

ロータリー耕うんのPTOギア段数が水田土壌における碎土率と埋設したスクミリングガイに対する殺貝効果に及ぼす影響

清水 健

キーワード：スクミリングガイ，ロータリー耕うん，PTOギア段数

I 緒言

近年、千葉県内の水稲ではスクミリングガイ *Pomacea canaliculata* (Lamarck) による被害が多発しており (千葉県, 2021), 対策確立が急務である。

これまでの調査の結果、本種が既に定着し被害の発生が認められている地域においては、隣接する圃場間で被害の発生程度が大きく異なる事例が散見されることが明らかとなった (清水ら, 2022)。このことから、本種による被害は地域として解決すべき問題であると同時に、個々の生産者による被害対策によって抑制できる可能性が高いことが示唆された。そこで、既に現地において取り組まれている防除方法の効果について改めて検証し、より効果的な導入手法を検討する必要がある。

本種に対しては既に多様な防除手段の効果が明らかになっているが (Wada, 2004), 特に耕うんによる物理的防除効果については多くの研究例がある (高橋ら, 2000; 2002a; 2002b; 和田ら, 2004)。耕うんは水稲栽培における重要な管理作業であるため、この管理方法を微修正することによって物理的防除が可能となれば、新たに必要となる防除投資も最小限で済むため、大きな期待が寄せられている。しかし、防除効果が高いとされる耕うんピッチを 6.6~8.3mm と小さくした耕うんでは、10a 当たりの作業時間が 4.4~6.8 時間と著しく長くなってしまふ点など (高橋ら, 2002b), 実際の生産現場に適用するうえでは問題がある。

そこで本研究では、現地で実際に使用されているトラクター及びロータリーを用い、PTO のギア段数を慣行よりも高く設定した耕うんを行い、物理的防除効果の向上に貢献すると考えられる土壌の碎土率の上昇について検証を行った。併せて、採集したスクミリングガイを着色して圃

場内に埋設し、耕うん後に再回収することにより実際の圃場において期待される殺貝率を直接的に算出し、防除効果を定量的に推定した。

II 材料及び方法

1. 収穫後の耕うんによる碎土率調査

スクミリングガイに対する耕うんによる防除効果は、収穫後の土壌が硬い状態で行う際に最も高いと考えられることから (高橋ら, 2000), 試験は収穫後 1 回目の耕うんとそれ以降の耕うんとに分けて行った。試験圃場、実施時期、耕うん条件、各種土壌条件 (土性, 含水率) の詳細は第 1 表に示した。各圃場において、生産者が保有するトラクター及びロータリーにより (第 1 表), 慣行耕うん (PTO ギア段数 1 速又は 2 速) 及びスクミリングガイの物理的防除効果が期待される高回転のロータリー耕うん (PTO ギア段数 2 速又は 3 速) を行った。作業はすべて現地生産者により実施した。大網白里市においては、農林水産省消費・安全局植物防疫課 (2020) の推奨する「浅い・高回転」の耕うんを採用する区も設けた。同一圃場においてそれぞれの耕うんを行う区を設け、各区内 1 地点において、耕うん後の作土土壌における碎土率 (2 cm 目合の篩を通り抜ける土壌の重量%) を計測し、試験区間で比較した。また、収穫後、既に耕うんが行なわれた圃場の膨軟土壌では、それ以降の耕うんによる防除効果が低下することが懸念される (高橋ら, 2000)。そこで、収穫後、2 回目以降の耕うんによる碎土率も併せて計測した。

2. 収穫後の耕うんによる殺貝効果

第 1 表に示した匝瑳市、大網白里市及び一宮町において碎土率を計測する試験の同日に、着色して埋設したスクミリングガイ成貝の耕うんによる殺貝効果を検証した。埋設する貝は、令和 2 年 10 月 5 日に匝瑳市春海地区の水路において採集した本種成貝を室温で風乾し、殻高 (殻頂~殻底) を計測したのち水性ペンキで着色し、油性ペンによって個体番号を付した (写真 1)。

収穫後 1 回目の耕うんについて、匝瑳市では慣行区と作業速度を低下させた区を設け、各耕うん条件区に殻高 35~37 mm の貝を 48 個体ずつ供試した。大網白里市では、耕うんの深さ (浅い, 慣行) とロータリーの回転数 (低回転,

2021 年 8 月 9 日受領 (Received August 9, 2021)

2021 年 10 月 25 日登載決定 (Accepted October 25, 2021)

