稲跡野菜作における機械定植精度向上のための
耕うん・畝立て技術に関する研究 (第1報)
— 耕うん作業への狭切削幅爪ロータリの適用効果 —

長崎裕司*・猪之奥康治*・宮崎昌宏*・田中宏明*・岡崎紘一郎*・五藤星三**

Studies on Methods of Tillage and Ridging for Vegetable Transplanting Accuracy Improvement after Rice Cropping (1)
— Effects of a Rotary with Narrow Cutting Width Blades on the Application to Tillage —

Yuji NAGASAKI, Koji INOOKU, Masahiro MIYAZAKI, Hiroaki TANAKA, Koichiro OKAZAKI and Seizou GOTOU

1 緒 言

野菜作の各種作業は、作目や栽培様式が多様なことから機械化が遅れ、手作業に依存している割合が高い。このような現状のなかで、近年定植作業では畑地を中心に各種野菜移植機が導入され、作業の省力・軽作業化に寄与している。

しかし、西南暖地に多い水田転換畑や稲跡での野菜作では、移植機の導入は畑地に比べ進んでいない。その理由として、導入コストの高さや圃場区画の狭さがある。さらに、水田土壌が畑土壌に比べ一般的に碎土性が劣ることや、稲跡の耕うんでは表層に稲株・わらが多く残ることにより、植付精度が安定しないことも一因であると考えられる。また、耕うん時期が秋雨期に当たると、耕うん適期が限られることも問題である。

すなわち、稲跡野菜作に機械定植を導入するためには、以上の問題を解決できる耕うん・畝立て技術の検討が必要である。第1報では、耕うん作業に重点をおき、水田土壌においても高い碎土性が得られると言われている狭切削幅爪ロータリの適用効果について、第2報では、稲跡における畝立て作業とレタスセル成型苗の機械定植適性との関係を検討した結果について報告する。

2 試験方法

1) 狭切削幅爪ロータリ

狭切削幅爪 (型式M-245A) は、通常使用されているなた爪に比べ切削幅が約70%になっていることに特徴がある (表1, 写真1)。供試ロータリ (S社製RSL162ASZ, 耕うん幅1.6m, 質量220kg) には48本の狭切削幅爪を取り付けることができ、通常のなた爪 (34~36本) の約1.4倍の本数が取り付けられる。横ピッチが小さいことから、碎土の向上が期待できる。

2) 試験内容と方法

供試した圃場の土性は、中粗粒質灰色低地土でロータリ耕うんにより比較的碎土しやすい土壌である。試験は水稻収穫跡地を使用し、耕盤の深さは概ね12cmである。

表1 狭切削幅爪となた爪の主要諸元

	回転半径	切削幅	爪幅	爪厚さ	質量
爪 種 類	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(g)
狭切削幅爪	250	33	58	8.8	650
な た 爪	260	46	46	7.8	500

平成10年6月3日受付

平成11年3月11日受理

* 四国農業試験場 〒765-0053 香川県善通寺市生野町2575

Shikoku National Agricultural Experiment Station, Zentsuji, Kagawa, 765-0053

** 株式会社太陽 〒781-5101 高知市布師田3950

Taiyo Co.Ltd., Kouchi, 781-5101

写真1 供試した耕うん爪

注：横から見た写真では上側が狭切削幅爪，下側がなた爪
上から見た写真では左側が狭切削幅爪，右側がなた爪

(1) 狭切削幅爪となた爪の耕うん性能の比較

前述した狭切削幅爪ロータリと，比較対照ロータリとして狭切削幅爪と同じ回転半径で，切削幅が46mmのなた爪を取り付けたなた爪ロータリ（S社製 RSL152AS，耕幅1.5m）を供試した。

試験に供試したトラクタ（S式D-288）は，出力20.6kW（28PS）の4輪駆動である。走行速度は0.16m/s（2回目の耕うん時のみ0.32m/s）に設定し，PTO変速を4段階（1,360，1,060，810及び610rpm）に変えることにより，異なる耕うんピッチの試験区を設けた（表2）。

調査項目及び方法は，以下の通りである。

a) 碎土率

50cm×50cm枠内の深さ10cm程度までの土壌を採取し，目開きが20mm，10mm及び5mmの篩により篩い分けを行う。特にことわらない限り，ここでは20mm通過土質量割合を碎土率とする。

