

刈払機の飛散物防護カバーに関する研究

2019

塚本茂善

目 次

第1章 緒 言	1
第2章 研究の背景と目的	3
第3章 ISO 11806 における飛散物防護試験の検証と飛散物測定装置の開発	4
3.1 ISO 11806 における飛散物防護試験の概要	4
3.2 ISO 11806 における飛散物防護試験の検証	7
3.2.1 刈刃の回転により発生する風	7
3.2.2 試験片への風の影響及び試験片と刈刃の衝突状況	13
3.3 飛散物測定装置	15
3.3.1 測定装置の検討	15
3.3.2 測定装置の確認	19
3.4 摘 要	22
第4章 飛散物の飛散方向測定	23
4.1 飛散物の飛散方向測定	23
4.1.1 試験条件	23
4.1.2 飛散物の飛散方向測定	24
4.1.3 飛散方向測定結果	25
4.2 飛散物防護カバーによる防護範囲	31
4.3 飛散物防護カバーによる防護範囲と飛散方向測定結果の比較	32
4.4 飛散物防護試験	33
4.5 摘 要	34
第5章 飛散物防護カバーの形状と作業能率	35
5.1 刈払機に関するアンケート	35
5.2 飛散物防護カバーの防護域	42
5.3 作業性の比較方法	44

5.3.1	飛散物防護カバーの試作	44
5.3.2	作業性の確認方法	45
5.4	結果と考察	48
5.4.1	エンジン回転速度とシャフト回転速度	48
5.4.2	作業能率	50
5.5	摘要	52
第6章	刈払機の飛散物防護カバーに関する安全鑑定基準の改正	53
6.1	刈払機の飛散物防護カバーに関する基準改正WGの立ち上げ	53
6.2	飛散物防護カバーの安全鑑定基準改正に関する説明会の開催	55
6.3	農業機械安全鑑定推進委員会	56
6.4	改正した刈払機の飛散物防護カバーに関する安全鑑定基準	57
6.5	改正した安全鑑定基準に適合した刈払機の普及状況と今後の展開	61
第7章	総括	65
	謝辞	68
	参考文献	69

第1章 緒言

刈払機は昭和 27 年頃から欧米の製品が輸入され始め、昭和 29 年には国産機が登場した¹⁾。現在では、草刈り用機械として、農林業、道路管理などになくはならないものとなっているほか、ホームセンター等を通じて販売されて一般家庭にまで普及している。平成 27 年の出荷台数は国内向け 633,038 台、輸出向け 646,574 台となっており、国内、輸出合わせて 120 万台以上となっている²⁾。

刈刃は秒速 90m以上の高速で回転しており、刈刃への接触、刈刃に当たった石や破損した刈刃の破片などの飛散物による事故が発生している。農林水産省の調査では年間 6 人程度が死亡している³⁾。また、傷害事故の全国統計はないものの、全国共済農業協同組合連合会の全国 1 道 8 県の道県本部の生命共済、傷害共済証書から抽出した 2000 年の農作業事故数では 660 件となっており⁴⁾、全国では年間数千件発生していると思われる。生研機構が行った刈払機の使用状況と傷害事故の実態に関するアンケート調査では、傷害事故の約半数が刈刃との接触によるけが、約 3 分の 1 が飛散物によるけがであった⁵⁾⁶⁾。

刈払機の安全性や取扱性に関する研究としては、農業機械化研究所（現農業技術革新工学研究センター）が飛散物防護カバーの機能を確認するとともに、カバーの適切な形状、寸法、取付位置について検討を行っている⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。荒牧ら¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁶⁾は在来の刈払機用刈刃の欠点である磨耗や刃こぼれ、刈刃の回転と作業動作に伴って生じるジャイロ偶力による疲労の問題などを解決するため、ピアノ線刃による草刈装置を考案した。ピアノ線刃では在来刃に比し、ジャイロ偶力が著しく小さいため、制御操作が容易で、作業者に与える労働負担が軽減されるとしている。また強度の障害物に対しても十分な耐久性を有するように、ピアノ線刃の改良型として S K 回転自在刃（炭素工具鋼鋼材の刈刃）を試作し、室内及び野外における刈刃耐久試験を行って、強度的に十分であることを確かめている。飛び石事故防止等の観点から行われた研究としては、荒牧ら¹⁷⁾が刈刃を逆回転させると、作業者に対する飛び石事故を有効に防止できるものの、反面、特に切込刃においては集草作用が損われて作業能率が著しく低下することを明らかにしている。また、山下ら¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾²²⁾は、回転する刈刃の上に固定刃を付設した刈刃装置を開発し、在来の切込刃との比較を行い、固定刃付き刈刃装置は

切込刃よりも障害物に対する肉体的・精神的負担が軽いとしている。草刈作業に適する固定刃形状を明らかにするため、草刈能率、刈払機操作かんにかかる抵抗力、作業者の筋負担度を調べ、在来刃の場合と比較検討したところ、草刈能率は、作業時 6500rpm 以上のエンジン回転速度において、固定刃 23 枚装着の場合が固定刃 19 枚や 45 枚の場合よりも高く、安定していることが判明したとしている。また、作業者が受ける筋負担度は刈刃部質量の大小によるよりも、刈刃の種類による微妙な刈り取り性能の違いに強く影響されることを明らかにしている。固定刃付きは草や石など飛散物に対して作業者の安全性は他の刈刃の場合より総じて高く、固定刃に多数の打ち抜き孔を設けた軽量化固定刃は、作業者の身体負担の軽減に有効であるとしている。

刈刃との接触による傷害を防止する観点から行われた研究としては、鹿島ら^{23) 24)}がスロットル操作用レバーから手を放すと刈払機のシャフト回転を強制的に止めるブレーキ機能を備えた刈払機を開発した。また農業技術革新工学研究センターは、市販の刈払機に後付け可能な刈刃停止機構（刈刃ブレーキ）を開発^{25) 26) 27) 28) 29)}した。いずれもハンドルから手を放すと、刈刃の回転が即座（3秒程度）に止まる。

本研究は刈払機の飛散物による事故防止のため、作業者を飛散物から守るために刈払機に装備されている飛散物防護カバーの安全性と取扱性の向上を目的とするものである。

第2章では、本研究の背景と目的について述べる。第3章では、ISO 11806 における飛散物防護試験の検証を行い、その結果を踏まえた飛散物測定装置の開発について述べる。第4章では開発した飛散物測定装置を使った飛散物の飛散方向測定を行い、その結果と考察を述べる。第5章では飛散物防護カバーの形状を変えた時の作業能率について述べる。第6章では第5章までの結果を踏まえ行った、刈払機の飛散物防護カバーに関する安全鑑定基準の改正について述べる。

