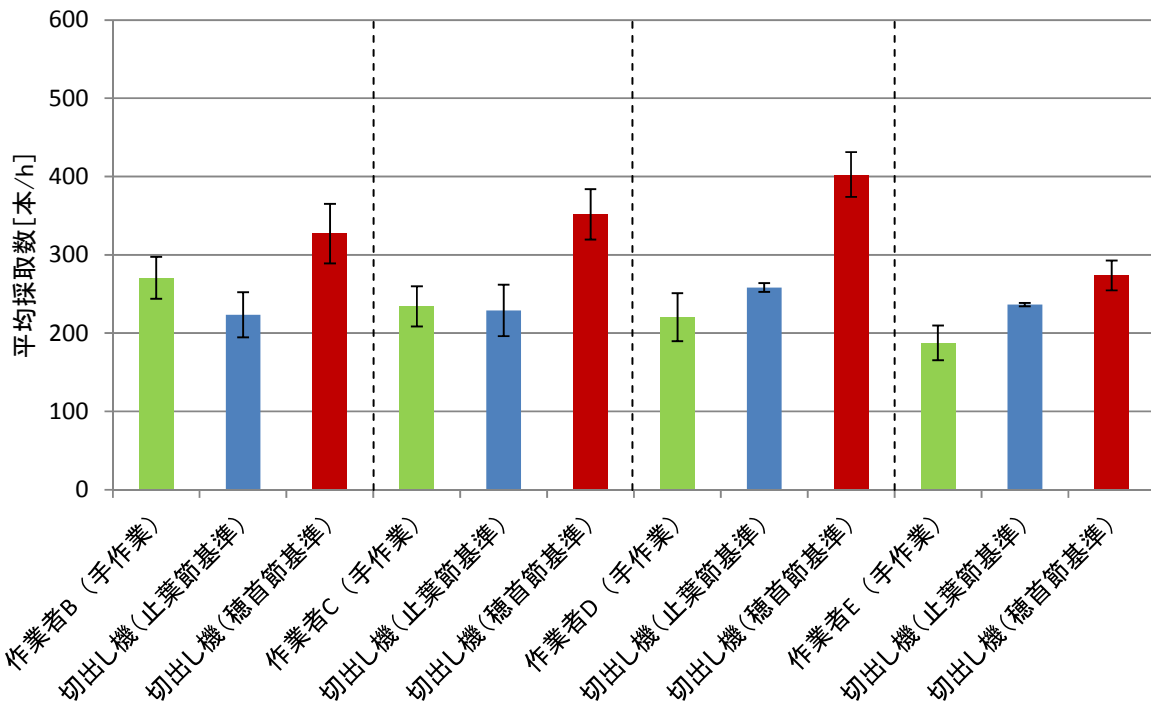


図 17 ニゴ採取作業能率

4. 考察

ニゴ切出し機 2 号機に止葉節を基準にして稲わらを設置した場合、採取能率が向上しなかった原因を検討する。図 18 に稲わらをニゴ切出し機 2 号機に設置しニゴ部分を切出す能率 (ニゴ切出し作業能率) を、図 19 に葉鞘からニゴを抜き出す能率 (ニゴ抜き作業能率) を示す。図 18 よりニゴ切出し作業能率は止葉節基準で設置した場合であっても手作業より能率は大きく上回っている。向上率は 54.5%~126.4%、平均 81.3%であった。一方、図 19 より葉鞘からニゴを抜き出す能率は手作業に比べて-19.7%~59.6%、平均-49.0%悪化した。穂首節基準で設置した場合は手作業と同等であった。したがってニゴ切出し機 2 号機に止葉節を基準にして稲わらを設置した場合に採取能率の向上が認められない原因は、切出した後に葉鞘からニゴを抜き出す作業に時間を要しているためと考えられる。