表2 PTO変速と耕うんピッチの関係

PTO変速	設定PTO回転数 (rpm)	設定耕うんピッチ (cm)
1速	610	5.3
2速	810	3.9
3速	1,060	3.0
4速	1,360	2.2

注)：1) 設定耕うんピッチは，狭切削幅爪・なた爪とも同じ。
2) 土壌条件等により，耕うん時のPTO軸回転数並びに耕うんピッチは若干変動する。

b) 稲株・わら埋没率

50cm×50cm枠内の深さ5cm程度までの稲株・わらを回収し，耕うん前の稲株・わら量から差し引いた値を耕うん前値で除して算出する。

c) 稲株分断程度

b)の測定時に回収した稲株の株元の長径 a_i ，短径 b_i を測定し，その二乗平均から導かれる直径を持つ円の面積 S_i を次式により算出する。

$$S_i = \pi \times (a_i^2 + b_i^2) / 8$$

n個の株から得られた面積の平均 $\bar{S}$ は

$$\bar{S} = \sum_{i=1}^n S_i / n$$

さらに，平均直径dを次式により算出する。

$$d = 2 \times (\bar{S} / \pi)^{1/2}$$

ここでは，採取した稲株の断面を円とみなし，それらの面積から算出した平均直径で大きさを表している。単純に長径，短径の二乗平均により平均直径を算出する方法では，仮に採取した稲株が1本の茎だけの状態になったものの数が多いとき，分断が不十分な大きな株があっても平均直径の数値に反映されにくい。機械定植の障害となる大きな稲株の有無を数値で比較するには，大きな稲株が残っているときの数値が大きく出力される上記の方法が適していると判断した。

さらに，稲株の分断程度を割合で表すため以下の計算を行う。ここでは，採取した稲株の全てが1本の茎の状態になっていた場合に100%となるようにした。

$$\text{稲株分断程度} = \left(1 - \frac{d - d_0}{d_1 - d_0}\right) \times 100 (\%)$$

ただし，d：耕うん後の平均直径

d_0 ：稲株の1本の茎の平均直径

d_1 ：耕うん前の立毛状態での平均直径

d) PTO軸所要動力

PTO軸トルクの測定は，トラクタのPTO軸にトルクメータ（ミネベア製 TM-120-S型，容量1.2kN・m）を装着して行った。回転数はトルクメータに付属した磁電式回転数ピックアップ（小野測器製，MP-981

型)で検出した。

(2) 圃場条件別の狭切削幅爪ロータリの耕うん性能

圃場条件として、まず稲わらが圃場表面に細断散布された状態と圃場外搬出した状態での比較を行った。さらに、稲収穫時のコンバイン刈り高さ別で試験を行った。刈り高さは、自動刈り高さ制御の調節ダイヤルにより設定した。通常の設定では10cm程度であるが、高水分での稲刈りが強いられる場合は高刈りを行わざるを得ない。そこで、設定は標準と標準より低及び高の3段階とした。

調査項目は、碎土率、稲株・わら埋没率及び稲株分断程度とした。

(3) 使用条件別の狭切削幅爪ロータリの耕うん性能

使用条件として、トラクタのPTO変速(表2参照)、走行速度(0.16, 0.32及び0.41m/sに設定)及び耕深(3段階)別について試験を行った。また、碎土を良くするため2～3回耕うんするのが一般的であることから、2回目の耕うんを行う時期についても検討した。

一方、狭切削幅爪の摩耗による耕うん性能への影響を調べるために、新品爪と爪幅が半分以下になった摩耗爪での試験を行った。供試した摩耗爪の状態は、両端の偏心爪を除いた爪の平均質量が1本当たり530g(新品爪の質量650g)であり、爪幅が26mm(新品爪の爪幅58mm)であった。

調査項目は、碎土率、稲株・わら埋没率及び稲株分断程度であり、摩耗程度別試験ではPTO軸所要動力を加えた。

3 試験結果及び考察

1) 狭切削幅爪となた爪の耕うん性能の比較

狭切削幅爪ロータリは、稲わらが土壌表面に細断散布されていても、耕うんピッチが大きいとき(PTO軸低速回転時)の碎土性能及びわら埋没性能が図1のようになた爪ロータリに比べ優れていた。