第2章 研究の背景と目的

刈払機の安全に関しては、昭和51年に農業機械の安全鑑定が農業機械化研究所（現農業技術革新工学研究センター）で開始され、刈払機もその対象機種となっており、平成27年度までに577型式が安全鑑定に適合している³⁰⁾。安全鑑定は、農業機械を「安全鑑定基準及び解説」に基づいてチェックし、基準に適合する一定水準以上の安全性を有するかどうか判定するもので、農業技術革新工学研究センターは、製造業者または輸入代理店などからの依頼によって安全鑑定を行っている。鑑定の結果は、依頼者に通知されるとともに、基準適合機は農林水産省に報告される。また、基準適合機には「安全鑑定証票」を貼付することができる³¹⁾。

平成9年3月に国民生活センターは、近年急速に普及したチップソー（超硬金属を刃先に付けた刈刃）などの破損による目の傷害事故が多いとして、農林水産省や(社)日本農業機械工業会などに改善要望を提出した³²⁾。これを受けて、従来の機体構造に対する安全鑑定基準に加えて、平成11年度から、防護めがねを必須装備とするほか、ISO規格に準拠した刈刃の強度試験（衝撃試験）³³⁾を導入することで、それまで対象としていたJIS刃³⁴⁾の他にチップソーなどのJIS規格が定められていない刈刃も対象に加えた³⁵⁾。なお、平成13年12月の改正で、チップソーも刈刃のJIS規格に加えられた³⁶⁾。また、平成13年度からは飛散物防護カバー強度試験³⁷⁾も導入している。このように刈払機に関する安全鑑定基準は時代の流れと共に改正や追加が行われてきたが、その中で飛散物から作業を守る目的で刈払機に装備されている飛散物防護カバーに関しても、さらなる安全性向上を目指し検討が行われた。この飛散物防護カバーに関する安全鑑定基準は、学識経験者、製造業者等広範囲に多数の意見を徴し、経験を基にした意見を取りまとめて策定されたもので、最小寸法を基準で定めている。そこで、飛散物防護カバーの飛散物防護性能についても評価するため、ISO 11806の飛散物防護試験を安全鑑定に導入することについて検討する必要があると考えられた。本研究は刈払機の飛散物による事故防止のため、作業者を飛散物から守るために刈払機に装備されている飛散物防護カバーの安全性と取扱性の向上を目的として実施した。

第3章 ISO 11806における飛散物防護試験の検証と飛散物測定装置の開発⁴⁰⁾

刈払機に装備される飛散物防護カバーの飛散物防護性能を評価するための試験方法として、国際規格である ISO 11806 の中に飛散物防護試験 (Thrown objects test) がある。本試験を安全鑑定に導入することを検討するため、まず ISO 11806 の飛散物防護試験装置を製作し、試験を実施する上での問題点の有無について、業界団体である(一社)日本農業機械工業会の刈払機部会とも連携しながら、検討を行った。

3.1 ISO 11806における飛散物防護試験の概要

この試験は刈刃中心から 850mm 離れたところに垂直に設けられた高さ 2000mm、幅 1200mm のクラフト紙 (規格 80g/m²) を、図 3-1 に概略を示した試験装置の A または B から刈刃に向けて打ち上げた試験片が飛散して貫通するかどうか確認するものである。主な試験条件は以下の通りとなっている。

- 1) 機械を試験装置に固定し、さらに試験片の打ち上げ位置が刈刃の外周からの切り込み深さの 2 分の 1 又は刈刃外周から内側 13mm のいずれか小さい方の距離になるよう機械をあわせる。
- 2) 刈刃の下面は、人工芝の先端から 30mm±3mm 上のところで人工芝と平行に設置する。
- 3) 試験片の打ち上げ高さを、刈刃の上方 20mm から 30mm (人工芝面から 50±3 ~60±3mm) になるように調節する。
- 4) 試験片はセラミック製で、高さが 6.5mm±0.8mm の正三角形断面を持つ、長さが 6.5mm±0.8mm のものとする (図 3-2)。
- 5) 1 個の試験片の質量は 0.43g±0.02g であること。
- 6) 試験は、25 個の試験片を 1 個ずつ打ち上げ、人工芝面は 5 個試験するごとに掃除する。
- 7) エンジン回転速度は、無負荷最高回転速度又は最大出力時回転速度の 133% のいずれか低い方にする。以下これをレーシング回転速度と呼ぶ。
- 8) 試験後、クラフト紙に飛散した試験片による貫通痕があるかどうかを調べる。その際、直径 5mm の球体を 3N 以下の力で破れ目から押し込むことができる

場合は、貫通があったものとする。

- 9)判定は 4 個以上の貫通がなければ合格。4 個以上の貫通が認められた場合は、その後試験を 5 回繰返し、そのいずれの試験においても 4 個以上の貫通がなければ合格。それ以外は不合格。

