



高強度鋼線（ばね用鋼線）の草刈り機用 刈刃への応用

Utilization of High-Strength Steel Wire for Blade of Grass Cutters

吉田 雄*

Yu Yoshida

丹羽 章弘

Akihiro Niwa

河部 望

Nozomu Kawabe

菊地 麗

Rei Kikuchi

高強度鋼線（ばね用鋼線）を用いた、高い刈取能力を有し、安全な草刈り機用刈刃への適用検討を行った。当社製異形線を用いて刈刃を製作し、（国研）農研機構の圃場にて刈払機およびリモコン草刈り機による実証試験を行った。鋼線の断面形状を、単純な平方線から、鋭角な頂部を有する五角形断面とすることで、従来のチップソーに匹敵する刈取り性能が得られた。リモコン草刈り機では、ナイロンコードでは不可能な、直径10mmを超える灌木や、木化した植物を刈取ることができた。また、刈刃の取付け部を回転可能なフリー刃構造とすることで、鋼線刃の疲労破壊を抑制するとともに、キックバック（危険な反動現象）を起こさない刈刃が得られた。一方で、石跳ね試験では却って石の飛散が大きくなり、硬質物との衝撃試験では取付け部強度に課題が見られたので、対処方法を提案した。

We assessed the application of high-strength steel wires (spring wires) for creating efficient and safe blades for grass cutters. Using our specially shaped wires, blades were produced and tested in the fields of the National Agriculture and Food Research Organization (NARO) using both grass trimmers and remote-controlled grass cutters. By changing the steel wire's cross-sectional shape from a simple square to a pentagon with sharp apexes, we achieved cutting performance comparable to traditional chip saws. The remote-controlled grass cutters successfully showed their performance in cutting down bushes and woody plants with diameters over 10mm, which was impossible for nylon cords. Introducing a freely rotating attachment for the cutting blade prevented fatigue failure of the steel wire blade and eliminated the risk of kickbacks. However, during stone skipping tests, significant stone scattering occurred, and the attachment part showed weakness in impact resistance against hard objects, prompting us to propose solutions for these challenges.

キーワード：草刈り、刈刃、鋼線刃、異形線、安全性

1. 緒 言

特殊線事業部では、PC鋼線、ばね用鋼線、タイヤコードの三つの製品群を柱に事業を進めている。この内自動車のエンジン関連用途では、自動車のEV化による市場の縮小が避けられず、新たな市場開拓が急務となっている。このような背景を基に、特殊線事業部では、特殊合金線を利用した新しい製品の検討を開始した。

筆者らは、将来的に高齢化や人口減少が進んだ際に問題となる農業分野の課題に着目し、農業における種々の課題を調べた結果、草刈り作業の経営負担が重く、負傷事故も多い^{(1)~(3)}ことを把握した。刈払作業では通常チップソーと呼ばれる、先端に超硬チップの付いた丸のこ型の刈刃が使われるが、鋭い刃が高速回転するため、取り扱いを間違えると大けがが、最悪死亡事故に繋がる⁽⁴⁾。これに対して、紐状のナイロン樹脂で草を刈るナイロンコードがあり、比較的安全であるが、硬い草が刈れず、刈取り力に劣る。このような課題に対して、ナイロンコードの線を、当社製品のピアノ線や硬鋼線に変えれば、刈取り力と安全性の両立ができると考えたことが本検討に至った動機である。

文献、知財調査の結果、ピアノ線を用いた刈刃^{*1}は古くからアイデアはあり⁽⁵⁾、少なからず知財も出されている^{(6)~(8)}

ことが明らかとなったが、実際に商品を目にすることは極めてまれである。この理由を調べることと、どのような刈刃が求められているか、当社鋼線がその要望に応えることができ、ビジネスにつなげる可能性を有するか検討を行った。