狭切削幅爪は切削幅が狭いことから、1本の耕うん爪に作用するトルクは減少する一方、爪本数が増えるためPTO軸トルクは増加する可能性がある。図2のように耕うん断面積当たりのPTO軸所要動力は、狭切削幅爪、なた爪ともに耕うんピッチが小さくなる(PTO軸回転数が高速になる)にしたがい大きくなる傾向を示すが、狭切削幅爪ロータリのPTO軸所要動力は、なた爪ロータリより若干小さくなる

図1 狭切削幅爪となた爪の碎土率、わら埋没率
注：わら細断散布状態，土壤含水比26%

図2 狭切削幅爪となた爪の所要動力
注：わら細断散布状態，土壤含水比26%

傾向を示した。

なた爪ロータリでは、既に耕うんした土を耕うん爪が抱え込むことで所要動力が増大する場合がある。碎土を向上させるため、通常の切削幅のなた爪を横ピッチを小さくし本数を増やして取り付けた使用例もあるが、耕うん爪同士による土のだき合わせ現象が発生し所要動力の増大は顕著になる。それに対し狭切削幅爪ロータリでは土の抱え込み現象はほとんど発生しないことから、爪本数が増えても所要動力の増大につながらなかったものと考えられる。

2) 圃場条件別の狭切削幅爪ロータリの耕うん性能

(1) 土壤表面に細断散布された稲わらの影響

稲跡に野菜の作付けを行う場合でも、コンバイン収穫では稲わらは細断され、土壤表面に散布されていることが多い。このような細断散布状態では、図3のように降雨がなく（1995年10月9日～23日）でも深さ5～10cmの土はほとんど乾かなかった。一方、稲わらを圃場外に搬出した試験区では、収穫後降雨がなければ日数の経過とともに含水比が減少し、ロータリ耕うんによる碎土率は高まる。

図4に示すように、収穫後19日目の10月23日において含水比は22%に低下し、碎土率は全ての耕うん

図3 稲収穫後の土壤硬度と含水比の変化
注：深さ5～10cmの平均

図4 土壤状態別での碎土率
注：わら細断散布状態，土壤状態は図3参照

ピッチにおいて90%以上に達した。10月6日は28%程度と含水比が比較的高く、耕うんピッチが大きいと碎土率が低い一方で、小ピッチでは90%程度と高かった。

PTO軸所要動力は、図5のように耕うんピッチが大きくなると漸減した。但し、10月6日の耕うんピッチ3cmで極大値を示した。これは、図4のように同ピッチで碎土率が極大値を示したことと関連があるとみられる。つまり、所要動力の増大分が効果的に碎土の向上に働いたと推察される。

一連の試験で得られた稲わら細断散布区及び圃場外搬出区別の碎土率の分布を、横軸に耕うんピッチをとって示すと図6のようになる。よって、本試験期間（1995年10月9日から23日，期間降雨量7mm）においては、稲わらを圃場外に搬出した試験区の方が全体的に碎土率が高くなったことが認められる。

したがって、土壤表面に細断散布された稲わらは、土壤の乾燥を遅らせ、碎土等を悪くする一因となる。また、わらの量が多いと埋没不十分となりやすく、移植機の定植作業の障害となることから、圃場外に稲わらを搬出することが望ましい。

(2) 稲株の刈り高さの影響

コンバイン収穫後の稲株の高さは、低では6cm，標準では10cm，高では17cmであった。試験では稲わらは圃場外に搬出した。図7に示すように稲株の埋没は標準が最も良かった。採取した稲株全部で算出した分断程度1では、刈り高さによる違いは小さかったが、1本になった株を除いて算出した分断程

図5 土壤状態別での所要動力
注：わら細断散布状態，土壤状態は図3参照

図6 わらの有無による碎土率の違い

- 注：1) 深さ5～10cmの土壤含水比＝
わら圃場外搬出：22～28%
わら細断散布：27～28%
2) 細断散布のPTO1速で碎土率36.1%のときがあった。

図7 刈り高さ別での稲株埋没率及び分断程度

- 注：1) 刈り高さは、低6 cm，標準10 cm，高17 cm
2) わら圃場外搬出，土壤含水比26%
3) 走行速度0.15 m/s，PTO変速3速

度2でみると高刈りが他に比べ劣る。また、1回目の耕うんでは株高さ方向の分断はあまり進まないことから、分断程度の数値が同程度でも高刈りでは大きな株が表層近辺にも存在することになる。