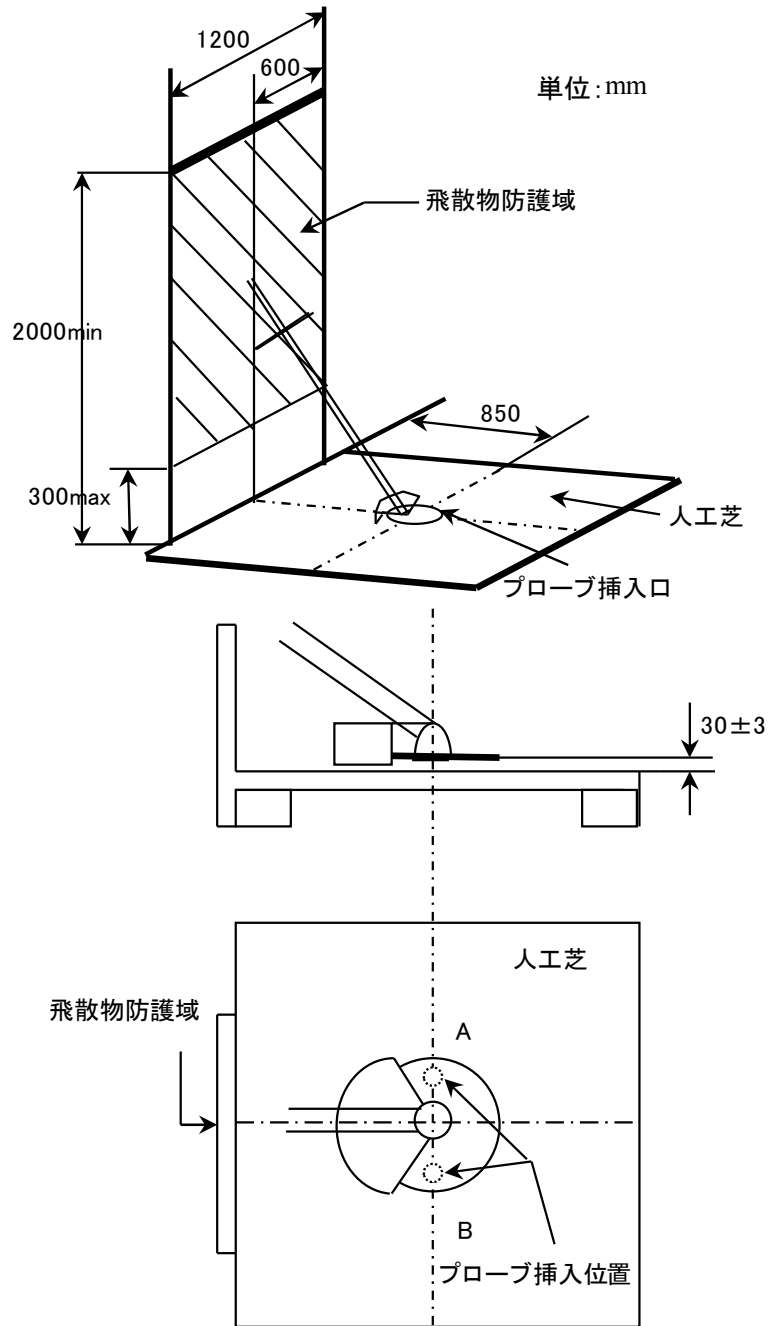


図 3-1 ISO 11806 による飛散物防護試験装置の概要

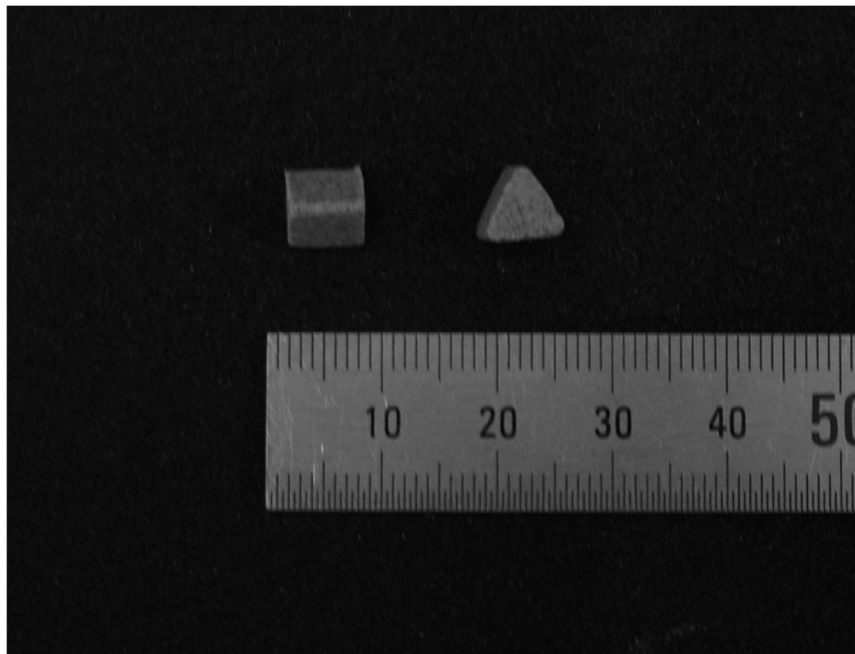
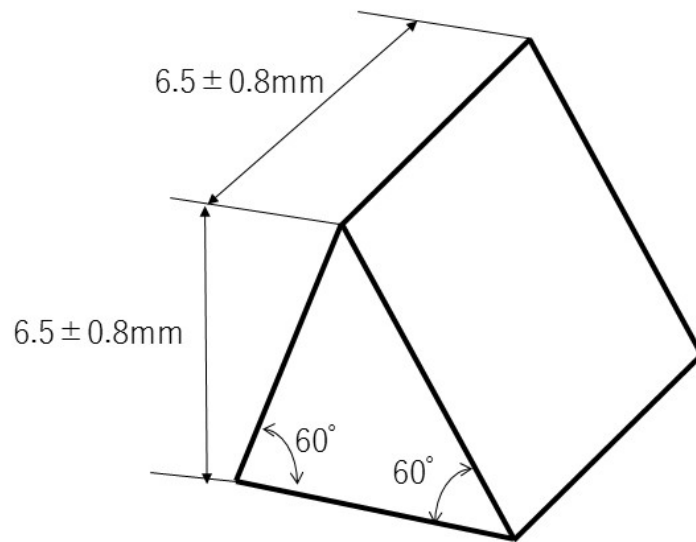


图 3-2 試驗片

3.2 ISO 11806 における飛散物防護試験の検証

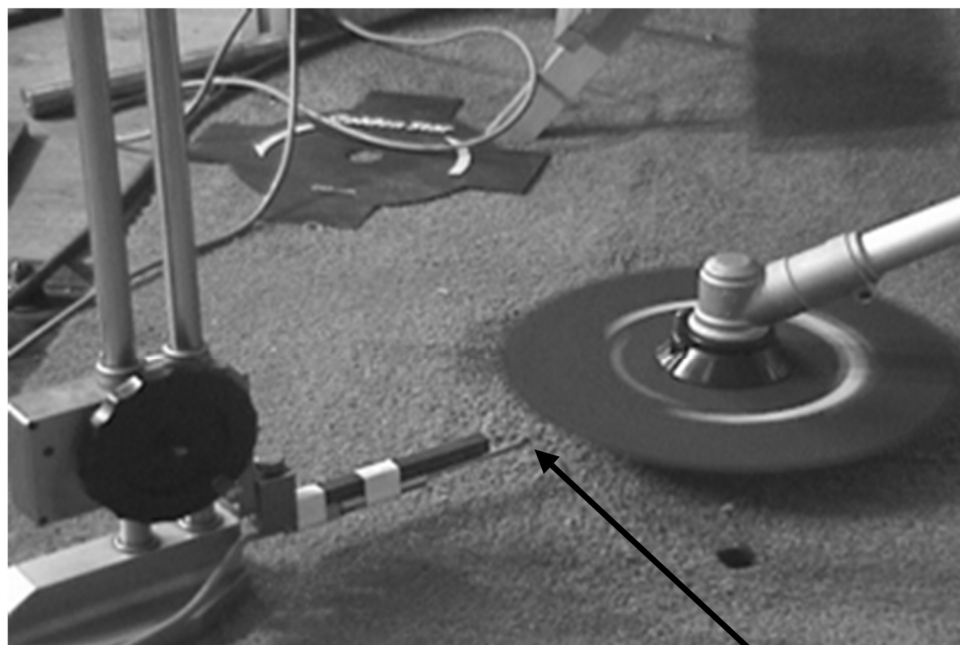
製作した ISO 11806 の飛散物防護試験装置に刈払機を供試し、試験を実施したところ、刈刃の種類によっても違いはあるが、日本で主流となっているチップソーについて見てみると、打ち上げられたプローブが刈刃の下に転がることが多く、ほとんど飛散が発生していないように思われた。そこで安全鑑定への飛散物防護試験（ISO 11806）の導入を検討するにあたって、まず刈刃による飛散が確実に発生しているかどうかについて確認を行った。