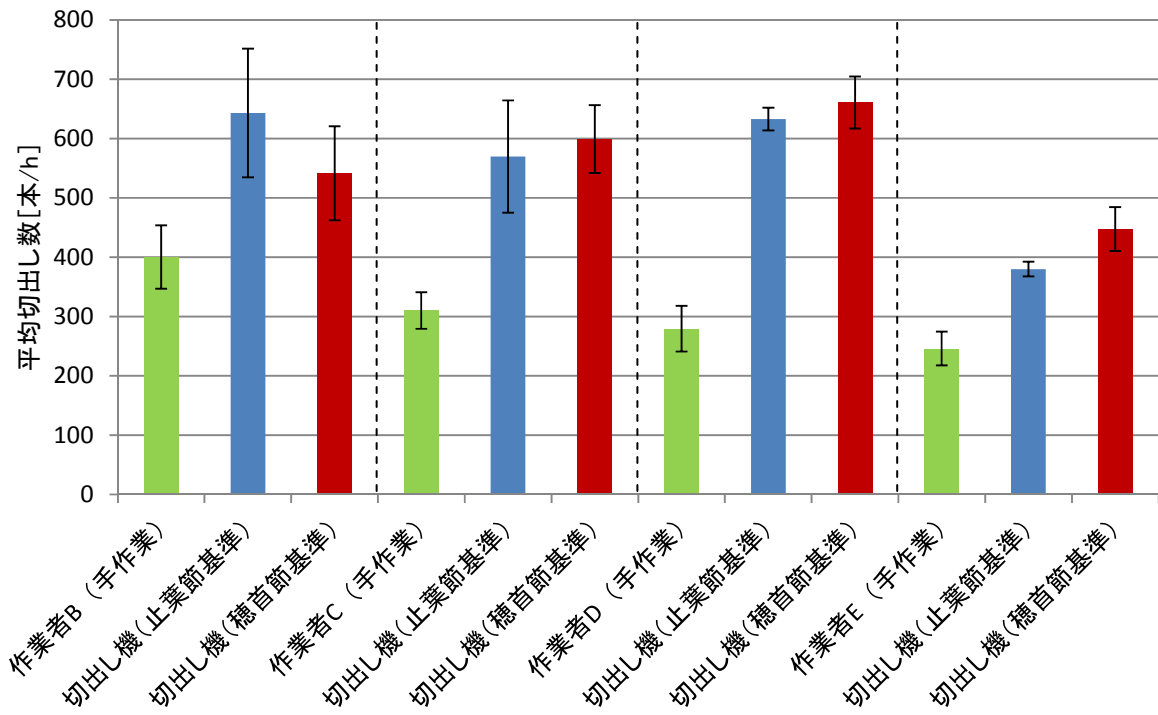


図 18 ニゴ切出し作業能率

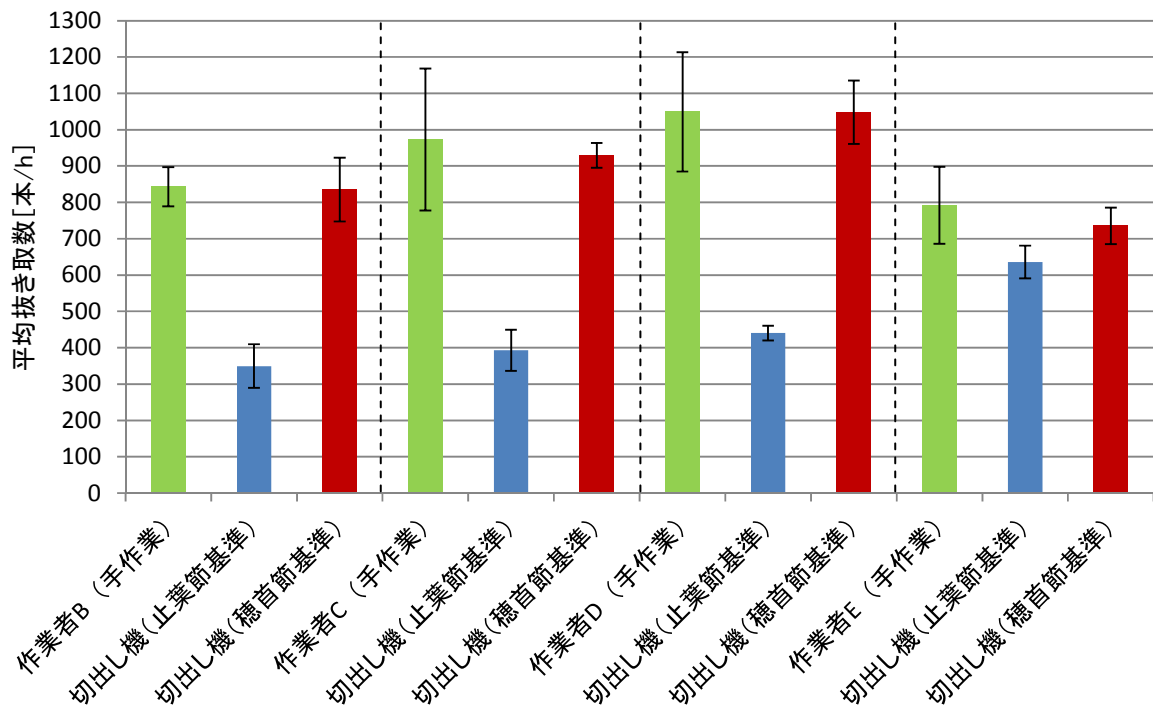


図 19 ニゴ抜き作業能率

ニゴ抜き出し作業能率の悪化原因は、稲わらの第1節間の長さに関係すると考えられる。作業を観察すると、第1節間が適当な長さである場合は図20(a)に示すように、穂首側においてはニゴが葉鞘から露出している状態で切出される場合が多く、葉鞘からニゴを引き抜くのは容易であった。しかし、第1節間が長い場合は図20(b)のようにニゴが葉鞘に完全に覆われた形態で切出されるため、葉鞘を一部除去しニゴを露出するために時間を要していた。

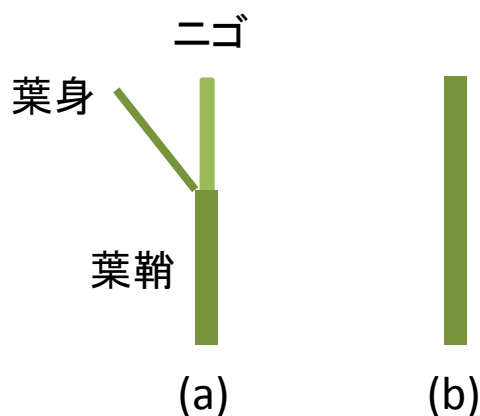


図20 切出し後の穂首側形態の違い

穂首節を基準に設置した場合は第1節間長の長さに関係なく、ほぼ図20(a)の形態で切出されるため図19に示すようにニゴ抜き出し作業能率の悪化は認められない。また、図18に示すように切出し作業能率も止葉節を基準とした場合よりも良好な場合が多い。

したがって今回開発したニゴ切出し機2号機では、稲わらを穂首節基準で設置したほうが安定して採取能率を向上させることができると考えられる。

さらにニゴ採取能率を向上させるためには、ニゴを葉鞘から抜き取る作業を機械化する必要がある。実現できれば図18のニゴ切出し作業能率がそのままニゴ採取能率になり、図17に示したハサミを使用した手作業から100.0%~199.6%、平均148.5%向上する。つまり、計算上は1時間あたりのニゴ採取数は約2~3倍になる。

IV まとめ