2. 刈刃の種類

代表的な刈刃の種類については参考文献⁽⁹⁾を参照されたい。先端に超硬チップの付いたチップソーは刈取り力が高いため、刈払機で使用される刈刃の9割を占めるが、前述の危険があり、特に問題となるのが、刃の特定部位が障害物や地面に当たると、回転方向と反対側に刈刃が跳ね返ってしまうキックバックと呼ばれる現象である。これは作業者が予想しない方向に刈刃が持って行かれるため大変危険である。また、コンクリートや大きな石などの硬質物体に接触すると、刃先の超硬チップが脱落して飛び跳ねる危険性もある。そのため、チップソーでは、コンクリート壁や、側溝近傍などのいわゆる“際刈り”は困難とされている。ナイロンコードは、樹脂製のコードを使用するため、際刈り可能で、キックバックも生じない。万一ナイロンコードが人に当たっても、保護具を着用していれば問題ないレベ

ルである。しかし、その分刈取り力は弱く、軟質の草に限られる。また、コードが回転しているため、小石を叩いて跳ね飛ばししやすい傾向がある。その他、2枚刃、4枚刃、8枚刃等チップのない金属刃および、取付け部を回転自由としたフリー刃がある。2枚刃やフリー刃はチップソーより刈取り力は劣るものの、チップ飛びがないため、自走式草刈り機やリモコン機など、地面への接触を小まめにコントロールできない用途で主に使用されている。フリー刃であれば、石跳ねや、硬質物との衝突時の衝撃を緩和でき、より安全であるといわれているが、金属刃の場合は目立てが必要となる。以上のように、刈取り力、安全性、メンテナンス含めて完璧な刈刃はないのが現状である。

3. 刈刃に対する訴求点

草刈り作業関連の専門家に、刈刃に対する要望をヒアリングし、訴求点としてまとめた結果を表1に示す。まず、刈取り力としてはチップソー同等が求められ、安全だが刈取り力が落ちるのは望ましくないという意見があった。また、刈取り力が落ちると、燃費の悪化や電力消費が大きくなり、特に屋外での充電が難しい電動式では重要な事項となる。次に、石跳ねしにくいことがあげられた。特に事業者では石を跳ねて人や物に当たった場合、損害賠償の責任が発生するため特に気にしている事項である。また、鋼線刃が普及しない理由についてヒアリングした結果、明確な回答は得られなかったが、刈刃が折れて飛んでくるのは怖いという意見があった。その他、刃が消耗した場合に現地で容易に交換できること、軽いこと、際刈りできること、等が挙げられた。草刈りは生産に直結する作業でないため、出来るだけ時間をかけないようにする傾向が認められた。まずは、重要度の高い機能として、刈取り力が高く、石跳ねしにくいこと、容易に交換可能であること、キックバックしないこと、安全面の当たり前品質として、硬質物に当たっても鋼線刃が折れて飛散しないことを考慮した刈刃を製作することとした。

表1 草刈り用刈刃に対する訴求点

訴求点	理由
チップソー同等の刈取り性能	作業能率が下がることは認められない
石跳ねしないこと	石跳ね事故防止
電力消費が少ないこと	屋外で容易に充電出来ない
容易に交換できること	無駄な時間を省きたい
際刈りができること	際刈り用刈刃への交換時間を省きたい
寿命が長いこと	交換時間を省きたい
キックバックがないこと	一般作業者の死傷事故防止
折れないこと	当たり前品質

4. 製品設計

4-1 刃断面形状

鋼線刃の断面形状は円形だけでなく、当社の異形線加工によって種々の断面形状が製作可能である。まずはエッジを有するため丸線より刈取り力が高いと予想される長方形断面の平角線（2.3mm×3.6mm）に加えて、図1に形状を示す、頂角を鋭角とした5角形断面の線（以下5角線）も用意した。先端は鋭角にしつつも敢えて適度な丸みを設けることで刈取り能力と安全性の両立を図っている。また、断面は対称形状と、非対称形状を用意した。後者は回転時の空力的安定性を狙ったものである。このような断面形状は、当社異形圧延工程で製作することが可能である。なお、本検討においては、圧延加工で5角線を製作するにはロール製作費用を要するため、圧延で製造可能なことを確認した上で、機械加工により鋼線刃を製作した。