3.2.1 刈刃の回転により発生する風

上述の飛散物防護試験では、飛散物防護試験装置に刈払機を設置し、エンジンをかけて刈刃を回転させ試験を実施する。この時、高速で回転する刈刃の周辺では風が発生していると考えられたため、その状況について調べた。

(1) 測定方法

図 3-3 のように刈刃が人工芝面から 30mm の高さになるように刈払機（KIORITZ:SRC360T）を設置し、刈刃周辺の風速の測定を以下の手順で行った。なお、風速の測定には風速計（KANOMAX：アネモマスター風速計 SYSTEM6242）を用い、飛散物防護カバーは外して測定した。



風速計プローブ

図 3-3 回転する刈刃の風速測定

a. 予備試験

各種刈刃の風速測定を行う前の予備試験として、ISO 11806 の試験において最も影響が大きいと考えられる刈刃下方部分に発生する風について、刈刃下面と人工芝面間及び刈刃外周から刈刃中心間の測定場所の違いによる風速を調べた。直径 255mm ののこ刃（歯数 80 枚）を供試し、人工芝面に直角な刈刃中心を通る面上で、刈刃外周端から刈刃の歯高 1/2 だけ内側に入った刈刃から下に 10・15・20mm の 3 カ所及び人工芝の面に直角な刈刃中心を通る面上で、刈刃の歯高 1/2 よりさらに 10mm だけ内側に入った刈刃から下に 15mm の場所、人工芝の面に直角な刈刃中心を通る面上で、刈刃の歯高 1/2 よりさらに 20mm だけ内側に入った刈刃から下に 15mm の場所の 2 カ所、計 5 カ所（図 3-4）について風速測定を行った。なお、エンジンは無負荷最高回転速度の 11800rpm（刈刃回転速度 8400rpm）とした。また、風向も調べるため、各風速測定位置に細い糸を近づけ、その糸のたなびく向きで風向を把握した。その結果、刈刃下方に発生する風は、刈刃下面から人工芝面に近づくにしがって、また、刈刃中心から刈刃外周端にいくにしたがって風速が大きくなる傾向にあり（表 3-1）、風向は刈刃の回転方向（風速測定位置における刈刃円周の接線方向）であった。

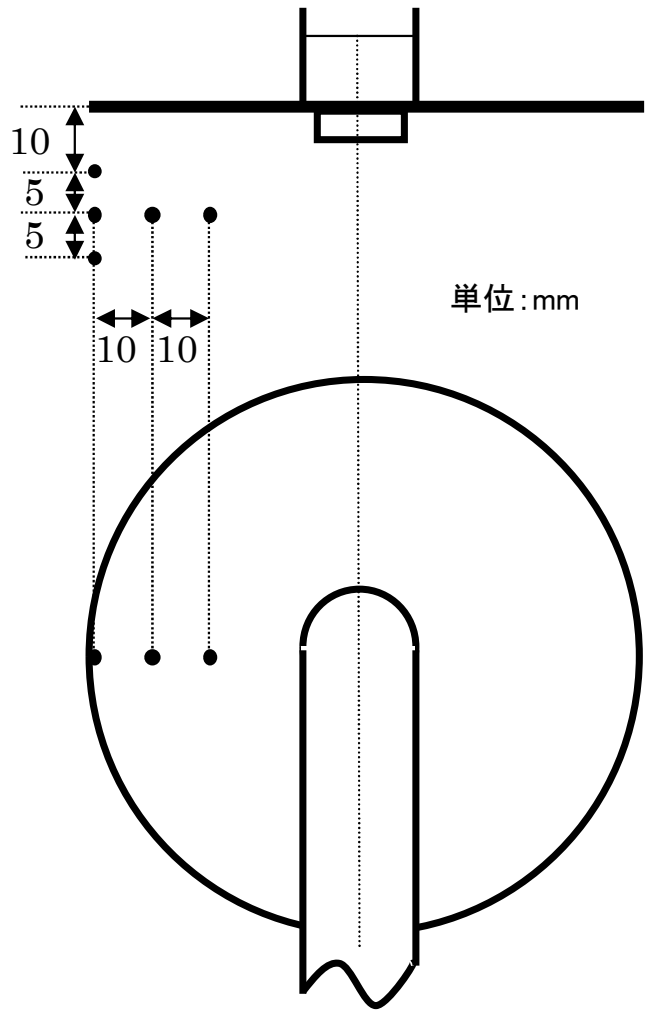


図 3-4 風速測定的位置

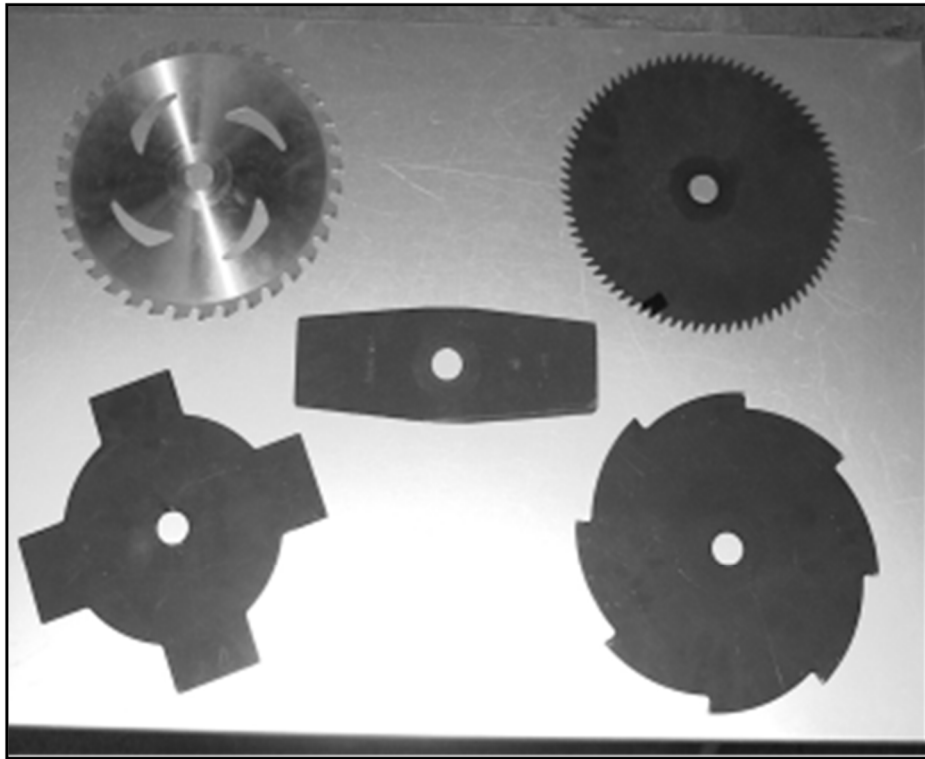
表 3-1 予備試験結果（のこ刃：直径 255mm）

	刈刃外周から内側への距離 (mm)			
		歯高の1/2	10	20
刈刃下方への 距離 (mm)	10	15.5~15.7	—	—
	15	18.6~19.1	15.8~16.2	13.3~13.6
	20	19.1~20.2	—	—