本報の一部は、第 2 回スマート農業のためのリモートセンシング技術に関する研究会 (2021 年 2 月, オンライン開催) において発表した。

第1表 各試験圃場における土壌条件、耕うん条件及び耕うん結果

試験圃場 実施時期	圃場面積 (m ²)	土性 区分	含水率 (%) ¹⁾	収穫後の 耕うん回数 ²⁾	耕うん深度 ²⁾	ロータリー 回転数	二番種 刈払い ³⁾	トラクター/PTOギア設定			作業速度 (km/h)	耕うん深度 (cm) ⁴⁾	耕うん後 砕土率(%)	トラクター 機種	PTO 機種
								主変速	副変速	PTO					
千葉市 2020年12月15日	600	CL	46.1	1	慣行	低回転(慣行)	無	1速	1速	1.42	13.7	37.5	ヤンマー	ヤンマー	
	400	埴壤土				高回転	無	2速	1速	1.11	13.5	68.3	ER216M		
匝瑳市 2020年12月7日	10,000	LS	23.1	1	慣行	高回転	無	1速	2速	1.38	10.5	71.0	クボタ	ニプロ	
		埴質砂土				高回転	無	2速	2速	1.57	11.8	71.8	KL-27	SX-1608	
大網白里市 2020年11月11日	3,000	SL	36.1	1	慣行	低回転(慣行)	有	中速	1速	2.60	13.3	42.1	イセキ AT33	イセキ WAY205	
						浅い	中速	2速	1.40	7.0	44.9				
大網白里市 2021年3月4日	5,000	埴壤土	37.8	3 ⁵⁾	慣行	高回転	—	中速	2速	1.33	—	74.0	ヤンマー EF342	ヤンマー ER320	
						超高回転	3速	中速	3速	1.29	87.0				
一宮町 2021年1月13日	5,000	CL	35.6	2 ⁶⁾	慣行	低回転(慣行)	—	3速	1速	2.12	—	49.4	ヤンマー EF342	ヤンマー ER320	
						高回転	3速	2速	2.40	52.3					
					慣行	高回転	1速	2速	1.38	—	56.2				

注1) 各区内の任意の3地点において作土層から約100gの土壌を採取し乾燥させ(105℃24時間)、水分含量の平均を示した。
 注2) 「浅い」とした圃場では耕うん深度6cmを目標にロータリーの高さを調整した(農林水産省消費・安全局植物防疫課, 2020)。
 注3) 「有」とした圃場では収穫後1回目の耕うん直前にトラクターの耕うんモーターにより生えていた二番種を刈り払った。
 注4) 各区内の任意の3地点において作土表面から硬盤までの深さを計測し平均を示した。2回目以降の耕うん時は計測しなかった。
 注5) 1回目と同一圃場。2回目の耕うんは2021年1月21日に行った。
 注6) 1回目の耕うんは2020年12月上旬に行った。

高回転)について、「慣行深度・低回転(慣行)」「浅い耕うん・高回転」「慣行深度・高回転」の3つの組み合わせを設定し、各区に殻高36~40, 41~45, 46~50 mmの3段階のサイズの貝を16個体ずつ供試した。各区は耕うん



写真1 着色し番号を記載したスクミリンゴガイ成貝(上)と土中への埋設の様子(下)

作業幅1.6m内に設置した。

収穫後2回目以降の耕うん時にも、2圃場で殺貝試験を実施した。大網白里市では収穫後3回目の、一宮町では収穫後2回目の耕うん時に、それぞれ試験を実施した。大網白里市については、収穫後1回目の耕うん試験を実施した圃場と同一圃場である。貝は先述の匝瑳市において採集、準備したものを供試した。大網白里市においては高回転区(PTOギア段数2速)及び、回転数をさらに高めた超高回転区(PTOギア段数3速)を設け、各耕うん条件区に殻高36~40, 41~45, 46~50 mmの3段階のサイズの貝を16~32個体ずつ供試した。一宮町においては慣行の低回転耕うん(PTOギア段数1速)、高回転耕うん(PTOギア段数2速)及び高回転耕うんかつトラクターギア段数を落として作業速度を時速約1.4 kmまで低下させた低速作業・高回転区を設け、各耕うん条件区に殻高34, 35~36, 37~39 mmの3段階のサイズの貝を16個体ずつ、それぞれ供試した。各区は耕うん作業幅1.6m内の中央部に設置した。

いずれの試験においても、埋設に当たっては0.25 m²(50 cm四方)の枠内に16個体を10 cm間隔で配置し、試験圃場の土中(5 cm深)に埋設し(写真1)、殻が割れない程度に覆土して押し固め、その上から耕うんした。耕うん後に圃場から貝を回収し、各個体の生存・死亡を調査した。耕うん後、殻が割れた、もしくは殻に傷のついた個体を死亡