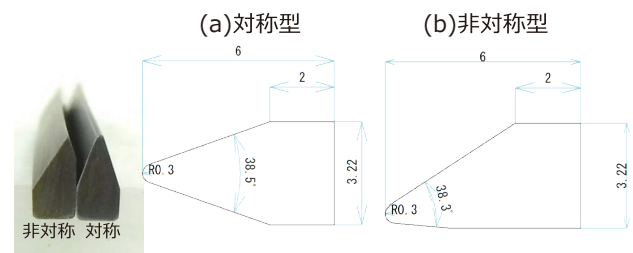


図1 5角形鋼線刃断面形状

4-2 鋼線刃取付け方法

鋼線刃は疲労による折損を抑制するため、取付け部を回転自由としたフリー刃構造とした。写真1に、5角線を取りつけた刈刃の外観と取付け部詳細、平角線の取付け状態を示す。5角線には通し穴を空け、樹脂基板から伸ばしたピンに取り付ける。ピンはクリップによって固定される。クリップはジグを使うことで簡便に抜き差し可能で、鋼線刃の交換が容易な構造とした。このようにして鋼線刃は稼働中に回転自由になる。平角線は細く通し穴を空けられないことから、円柱状のコマを貫通するように鋼線を通し、曲げ部を引っ掛け、コマを樹脂基板に埋め込み、蓋で抑える構造とした。以上のフリー刃構造によって、草刈り時の繰返し荷重による疲労破壊を抑制し、硬質物体に衝突したときの衝撃緩和を狙っている。



写真1 異形線を用いた刈刃

5. 実証試験

刈刃形状の検討に当たっては、国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構（以下、農研機構）西日本農業研究センター（以下西農研）所有の圃場において草を育成し、これを刈取る試験を通して、定量評価を行った。

5-1 刈払試験方法

試験に使用したのは農研機構西農研の圃場で、**図2**に示すように1.5m×29mを1区画として16区画準備した。植生のばらつきを減らすことと、区画境界をわかりやすくするため、えん麦を1区画当たり6条ですじまきし、草丈40cm程度になるまで育成した。また、区画によって草の生え方にばらつきがあるため、試験に先立ち50cm四方の草を刈取り、105℃にて48時間乾燥させた乾物重量（g）を測定した。これは、生えている草の密度に相当する指標である。西農研圃場の乾物重量は50cm四方あたり83～135gであっ

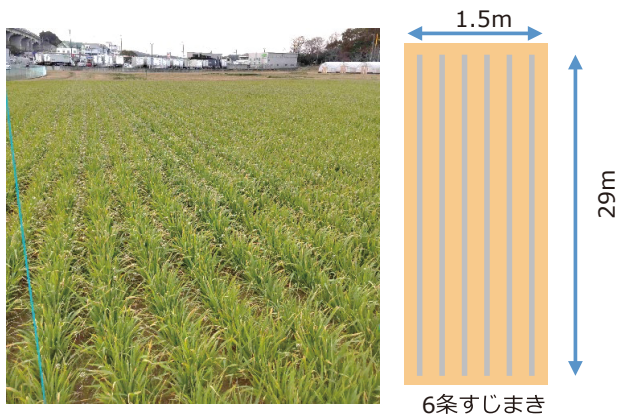


図2 西農研圃場外観と区画イメージ

た。さらに、消費電力の指標として、1区画刈取り後、刈払機のバッテリーの電圧降下を測定した。作業効率の評価のため、1区画あたりの作業時間を測定した。反復数は刈刃1種類当たり2回とし、その平均を用いた。作業者は習熟度の異なる2名とし、刈刃1種類あたり各人2回、合計4回の刈取りを行った。刈払機は、マキタ製MUR012GZ（最大電圧80V）を使用し、回転数は5,000rpmとした。ここでは5角線には対称形状を用いた。比較用の刈刃には、直径255mmのマキタ製DCチップソー（型番A-67321）⁽⁹⁾と同ウルトラメタルローラー4（型番A-58241）⁽⁹⁾に付属のナイロンコードを用いた。

5-2 リモコン草刈り試験方法

リモコン草刈り機（以下リモコン機）には、**写真2**に示すササキコーポレーション製「smamo」を用い、際刈りアタッチメント（SSC-30）を装着して試験に供した。鋼線刃2種類を際刈りアタッチメントに装着し、**写真2**に示す藪化した法面の草刈りを行った。比較として**写真2**左下に示すsmamo標準刈刃（4枚フリー刃）を用いた。標準刈刃には、草刈りアタッチメント（M700）を使用した。これには2セットの刈刃が備わっている。この法面50cm四方あたりの乾物重量は250～530gであった。