単位:m/s

b. 各種刈刃の風速

図 3-5 に示した 2 枚刃, 4 枚刃, 8 枚刃, チップソー (歯数 36 枚), のこ刃 (歯数 80 枚) (いずれも直径 255mm) について, 刈刃周辺の風速測定を行った。測定位置は上記 a の結果も踏まえ, 刈刃上方 (人工芝の面に直角な刈刃中心を通る面上で, 刈刃外周端から刈刃の歯高 1/2 もしくは刃の外周端より 13mm 内側の位置のいずれか小さい方で, 刈刃から上に 15mm の場所), 刈刃側方 (刈刃と同一平面上で, 刈刃外周端から外へ 10mm の場所), 刈刃下方 (人工芝の面に直角な刈刃中心を通る面上で, 刈刃外周端から刈刃の歯高 1/2 もしくは刃の外周端より 13mm 内側の位置のいずれか小さい方で, 刈刃から下に 15mm の場所) の 3 カ所とした。なお, エンジン回転速度は, 無負荷最高回転速度の 11800rpm と, 一般的な刈払機エンジンの最大出力時回転速度 (7000rpm) のレーシング回転速度に当たる 9310rpm とした。また, 上記予備試験と同様に, 風向も確認をした。



左上:チップソー 右上:のこ刃
中央:2枚刃 左下:4枚刃 右下:8枚刃

図 3-5 供試刈刃

(2) 測定結果

各種刈刃の風速測定結果を表 3-2 に示す。試験片の打ち上げに一番影響があると思われる刈刃下方部分における風速は、刈刃の刃数が多くなるほど大きくなり、その風向は刈刃の回転方向（風速測定位置における刈刃円周の接線方向）であった。

表 3-2 各種刈刃の風速測定結果

刈刃種類	エンジン回転速度	上面風速	側面風速	下面風速
2枚刃	レーシング回転速度	1.21-1.25	0.96-1.03	3.12-3.34
	最高回転速度	1.45-1.51	1.24-1.45	4.24-4.52
4枚刃	レーシング回転速度	0.73-0.80	6.78-7.52	8.46-8.85
	最高回転速度	0.86-0.93	8.70-9.01	10.2-10.3
8枚刃	レーシング回転速度	0.70-0.73	12.1-12.7	9.60-10.1
	最高回転速度	0.82-0.87	12.0-12.5	11.1-11.5
チップソー	レーシング回転速度	0.87-0.96	9.13-10.0	11.6-12.1
	最高回転速度	1.06-1.09	9.63-10.1	13.9-14.3
のこ刃	レーシング回転速度	1.10-1.12	5.70-6.17	14.7-15.4
	最高回転速度	1.22-1.25	5.19-5.46	17.4-17.8

単位：m/s

レーシング回転速度：9,310rpm（刈刃：6650rpm）

最高回転速度：11,800rpm（刈刃：8430rpm）

3.2.2 試験片への風の影響及び試験片と刈刃の衝突状況

3.2.1 で述べたように、回転する各種刈刃の周辺では風が発生していることがわかった。そこでこれら回転する刈刃により発生する風が刈刃下方より打ち上げられた試験片に対して及ぼす影響について確認した。

(1) 方法

3.2.1での結果を踏まえ、人工芝面より50mm付近の高さに打ち上がるように、ブロワ（日立工機：RB20 3.5A 13000rpm 2.3m³/min）を用いて風速15m/sで試験片を打ち上げ、そこへ別のブロワ（マキタ：モデル4014B 3.7A 12500rpm）を用いて側方から風（試験片打ち上げ口付近の風速が5～15m/sとなるようにブロワの位置を調節）を当て、試験片への影響を調べた。また、ISO 11806の飛散物防護試験の方法による実際の試験装置にのこ刃（直径255mm、歯数80枚）及びチップソー（直径255mm、歯数36枚）を供試した刈払機をセットし、試験片と刈刃との衝突状況についてデジタルビデオでの撮影を行い確認した。

(2) 結果

打ち上げられた試験片に対して横風を当てた場合、風速10m/sまではほとんど影響が見られなかったが、風速12m/s以上では、試験片が横に流され、試験片の打ち上げ軌跡に影響が見られた（図3-6）。この場合、試験片を打ち上げても、ISO 11806で規定されている刈刃の衝突ポイントに試験片が当たらない可能性が大きいと考えられた。従って上記の風速測定結果とあわせて考えると、チップソーやのこ刃といった刃数の多い刈刃の場合、試験片の打ち上げ軌跡へ影響を与える風速の風が発生しているため、試験片が横に流されてしまい、適切な位置へ到達しない可能性が高いと考えられた。また、実際の試験装置を用いたデジタルビデオによる撮影結果を見てみると、やはり試験片が刈刃に当たらない場合（図3-7）があり、回転する刈刃により発生する風の試験片への影響を確認することができた。また、試験片が刈刃に当たったとしても、チップソーやのこ刃は、もともと刃と刃の隙間が試験片よりも小さいので、試験片を下から打ち上げて回転する刈刃に衝突させる方法では、試験片が刈刃にぶつかって下方に落下するだけで通常の草刈り作業時に想定されるような飛散を発生させることは困難である。これはチップソーの利用が主流となっている日本においては重大な問題点である。これらのことから飛散物防護カバーの防護性能を評価するためには、