碎土率は、図8のように刈り高さが高くなるにしたがい若干低下する傾向を示した。

したがって、コンバインの刈り高さは極端な高刈

図8 刈り高さ別での碎土率

注：図7と同じ

りを避ければ、耕うん作業への障害とはならないと考えられる。

3) 使用条件別の狭切幅爪ロータリの耕うん性能 (1) PTO変速

稲跡でのロータリによる耕うん・整地作業では、まず1回目の耕うんはロータリの低速回転（PTO 1，2速）で「粗起こし」をし、数日後に高速回転（同3，4速）で耕うんして碎土を高めるのが一般的である。また、移植機での植付けを想定した場合、大きな稲株が表層に残っていると、適正な植付姿勢・深さを保つ上で障害になることから、稲株はできる限り細かく分断しておく必要がある。

この手段として、1回目から高速回転で行う方法を提案する。仮に1回目を低速回転で耕うんしたとすると、図9のように2回目耕うん後でも1回目を高速回転で行った水準まで稲株は細かにならない。したがって、土壤含水比が高い等の理由により所要動力が大きくなり作業が困難になるとき以外は、1回目から高速回転で耕うんする方が稲株がより小さくなり、稲跡ですぐに野菜作を行う場合の耕うん方法として望ましい。

(2) 走行速度

狭切幅爪ロータリでも、一般のロータリと同じくトラクタのPTO軸回転数を一定にして走行速度を速くすると、図10のように碎土等の性能は低下する。これは耕うんピッチが大きくなるためである。特に走行速度0.41 m/sでは稲株埋没率が約30%と極端に悪くなることから、本試験においては、0.32 m/s程

図9 PTO変速別での稲株分断程度

注：1) わら圃場外搬出

- 2) 1回目土壌含水比28%，走行速度0.16m/s
2回目土壌含水比23%，走行速度0.32m/s
なお，2回目のPTO変速は4速

図11 耕深別での碎土等の性能

注：1) わら圃場外搬出，土壌含水比31%

- 2) 走行速度0.16m/s，PTO変速3速

したがって，1回目の耕うんの耕深は10cm以上を確保するべきである。

(4) 2回目耕うんの時期

2回目の耕うんの時期は，1回目の耕うんで碎土等が良好に行われていると，日数をあけても極端に良くなることはない。図12のように稲株埋没率は，ばらつきがみられ1回目の±10%程度の範囲で変化している。これは，2回目の耕うんでは表層の稲株を埋没させると同時に，既下層に埋没した稲株を再び表層に引っぱり出すことがあることを示している。稲株分断程度については，1回目で既に85%程度と高い値を示しているため変化は小さかった。1日後の2回目耕うん後すぐに3回目耕うんを行った場合では，稲株分断程度が95%程度にまで高まることから，耕うん回数を3回に増やすことで稲株の分断をより促進できる。

碎土率は，図13に示すように日数の経過とともに良くなる傾向を示した。しかし，その間に降雨があり土壌含水比が高くなると，2回目耕うんによる碎土率の向上割合は低下した。

したがって，稲跡での耕うん作業は1回目耕うん時の土壌条件に特に留意すべきであり，2回目については天候に合わせ数日間晴天が続く場合は期間をあけて行い，雨が降りそうときはそれ以前に速やかに行うべきである。また，秋雨期の雨が頻繁に降る時期の耕うん作業については，1回目の耕うんを良好に行うことに腐心し，2回目の耕うんを省略し

図10 走行速度別での碎土等の性能

注：1) わら圃場外搬出，土壌含水比29%

- 2) PTO変速は3速を使用

度までが許容範囲と考えられる。

(3) 耕 深

図11に耕深別での碎土等の耕うん性能を示す。耕深を7cm程度と極端に浅くすると，稲株の分断は良好に行われるが，稲株の埋没が著しく悪くなる。

図12 2回目耕うん実施日別での稲株埋没率・分断程度

注：1) わら圃場外搬出，1回目土壌含水比31%
2) 1回目走行速度0.16m/s，PTO変速3速
2回目走行速度0.31m/s，PTO変速4速

図13 2回目耕うん実施日別での碎土率

注：図12と同じ

て畝立て作業を行うといった柔軟な対応も必要であろう。

(5) 耕うん爪の摩耗の影響

耕うん爪が摩耗すると碎土等の性能が低下する。狭切削幅爪は、刃縁から摩耗が進む刃縁摩耗型の形態をとる。所要動力は図14のように耕うんピッチが大きいときには新品爪の方が小さくなり、同ピッチが小さいときには摩耗爪の方が小さくなる傾向を示した。所要動力が同程度であったPTO変速3速設定