とした。また、埋設した貝の回収率はすべての試験で95%以上であった。

統計解析は、各貝の生死を目的変数、貝の殻高、耕うんの種類、耕うんの深さ等を説明変数とした一般化線形モデルを用いて行い、AIC-stepwise 法により最適モデルを選択し、図示した (EZR ver 1.53)。

III 結果及び考察

1. 収穫後の耕うんによる砕土率調査

(1) 1回目の耕うんによる砕土率

各試験区の耕うんの作業速度、耕うん深度、砕土率を第1表に示した。慣行の耕うんではPTOギア段数1速が採用されている場合が多く、高回転耕うん区ではこれを2速に変更し、それに合わせた速度設定で作業したところ、いずれの圃場においても砕土率が上昇することが明らかとなった。なお、土性区分が壤質砂土 (LS) であった匝瑳市においては、慣行の耕うんで既にPTOギア段数2速の高回転耕うんが採用されており、慣行における砕土率も71.8%と高く、作業速度をやや下げたことによる砕土率の上昇は認められなかった。

大網白里市において「浅い・高回転」の耕うんを行った区では、田面の高低差がある部分では低い土壌にロータリーの刃が入らず、圃場内に耕うんムラが生じ、砕土率も期待されるほど上昇しなかった。また、浅い耕うんは硬盤の深さを浅くしてしまうことが懸念されるため、水稻栽培管理の上では耕深15cm以上とされている (千葉県, 2014)。また、高回転かつ作業速度を低下させた耕うんでは砕土率が上昇する傾向が確認された一方で、この耕うん方法では作業時間の延長を伴う。各生産者の経営規模にもよるが、現地で採用可能な作業速度については、個々の事例ごとに検討する必要がある。

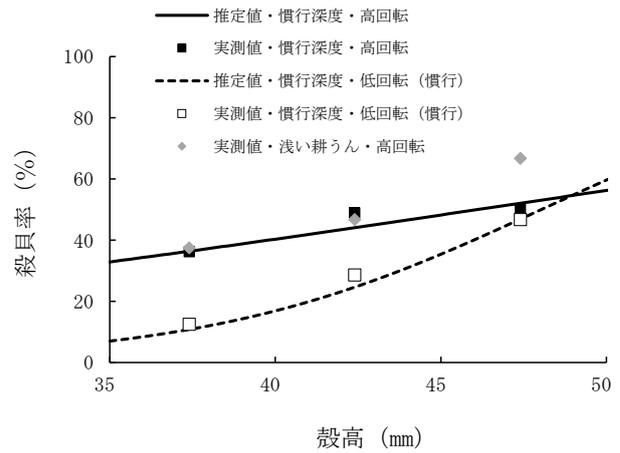
(2) 2回目以降の耕うんによる砕土率

大網白里市では、高回転区で74.0%だった砕土率が超高回転区では87.0%に上昇した (第1表)。一宮町では、慣行の低回転耕うんから高回転耕うんに切り替えたものの、砕土率は約3%しか上昇せず、さらに作業速度を低下させた区でも、約7%の上昇にとどまった (第1表)。土性区分の違いや機械の違いが砕土率に反映されたものと考えられた。

2. 収穫後の耕うんによる殺貝効果

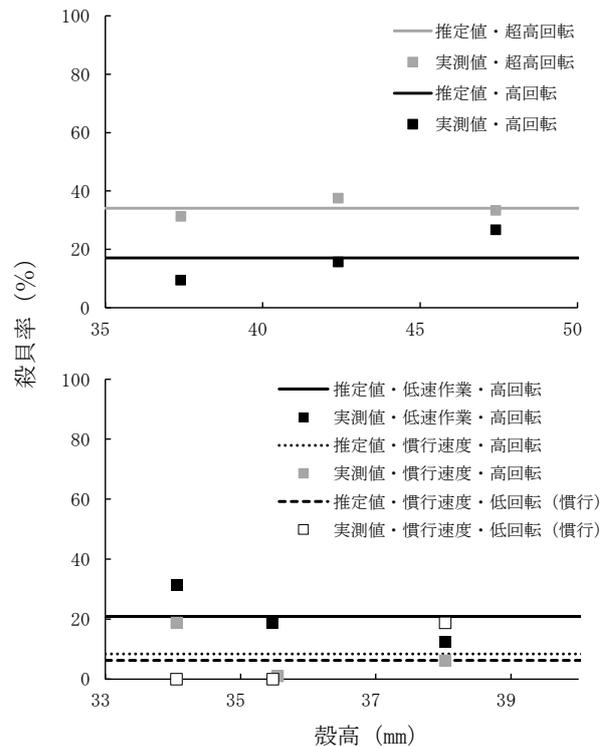
(1) 1回目の耕うんによる殺貝効果

匝瑳市では、殻高35~37 mmの貝に対する殺貝率が慣行区 (作業速度時速1.57 km, PTOギア段数2速) において59.1%、試験区 (作業速度時速1.38 km, PTOギア段数2速) において45.8%となり、作業速度を下げたことによる殺貝率の向上は認められなかった。壤質砂土 (LS) であ