写真2 リモコン草刈り機と刈取り法面外観

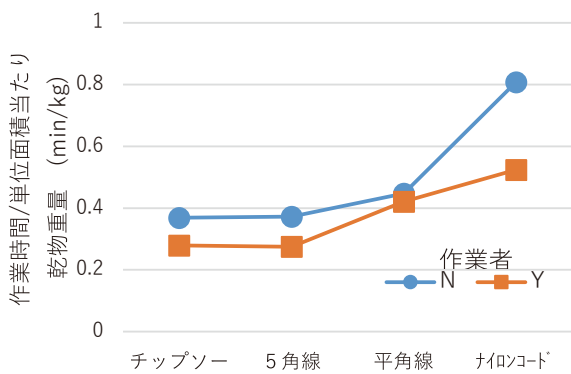
5-3 試験結果

刈払試験において、定性的な使用感としては、5角線はチップソーに近く刈り取っている感覚が強い。一方で平角線はナイロンコードに近く草を引きちぎる感覚があり、実際に**写真3**に示すように5角線の切株は平らであるのに対し、平角線の切株は引きちぎられた様相を呈していた。また、平角線では残渣の飛び散りも大きかった。その他、チップ

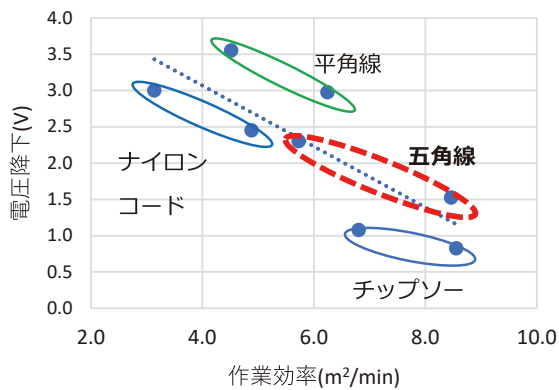
ソーは1回の刈取り量を多くとると草の絡まりが生じるため、刈取り量のコントロールが必要であるが、五角線は草の絡まりがなく、気を遣わずに刈れる点をメリットと感じ



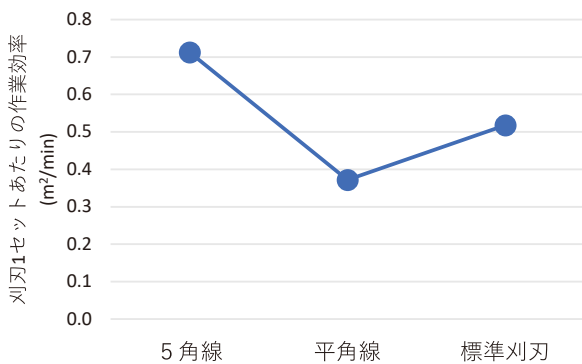
写真3 刈取り後切株



(a) 刈刃毎の作業時間



(b) 作業効率 VS 電圧降下 (消費電力)



(c) リモコン機における作業効率

図3 鋼線刃試験結果

た。図3に定量的な試験結果を示す。(a)の縦軸は、単位乾物重量あたりの作業時間で、草の密度を考慮した効率である。五角線はチップソーと同等の効率が得られており、次いで平角線、ナイロンコードの順であった。また、作業者が変わっても同様の順であり、習熟度によらず、同じ傾向であった。また、非対称の五角線も試した結果、浮揚感がなく安定感が増し、刈取り後の草丈を低くすることが可能であった。(b)は作業効率に対する電圧降下を示す。五角線はチップソーに次いで電圧降下が少なく、比較的電池の持ちが良い結果となった。(c)はリモコン機の結果で、刈刃1セットあたりの作業効率を示した。リモコン機の場合は藪化した法面を区画通りに刈取ることが困難なことから、縦軸は10min間に刈取り可能な面積を効率とした。リモコン機においては、五角線が最も効率が良く、標準刈刃を超える結果となった。さらに、写真4に外観を示す直径10mmを超える木化したノイバラ、灌木を刈取ることができた。当然これらの植物は、ナイロンコードでは刈取りできないものであり、チップソーでもキックバックの危険がある植生である。作業終了後の鋼線刃は、若干の摩耗はあるものの、曲がり、折損はなかった。以上の結果から、刈刃に五角形断面の鋼線刃を用いることで、設定した先端形状(丸みあり)にてチップソーやリモコン機標準刃並みの効率が得られることがわかった。また、鋼線の断面形状で効率が大きく変わることがわかった。