まず飛散を適切に発生させることができる方法を検討する必要があることが示唆された。

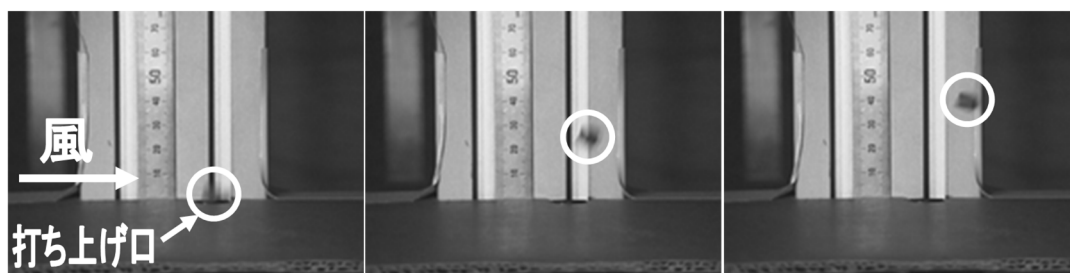
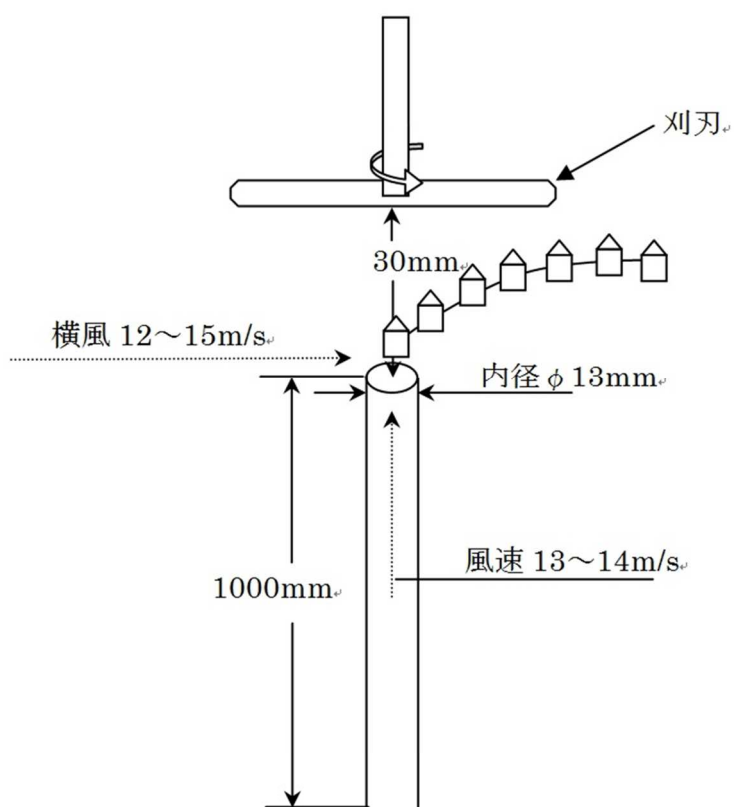


図 3-6 試験片の打ち上げ軌跡

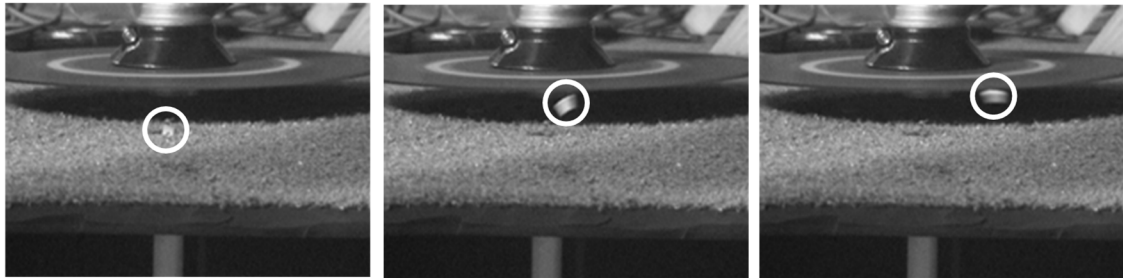


図 3-7 ISO 11806 の試験装置を使った試験片の打ち上げ軌跡

3.3 飛散物測定装置

前述の結果を踏まえ、刈刃による飛散を確実に発生させ、飛散物の飛散方向を把握することができる測定装置を開発することとした。なお、ISO 11806 ではクラフト紙を貫通したものを飛散物として扱っているが、本研究ではクラフト紙を貫通するほどの運動エネルギーを持たない飛散物についても、できるだけ詳細（目や顔への飛散状況等）に把握することで、より安全側で評価することを第一に考えた。

3.3.1 測定装置の検討

(1) 測定装置の構成

ISO 11806 の飛散物防護試験を参考に、飛散物測定装置の構成について検討を行った。ISO 11806 の飛散物防護試験では、刈払機本体を設置することになっているが、今回開発する飛散物測定装置は回転する刈刃による飛散物の飛散状況を把握することが目的であるので、刈刃のみ（飛散物防護カバーの装着無し）を高速電動モータ（八幡電機製 3000–18000rpm）で回転させることにした。なお、仮想地面は人工芝とし、刈刃の設置位置は人工芝から 30mm の高さとした。

(2) 試験片

前述のように、ISO 11806 ではセラミック製正三角柱の試験片が用いられるが、安定して刈刃に衝突させるためには球形の試験片を用いることが適当であると判断し、また試験片の大きさについては、平田ら¹⁴⁾の研究において粒径が 12～15mm、荒牧ら¹⁷⁾の研究において粒径が 10～15mm の石が使用されていたことを参考に、直径 12mm のセラミック球（図 3-8）を用いることとした。

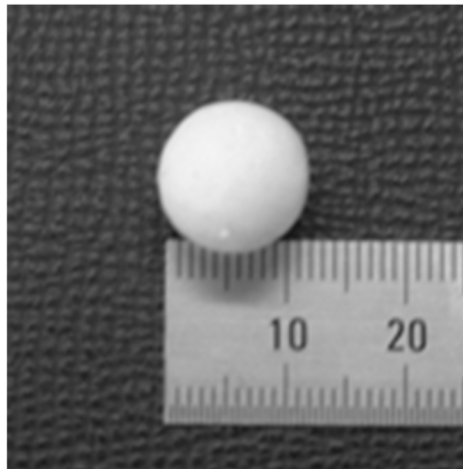


図 3-8 セラミック球 (φ12mm)

(3) 飛散物の発生方法

実作業では、地面に固着していない石礫等に刈刃が衝突する場合と地面に固着した石礫等に刈刃が衝突する場合が考えられるため、それらを考慮した飛散発生方法について検討を行った。

地面に固着していない石礫等に刈刃が衝突した場合を想定した方法としてスロープに試験片を転がし、回転する刈刃の横方向から衝突させる方式（スロープ型）（図 3-9）を考案した。また、地面に固着した石礫等に刈刃が衝突した場合を想定した方法として吸引ノズルの先端に試験片を吸着させ、回転する刈刃の横方向から、試験片が確実に砕ける程度の押しつけ力を持たせた状態で衝突させる方式（強制型）（図 3-10）を考案した。吸引ノズルの吸気穴径は 3mm とし、刈刃により粉碎された試験片が吸い込まれないよう配慮した。なお、試験片と刈刃の衝突速度については荒牧ら¹⁷⁾の研究において実作業時の刈払い速度とほぼ等しいとして 1m/s で実験が行われていること、また、安全鑑定確認試験の刈刃強度試験においても 1m/s で試験が行われていることから 1m/s とした。