第1図 収穫後1回目の各耕うんによるサイズ別殺貝率 (大網白里市)

注) マーカーは各耕うん条件 (深さまたはロータリー回転数) における3段階のサイズ別の殺貝率実測値を、曲線は各耕うん条件における殺貝率の推定値を示す。



第2図 収穫後2回目以降の耕うんによるサイズ別殺貝率 (上: 大網白里市収穫後3回目, 下: 一宮町収穫後2回目)

注) マーカーは各耕うん条件 (上: ロータリー回転数, 下: 作業速度及びロータリー回転数) における3段階のサイズ別の殺貝率実測値を、直線は各耕うん条件における殺貝率の推定値を示す。

る匝瑳市ではもともと高回転ロータリー耕が慣行として採用されており、このことが高い殺貝率に反映されているものと考えられた。

大網白里市では、1) 供試したサイズの範囲では大きい貝ほど殺されやすいこと、2) 耕うんの深さは殺貝率にほとんど影響しないこと、3) 高回転の耕うんほど小さいサイズの貝に対する殺貝率が高くなることが明らかとなった(第1図, GLM AIC-stepwise)。

(2) 2回目以降の耕うんによる殺貝効果

大網白里市で、高回転区(PTOギア段数2速)及び、回転数をさらに高めた超高回転区(PTOギア段数3速)を設けたところ、高回転区における殺貝率は、9.4~26.7%を示した(第2図上)。砕土率は1回目の耕うん時よりも上昇したものの、殺貝率は収穫後1回目の耕うんよりも低下し、貝のサイズの影響は有意な変数として選択されず(GLM AIC-stepwise)、殺貝率推定値は平均17.0%に留まった(第2図上)。一方で、超高回転区での殺貝率推定値は高く、平均34.0%となった。

一宮町では、慣行の低回転区(PTOギア段数1速)、高回転区(PTOギア段数2速)のいずれにおいても、殺貝率推定値は平均10%に満たなかった(第2図下)。高回転かつトラクター出力ギア段数を落として作業速度を時速約1.4kmまで低下させた耕うんを行った区では、殺貝率推定値は平均20.8%となった(第2図下)。耕うん条件により殺貝率が異なる結果となったが、こちらの圃場においても貝サイズは有意な変数として選択されなかった(GLM AIC-stepwise)。これには供試した貝のサイズ範囲が狭かったことも一因であると考えられる。

3. まとめ

厳寒期前のロータリー耕うんには、スクミリンゴガイを物理的に破壊するとともに寒風にさらす効果も期待されるが(農林水産省消費・安全局植物防疫課, 2020)、これは地表6 cm程度の浅い耕うんを前提とした技術である。一方で、浅い耕うんは、水稻栽培において不適切な面が少なからずあることや、均平でない圃場においては実践が難しいことなどから、基本的には通常の深さの耕うんを採用しつつ、PTOギア段数を高く、作業速度をなるべく遅く、修正することが適切であると考えられた。

大網白里市において、収穫後1回目の耕うんではPTOギア段数を2速に設定し、作業速度にして時速2 kmを下回る条件で作業を行った場合に、慣行よりも高い殺貝率が得られることが明らかとなった。一方、匝瑳市ではこのような殺貝効果の向上は認められなかった。より砂に近い状態の匝瑳市の土壌では、ロータリーの刃が貝に直接当たりやすいことなど、土性によって殺貝効果が生じる可能性が示唆された。また、大網白里市においても、既往の知見のとおり、収穫後2回目以降の耕うんではその殺貝効果は低下した(高橋ら, 2000)。本試験において埋設した供試個体では、圧死による死亡はほとんど確認されず、死亡個体にはすべて直接ロータリーの刃が殻に当たった跡が確認さ