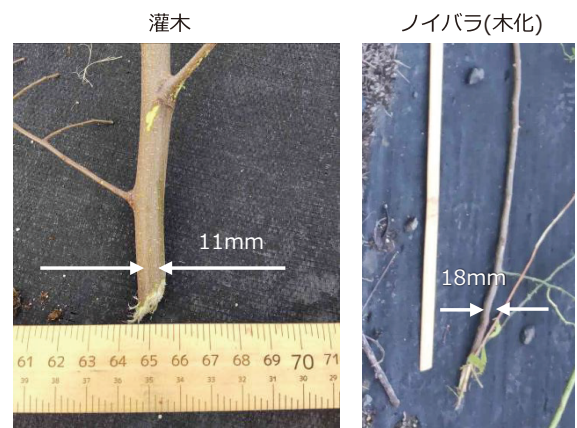


写真4 鋼線刃装着のリモコン機での刈取り例

6. 安全性試験

五角線では、刈取り能力がチップソー並みになることがわかったが、実用面からは、硬質物への衝突時のキックバックや石跳ねがどのようになるか検証する必要がある。そこで、農研機構農業機械研究部門(以下農機研)にて安全性に関する。一般性能試験を行った。

6-1 キックバック試験

キックバックの有無を調べるため、図4に外観を示す装置

を用いて試験を行った。刈払機は回転軸に回転自由に固定され、刈払機を電動シリンダーで押すことで時計回りに回転する。刈刃は、キックバックが起きる部位が板厚15mmの亚克力板に衝突するように調整されており、キックバックが起きる場合は亚克力板接触後刈払機の回転が加速される。一般性能試験において、刈刃は安定性の高い五角線の非対称形と、比較にはチップソーとチゼル刃^{*2}（マキタ製A-72849）を用いた。衝突速度は1.5m/sで、刈払作業時の“振り”速度を模擬している。亚克力板の切り込み量は10mm、刈払機の回転速度は6,150rpmとした。

試験を行った結果、チゼル刃：著しいキックバック、チップソー：弱いキックバック、五角線：キックバックなし、となり試験後の亚克力板を確認した結果、五角線は衝突時に刃が逃げることでキックバックを抑制していることがわかった。