昨年度試作した簡易ニゴ抜き機3号機は稲わらの把持性能が十分ではなく、平均62.6%の稲わらに滑りが発生した。そこで今年度は稲わらを把持する部分の形状・材質を改良して稲わらの滑りをなくし、引き抜ける茎の割合を向上することを目標に3号機を改良した。試作した簡易ニゴ抜き機4号機では、稲わらが滑る割合を0~7%にまで低減できた。しかし、理想的な状態で引き抜くことができたニゴの割合は26~50%にすぎなかった。澄打ち職人の方々に意見をいただいた結果、手直しする必要がある割合が高いためニゴ採取能率の大幅な向上は見込めないものと考えられ、導入するのは困難との意見が多かった。

そこで別のニゴ採取方法を考案し、ニゴ切出し機を試作した。この機械では作業者が稲束から稲わら1本を取り出し機械に設置する必要がある。また、ニゴ部分が切り出された後に作業者が

葉鞘からニゴを引き抜く必要がある。ニゴ切出し機 2 号機で採取能率を測定した結果、穂首節を基準にして稲わらを設置した場合は採取能率が安定して向上し、手作業より 20.9%～82.5%、平均 49.8%採取能率が向上した。

さらにニゴ採取能率を向上させるためには、ニゴを葉鞘から抜き取る作業を機械化する必要がある。実現できればニゴ切出し作業能率がそのままニゴ採取能率になり、計算上は 1 時間あたりのニゴ採取数はハサミを使用した手作業の約 2～3 倍になる。

参考文献

- 1) 大角雅晴、2011、「金沢箔における澄打紙製造に関する研究－簡易ニゴ抜き機開発のための予備調査と試作機の検討－」、平成 22 年度受託研究報告書、p12

3か年の総括

金箔製造の澄打ち工程において使用される澄打紙の主原料である、稲わらの「ニゴ」と呼ばれる部分を能率よく採取するために、安価な「簡易ニゴ抜き機（仮称）」が必要とされている。本研究では、止葉節側は引抜き、穂首節側は切断する採取手順を想定し、ニゴを引抜くための機械を開発することを目標としてきた。