れたことから、防除のためには貝が土中に固定された状態で高回転の刃が当たる必要があることが示唆された。収穫後2回目以降の耕うんにおいて砕土率と殺貝率が相関しなかったことも、膨軟な土壌内において貝がロータリーの刃に当たらず、刃とともに回転してしまうことが原因と予想される。さらに、既往の知見と比較して本稿試験での殺貝効果は全体として低い傾向にあるが(高橋ら, 2002a)、これは貝を埋設する際に周辺土壌を軟らかくしてしまい、殺貝効果が低下したことも原因として考えられる。スクミリンゴガイ防除のためには、収穫後1回目の耕うん時に、PTOギア段数を高めたロータリー高回転かつ、できる限りゆっくりとした速度での耕うんを心がける必要がある。

本試験から得られた知見は、本種に対する耕うんによる物理的防除の限界と可能性を示すものと考えられた。化学的防除、耕種的防除との組み合わせによる、総合的なスクミリンゴガイ管理が求められる。

IV 謝 辞

調査にご協力頂いた千葉県農業者総合支援センター、千葉県農林水産部安全農業推進課、担い手支援課、千葉農業事務所、海匠農業事務所、山武農業事務所、長生農業事務所、貴重な助言を賜った農林総合研究センターの職員各位に感謝の意を表す。なお、本研究の一部は令和2年度病害虫の効率的防除体制の再編委託事業(スクミリンゴガイの総合防除体系の確立)により実施した。

V 摘 要

水稻圃場における耕うんによるスクミリンゴガイの物理的防除効果を検討した。水稻収穫後1回目に慣行としてロータリー低回転の耕うんが採用されている圃場では、ロータリー高回転の耕うんを行うと砕土率が上昇する効果が認められた。ただし、作業時間の延長を伴った。着色してマークした成貝を圃場の土壌中に埋設し、耕うんによる殺貝効果を検証したところ、ロータリー高回転の耕うんで慣行のロータリー低回転の耕うんよりも高い防除効果が得られること、耕うんの深さは殺貝効果に影響を及ぼさないこと、サイズの大きな貝ほど防除されやすいことが明らかとなった。収穫後2回目以降の耕うんでは1回目に比べて殺貝効果は劣った。

VI 引用文献

千葉県(2014) 稲作標準技術体系. 309pp.

千葉県(2021) 病害虫発生予報第11号.

<https://www.pref.chiba.lg.jp/annou/nouyaku/docu>

- ments/20210317yohou11.pdf 最終アクセス 2021 年 4 月 17 日.
- 農林水産省消費・安全局植物防疫課 (2020) スクミリンゴガイ防除対策マニュアル (移植水稻). 20pp.
- 清水健・高野幸成・濱侃・太田和也 (2022) スクミリンゴガイ発生圃場における UAV 撮影画像と RTK-GNSS 測量を活用した田面均平度の評価. 千葉農総研研報 14: 59-63.
- 高橋仁康・西田初生・関正裕 (2000) ロータリー耕うんによるスクミリンゴガイの密度低減. 農林水産技術研究ジャーナル. 23(3): 16-19.
- 高橋仁康・関正裕・西田初生 (2002a) 市販ロータリー耕うん機によるスクミリンゴガイ被害の軽減. 農業機械学会誌. 64(5): 101-107.
- 高橋仁康・関正裕・西田初生 (2002b) ロータリー耕うんによるスクミリンゴガイ防除に関する基礎的研究. 農業機械学会誌. 64(6): 76-81.
- Wada, T. (2004) Strategies for controlling the apple snail *Pomacea canaliculata* (Lamarck)(Gastropoda: Ampullariidae) in Japanese direct-sown paddy fields. JARQ. 38(2): 75-80.
- 和田節・遊佐陽一・市瀬克也・菅野紘男・松村正哉・有村一弘・浦野知・高橋仁康 (2004) ロータリー耕耘や代かきによるスクミリンゴガイの殺貝効果. 九病虫研会報. 50: 23-28.

Effect of PTO Gear Position in Rotary Tillage on Soil Crushing Rate and Mortality of the Apple Snail, *Pomacea canaliculata* (Lamarck) (Gastropoda: Ampullariidae) buried in Paddy Fields

Ken SHIMIZU*

Key words: Apple snail, *Pomacea canaliculata*, Rotary Tillage, PTO Gear Position

Summary

I investigated the effects of rotary tillage using different PTO gear positions on the soil crushing rate and mortality of apple snails in paddy fields. In the first tillage after harvest, that with the PTO gear position in "second" gives a higher soil crushing rate than the conventional practice with the position in "first." The mortality of apple snails, color-marked and buried in the paddy fields, was higher when tillage was carried out with the PTO gear position in "second." Depth of tillage did not affect mortality. Larger snails were more likely to be damaged. Tillage for a second time or more after harvest resulted in less snail mortality.

* Chiba Prefectural Agriculture and Forestry Research Center; 180-1, Okanezawa, Midori, Chiba 266-0014, Japan.