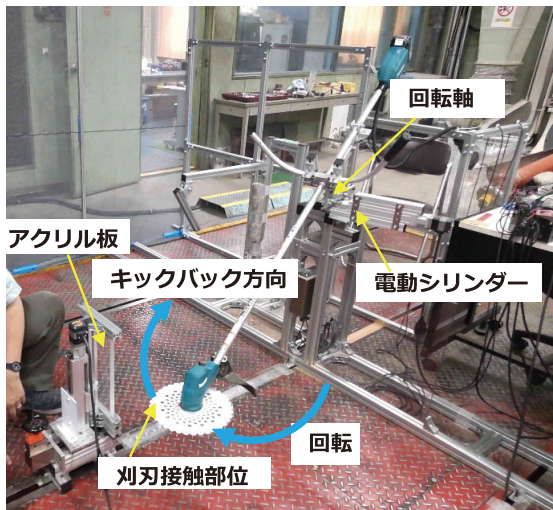


図4 キックバック試験構成

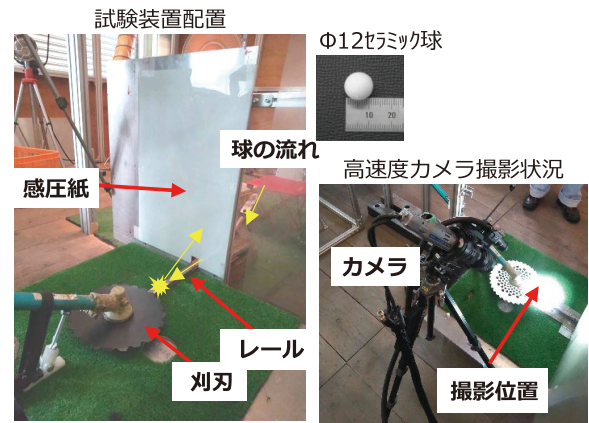


図5 飛散状況確認試験

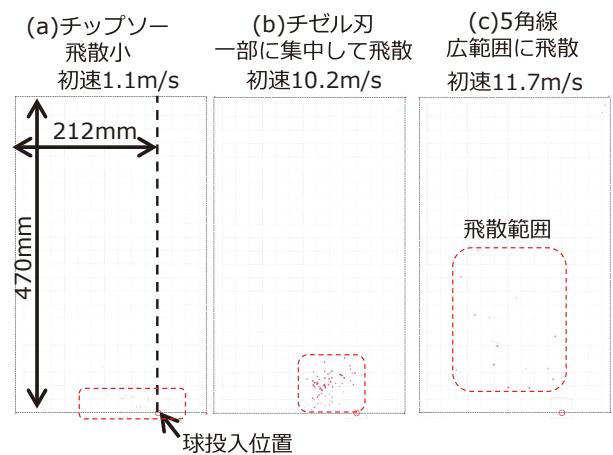


図6 球の飛散範囲



図7 飛散に関する考察

6-2 飛散状況確認試験

図5に飛散状況確認試験の構成を示す。刈払機は支持枠に固定され、回転している刈刃の先端に小石を模擬したΦ12mmのセラミック球（以下“球”）を1m/sの速度で衝突させる。球は侵入方向に跳ね返され、感圧紙に衝突し、圧痕を残す。圧痕の位置と色で、石跳ね分布と強さを推定できる。また、衝突の瞬間を高速カメラで撮影することで、石跳ねの初速を測定した。反復回数は100回とした。

図6に感圧紙に転写された飛散状況を示す。飛散は、チップソー<チゼル刃<五角線の順で大きくなり、初速はチップソー<チゼル刃≒五角線で、五角線が初速、飛散とも大きい結果となった。なお、五角線の試験は球が広範囲に飛散して危険なため、反復数18で中止した。このような結果の原因として、図7 (a) に示すように、五角線では刃の間隔が大

きいため球が強く当たりやすくなったことが予想される。また、非対称型の五角線では図7 (b) のように球を掬い上げるため広範囲に飛散したものと推定される。

6-3 衝撃試験

図8に衝撃試験の構成を示す。天井から刈払機を吊り下げ、ロープで引っ張り刈払機を振上げる。ロープを離すと刈払機が振り下ろされ、回転した刈刃が直径25mmのS15C鋼棒に1m/sで衝突する仕組みとなっている。写真5に試験結果を示す。五角線を鋼棒に衝突させた結果、鋼線刃取付け部のピンおよびクリップが破損し、鋼線刃が飛散する結

果となった。一方、鋼線刃自体は曲がりが生じるのみで、折損はしなかった。チップソーはチップが1箇所飛散、チゼル刃もわずかに欠けが発生の結果であった。

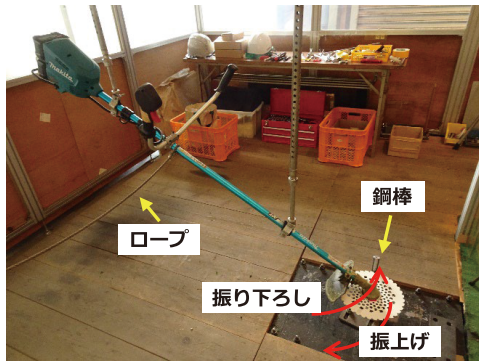


図8 衝撃試験構成

表2 訴求点に対する鋼線刃の性能と従来刈刃との比較

訴求点	鋼線刃 (開発品)	チップソー	ナイロンコード
刈取り性能	○	○	×
石跳ね	×	△	×
電力消費	○	○	×
交換時間	△	○	○
際刈り	未確認	×	○
寿命	未確認	△	×
キックバック	○	×	○
刈刃自体の折損	○	×	×