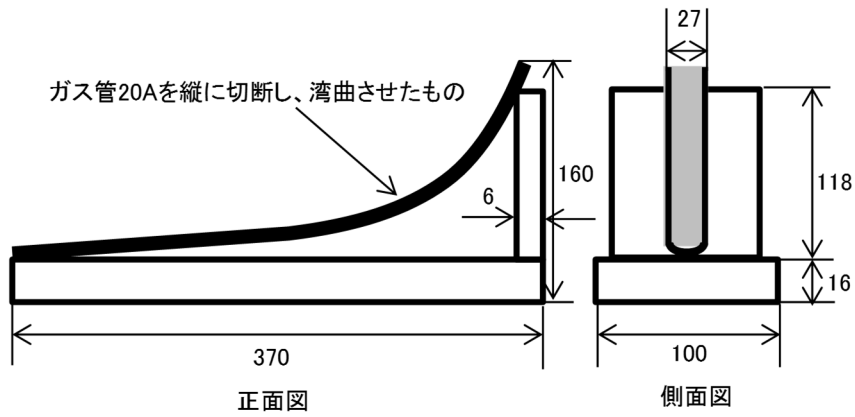


図 3-9 スロープ型

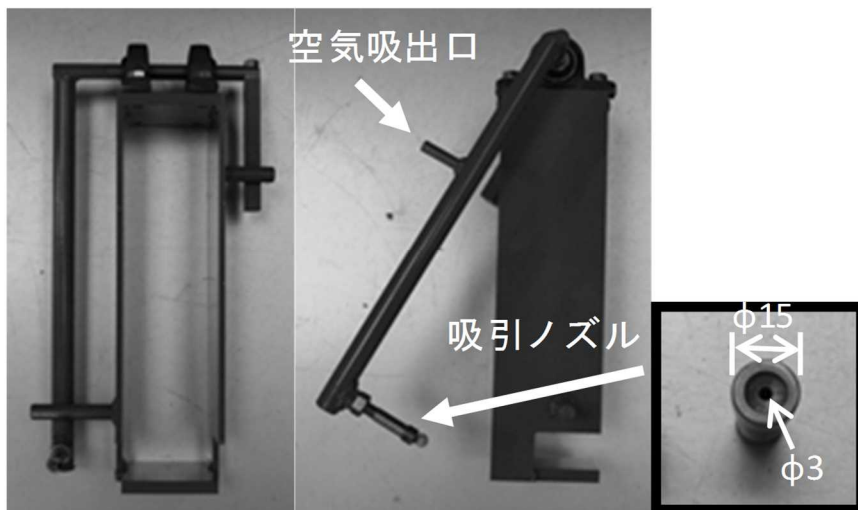


図 3-10 強制型

(4) 飛散物の捕捉方法

飛散物の捕捉方法として、測定板の表面に粘土やグリスを塗布する方法、及び感圧紙（富士フイルム製プレスケール「低圧用」）を貼付する方法の3通りについて検討を行った。その結果、測定板の表面に粘土やグリスを塗布して飛散物を捕捉する方法は、粘土やグリスに貫入した小さな破片を正確に把握することが困難であった。また、1試験区毎に測定板の粘土やグリスを塗布し直すことも非常に試験効率が悪く、適切な方法ではなかった。一方、測定板の表面に感圧紙を貼り付ける方法は、小さな飛散物も正確にその痕跡を把握することができた。これは感圧紙が白い紙であり、圧力がかかった部分が赤く変色するようになっており（今回用いた感圧紙は2.5MPa以上の圧力で赤く変色する）、目視で容易に確認することができるためである。また、1試験区毎の準備においても、感圧紙を貼り替えるだけであり、非常に試験効率も良かった。以上のことから感圧紙を用いた捕捉方法が本試験の目的に最も適する方法であると判断し、本方法を採用することとした。

(5) 飛散物の捕捉範囲

飛散物の捕捉範囲についてはISO 11806における飛散物防護域の範囲としたが、測定装置の小型化と測定効率を考慮すると、測定板の大きさを実際にISO 11806で定義されている飛散物防護域の大きさよりも小さくすることが望ましく、また実際の飛散物防護カバーの装着位置が刈刃中心から200mm程度の場所であり、飛散物防護カバーの取付け位置付近での飛散状況を把握するためにも、測定板の位置は、ISO 11806で定義されている刈刃中心から850mm離れたところではなく、200mm離れたところとする方が望ましいと考えられた（図3-11）。そこで測定板の位置は刈刃中心から200mm離れたところとし、この位置での飛散物の痕跡を本来刈刃中心から850mm離れたところにある飛散物防護域へ投影することにより飛散物の飛散方向を把握することとした。

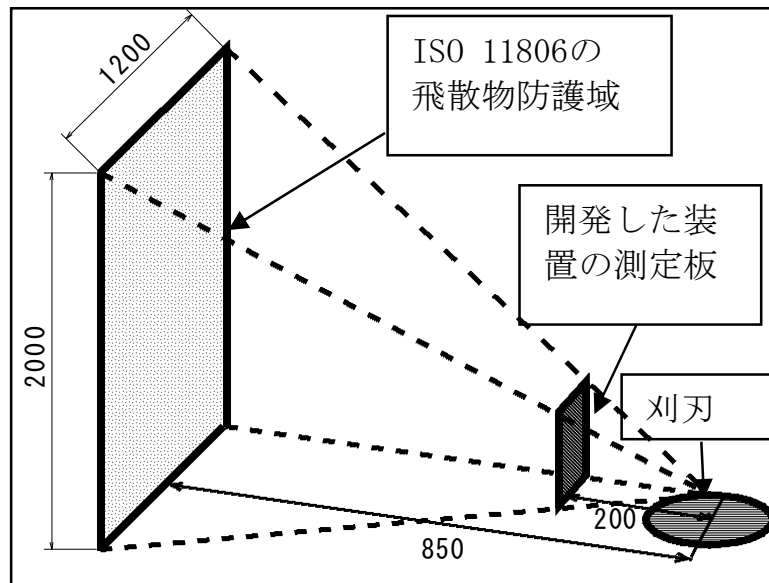


図 3-11 ISO11806 の飛散物防護域と測定板の位置関係

3.3.2 測定装置の確認

上記検討結果から、図3-12のような飛散物測定装置を試作し、飛散物の飛散方向測定に供試できるかどうかの確認を行った。

(1) 確認方法

飛散物測定装置に2枚刃及びチップソー（いずれも直径230mm）をセットし、スロープ型、強制型のそれぞれにおいて飛散物の飛散方向測定を行った。なお、刈刃の回転速度については、レーシング回転速度を3.2.1(1)bと同じ9310rpm、減速比は14/19として6900rpmとした。

(2) 確認結果

スロープ型、強制型いずれの飛散発生方式も確実に刈刃に試験片を衝突させることができ、強制型においては吸引ノズルによる飛散物の吸入もほとんどなく、飛散物を発生させることができた（図3-13）。また、発生した飛散物の痕跡についても確実に把握することができ、飛散物の飛散方向の測定が可能であった（図3-14）。図3-14において白い部分は飛散物無し、薄い灰色部分は5個未満、濃い灰色部分は10個未満、黒い部分は10個以上

の飛散物があったことを示している。2枚刃による飛散物測定結果は山下¹⁸⁾の研究結果で示されている飛散方向（作業者位置の左側に多く飛散）や飛散高さ（ほとんどの飛散物が70cm以下に集中）とも同様の傾向を示しており，本試験装置による飛散物測定の妥当性が確認された。