図14 摩耗程度別での所要動力

注：わら圃場外搬出，土壌含水比31%

時の碎土等の性能は，図15のように新品爪と摩耗爪は同程度の値を示した。

つまり，狭切削幅爪は爪幅が半分程度になっても，切削部が残っている摩耗状態であれば，碎土等の性能の低下は小さいとみられる。ただし，狭切削幅爪が従来のなた爪に比べて極端に摩耗しにくいという訳ではないことから，現在製造メーカーにおいて爪幅，爪厚さについて設計の見直しを行い，より使用可能時間を延ばす努力がなされている。

図15 摩耗程度別での碎土等の性能

注：1) わら圃場外搬出，土壌含水比31%
2) 走行速度0.16m/s，PTO変速3速

4) 今後の問題点

狭切削幅爪ロータリにより、水田土壌でも碎土の良い耕うん作業が可能であることが明らかになった。稲跡においても、稲株・わらの埋没、稲株の分断が良い耕うんが可能である。機械定植を考えると、耕うん作業とともに畝立て作業も重要な要素となることから、第2報において機械定植に適合した畝立て技術について検討し報告する。

4 摘 要

稲跡野菜作で機械定植の精度を向上させることを目的とした耕うん方法を検討した。狭切削幅爪ロータリは、使用する耕うん爪の切削幅を短くすることで、通常使用されているなた爪ロータリに比べ、約1.4倍の本数の爪が取り付けられる。この狭切削幅爪ロータリを中粗粒質灰色低地土水田において標準の設定走行速度を0.16m/sとして供試し、碎土、稲株・わらの埋没、稲株の分断及び所要動力を中心に調査して、その効果を明らかにした。

- 1) 狭切削幅爪ロータリは、耕うん爪の取り付け横ピッチが小さいことから、なた爪ロータリに比べ碎土性能が優れている。しかも、所要動力は同程度かそれ以下で済む。
- 2) 圃場の土壌表面にコンバイン収穫時の稲わらが細断散布されている状態では、土壌の乾燥が悪く碎土等の性能が劣る。稲収穫後、期間をあけずに耕うん・畝立てを行う必要があるときは、稲わらを圃場外に搬出しておく方が良い。またコンバイン収穫時の刈り高さは、極端な高刈りを避け標準的な刈り高さ(10cm程度)にするのが望ましい。
- 3) 稲株は機械定植精度に大きく影響することから、できるだけ細かくする必要がある。狭切削幅爪ロータリは所要動力が比較的小さいので、1回目の耕うんからPTO変速3,4速の高速回転で使用することで、稲株をより細かくすることが可能である。2回目の耕うんは、日数をあけて乾燥を促進して

行う方が良いが、雨が頻繁に降る時期は1回目の耕うんをした後、降雨がないうちに速やかに行うべきであろう。

キーワード

稲跡野菜作、機械定植、狭切削幅爪ロータリ、稲株・わら埋没性能、稲株分断性能、碎土率、所要動力

参考文献

- 1) 長崎裕司(1996) 稲跡野菜作における移植精度向上のためのロータリ耕うん法, 総合農業の新技术 9: 178~183

Summary

Methods of tillage for vegetable transplanting accuracy improvement after rice cropping were examined. Performance of a narrow cutting width blade rotary that can be attached 1.4 times blades of usual rotary was investigated on pulverizing of soil, submergence of rice stubble and straw, cutting of rice stubble and power consumption.

- 1) Narrow cutting width blade rotary requires small PTO power while it has excellent performance on pulverizing of soil.
- 2) In condition which short cutted rice straw is sprinkled on surface of field, the drying of soil is bad and the performance of pulverizing of soil etc. is inferior. To carry rice straw out of field is good for rotary tillage and ridging soon after harvesting of rice.
- 3) Improvement of vegetable transplanting accuracy needs to make rice stubble small by tillage. Narrow cutting width blade rotary can make it small using 3 or 4 PTO speed change gear. Secondary tillage is good to do after soil properly dries. However, it should be operated before rainfall.