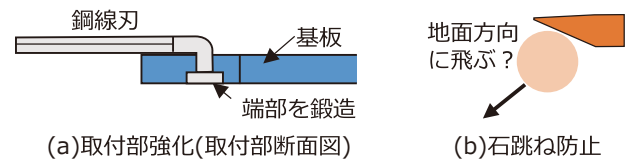


図9 課題の対策

破壊したクリップ、鋼線刃の変形状況



衝突痕



写真5 衝撃試験結果

7. 総合評価

表2に、訴求点に対する鋼線刃の機能と従来の刈刃との比較を示す。鋼線刃の特長として、刈取り力はチップソー並み、衝撃試験でも刈り刃自体の折損による飛散はしない、キックバックは生じないことがわかり、狙いとした刈取り力と安全性をある程度両立させることができた。一方で、取付部の改良の方向性を得ることができた。また石跳ねの課題が明確になった。寿命に関しては今回の短時間試験では把握困難であったので、専門業者のテストで確認を進めたい。

なお課題については、取付け部強度に関しては図9 (a) に示すように端部を鍛造して基板に引っ掛けるタイプにすることで対処可能と考えられる。この方式では、交換がより容易になるとともに、際刈りに対する効果も期待している。石跳ねに関しては、石をすくい上げることで飛散しやすくなるものと推察されるので、図9 (b) に示すように、鋼線刃の上下を反転させることで石が地面に向かい飛散を抑制できると考えられる。

8. 結 言

当社製異形線を用いた草刈り用刈刃を製作し、刈払機とリモコン草刈り機における刈取り性能の試験を行った結果、頂角を鋭角にした五角形断面の鋼線において、チップソーと同等の刈取り性能が得られ、電圧降下もチップソーに次いで小さかった。鋼線刃で懸念された折損は認められず、キックバックも生じないなど一定の安全性は確保できたが、石跳ねと鋼線刃取付け方法に課題を残した。前者は刃の形状による対策を、後者は鋼線刃端部を鍛造して基板に引っ掛ける構造を今後検討する。

9. 謝 辞

本論文の執筆にあたり、農研機構西農研の岡田主任研究員、農研機構本部赤松ビジネスコーディネーターには多大なるご協力とアドバイスを頂いたこと心より感謝申し上げます。農研機構農機研の手島グループ長、原田様には一般性能試験にご助力頂き誠に感謝申し上げます。

用語集

※1 刈刃

本論文においては刈刃とは刈払機に取り付ける刃体のことを示し、刃そのものは“鋼線刃”と表記する。

※2 チゼル刃

灌木等硬質木材が刈れる刈刃。チップを用いない金属刃として比較用に用いた。

参考文献

- (1) 鬼頭功、淡路和則、三浦聡、「大規模水田作経営における中山間地域の畦畔管理への対応」、農業経営研究、vol. 49, no. 3, p. 67-72 (2011)
- (2) 八木洋憲、芦田敏文、「畦畔管理を通じた水田経営規模間の補完性の検証」、農業経営研究、vol. 50, no. 1, p. 82-87 (2012)
- (3) 松岡淳、間々田理彦、淡野寧彦、「中山間地域の水稲作経営における農地集積の実態と展望」、農林業問題研究、vol. 53, no. 3, p. 148-155 (2017)
- (4) 鹿島潤、上村巧、「刈払機を用いた作業の災害分析」、森林利用学会誌、Vol. 25, no. 2, p. 77-84 (2010)
- (5) 荒牧利武、安部武美、山下淳、「刈払機用ピアノ線刃の試作研究(第1報)」、農業機械学会誌、vol.42, no. 1, pp. 75-83 (1980)
- (6) 日本特許、ホン、マンキ、「耐衝撃性を有する草刈機用カッター構造」、特許第6300043号、03-09 (2018)
- (7) 日本特許、公開特許公報、落合和平、「草刈り用回転カッター」、特開平9-28155、02-04 (1997)
- (8) 日本実用新案、実用新案公報、初田工業(株)、「動力刈払機の回転刈刃」、平1-27631、08-21 (1989)
- (9) マキタ総合カタログ、2024/10【WEBカタログ】 p. 212
<https://ecatalog.makita.co.jp/html/administrator/563/#212>

執筆者

吉田 雄* : 特殊線事業部 主席
博士 (工学)



丹羽 章弘 : 特殊線事業部 主査



河部 望 : 特殊線事業部 主幹



菊地 麗 : (国研) 農研機構 主任研究員
博士 (農学)



*主執筆者