平成 22 年度は、簡易ニゴ抜き機的设计に必要なと考えられる基本的な知見を得るために茎寸法の測定やニゴの引き抜きに必要な荷重の測定を実施した。その結果、次の事項が明らかとなった。

(1) 稲束の把持位置は、第 1 節間側は刈取位置から 550mm 程度、第 2 節間側は 200mm 程度離れた位置が適当である。ただし、刈取位置から止葉節までの長さは地表面からの刈取高さによってシフトするため、稲束の把持位置をある程度調節可能な構造としておく必要がある。

(2) 従来のハサミを使用した手作業で 1 時間当たり採取できるニゴ数は平均 221.9 本、24.98g であった。ニゴの平均長さは 334.2mm で、長さ 300mm 以上の割合は 84.1%であった。

(3) 従来の手作業を分析した結果、ニゴ抜き機の主作業である止葉節の切除は全作業時間の 50～60%を占めていた。したがって、この作業だけを高能率化しても 2 倍程度の能率向上にとどまることになる。さらに高能率化を図るためにはニゴ抜き機から稲束を取り外す際に能率よく第 1 節間を抜き取ることができるような工夫が必要と考えられた。

(4) 1 本の稲わらからニゴを引き抜くために必要な荷重は平均 66.2N（約 6.8kgf）であった。稲束に含まれる茎数を 150 本と仮定すると、単純には 9930N（約 1013kgf）の引張り荷重が必要になる。

(5) 稲わら 1 本ごとにニゴの引き抜きを行った後、手直しとして止葉節を切除しなければならない割合は平均 22.3%であった。

(6) 稲わら 1 本ごとにニゴを引き抜いた場合のニゴの平均長さは 319.6mm で、長さ 300mm 以上の割合は 72.9%であった。手作業と比べて 11.2 ポイント低下した。

平成 23 年度はそれらの知見に基づき実験機を 3 台試作し、その性能評価実験を行った。稲束ごと把持して引抜くことは困難であったので、稲わらが互いに重ならないように広げて固定する方式を採用した。しかし、その場合でも稲わらが滑り、引き抜けない場合があった。把持幅を 600mm とした 3 号機では引き抜けないため手直しする必要がある稲わらが平均 62.6%あった。この時のニゴ採取能率は平均 323.0 本/h で、同じ作業者が手作業で採取した場合より 15.6%向上するにとどまった。

平成 24 年度は稲わらを把持する部分の形状・材質を改良して稲わらの滑りをなくし、引き抜ける茎の割合を向上することを目標に簡易ニゴ抜き機を改良した。試作した 4 号機では、稲わらが滑る割合を 0～7%にまで低減できた。しかし、切断される位置が不良で手直しが必要な割合が 30～50%に及んだ。平成 22 年度に行った稲わら 1 本ごとの引き抜きより最大 2 倍程度多くなった。澄打ち職人の方々に意見をいただいた結果、手直しする必要がある割合が高いためニゴ採取能率の大幅な向上は見込めないものと考えられ、導入するのは困難との意見が多かった。

そこで別のニゴ採取方法を考案し、ニゴ切出し機を試作した。この機械では作業者が稲束から稲わら 1 本を取り出し機械に設置する必要がある。また、ニゴ部分が切り出された後に作業者が葉鞘からニゴを引き抜く必要がある。澄打ち職人の方々の意見を反映したニゴ切出し機 2 号機で

採取能率を測定した結果、穂首節を基準にして稲わらを設置した場合は採取能率が安定して向上し、個人差はあるが手作業より 20.9%~82.5%、平均 49.8%採取能率が向上した。この機械の有用性については澄打ち職人の方々に長時間使用していただき評価を受ける必要があると考えている。

さらにニゴ採取能率を向上させるためには、ニゴを葉鞘から抜き取る作業を機械化する必要がある。実現できればニゴ切出し作業能率がそのままニゴ採取能率になり、計算上 1 時間あたりのニゴ採取数はハサミを使用した手作業の約 2~3 倍になる。

本研究に関しては学会において口頭発表を行った。演題などは下記のとおりである。

- ・大角雅晴. 2011. 金箔製造用和紙の原料採取装置の開発—水稻の物性などの調査結果—. 第 70 回農業機械学会年次大会 (弘前市). 2011.9.
- ・大角雅晴. 2012. 金箔製造用和紙の原料採取装置の開発—採取装置の試作と評価—. 農業環境工学関連学会 2012 年合同大会 (宇都宮市). 2012.9.