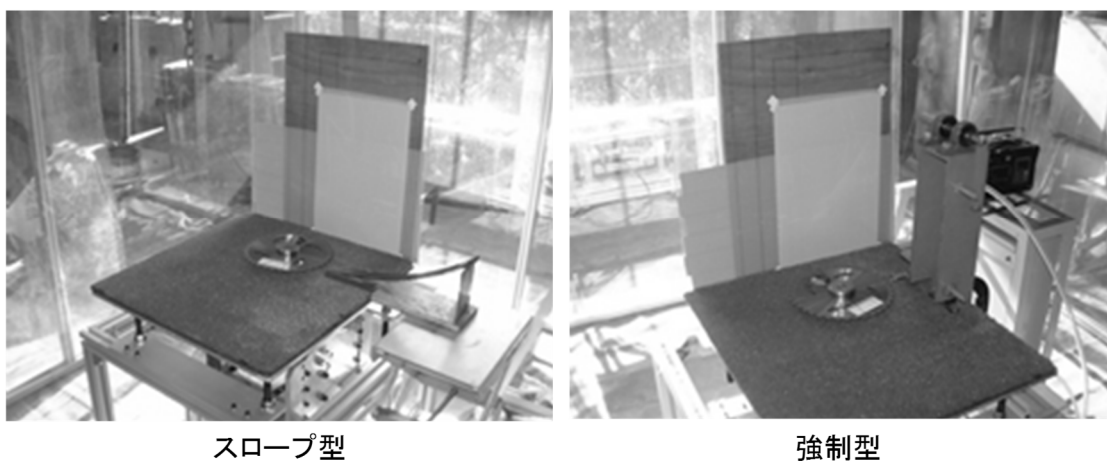
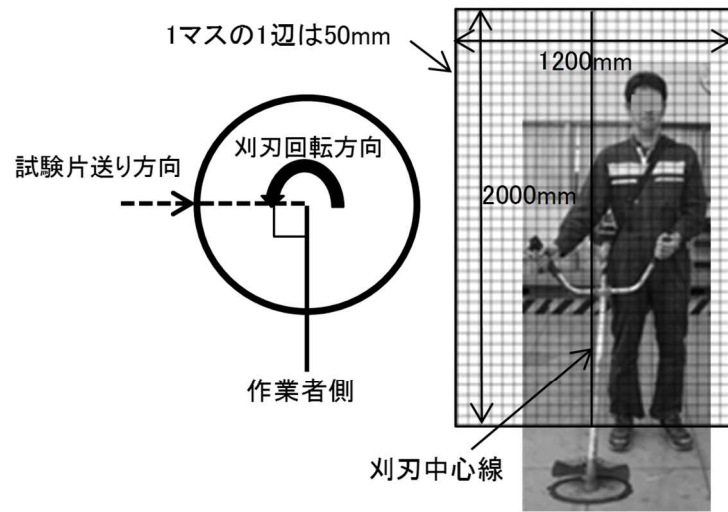


図 3-12 飛散物測定装置



上部右奥から中央に見える白い部分が刃中心から
200mm離れたところに設置した測定板の下部

図 3-13 強制型による飛散物発生の様子



飛散物防護域と作業者の位置関係

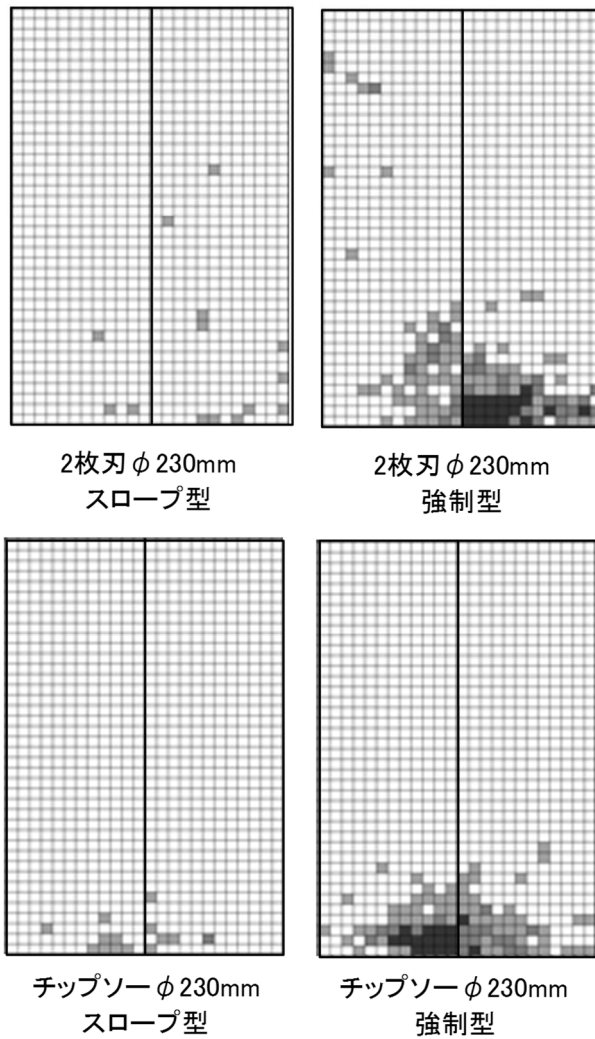


図 3-14 飛散物測定結果

3.4 摘 要

ISO 11806 の飛散物防護試験を安全鑑定に導入することを検討するため、ISO 11806 の飛散物防護試験装置を製作し、試験を実施する上での問題点の有無について検討を行った結果、以下の知見が得られた。

- 1) ISO 11806 による飛散物防護試験においては、刈刃の下方に発生する風の影響で、刈刃の種類によっては必ずしも試験片が刈刃に当たらず飛散が発生しない場合がある。仮に試験片が刈刃に当たったとしても、刃と刃の隙間が狭い場合には通常の草刈り作業時に想定されるような飛散を適切に発生させることは難しい。このことから、飛散物防護カバーの防護性能の評価は難しく、飛散物防護カバーの防護性能を評価するためには、まず実態にあった飛散を発生させ得る方法を検討する必要があることが示唆された。
- 2) 実作業を考慮した飛散状況を得るために、地面に固着していない石礫等に刈刃が衝突した場合を想定したスロープ型と地面に固着した石礫等に刈刃が衝突した場合を想定した強制型の2つの方式の飛散物測定装置の開発を行った。また、飛散方向の測定に感圧紙を用いることで、飛散物の痕跡を確実に把握することが可能であった。
- 3) 上記装置の動作確認を行ったところ、飛散を確実に発生させることができ、本装置による飛散物の飛散方向測定の妥当性が確認された。

第4章 飛散物の飛散方向測定⁴¹⁾

刈払機の一層の安全性確保を目指して、第3章ではISO 11806の飛散物防護試験を安全鑑定に導入することについて検討を行った。その結果、我が国で主流となっている刈刃においては、ISO 11806の飛散物防護試験は飛散物防護カバーの防護性能の評価には適切とは言えず、安全鑑定確認試験への導入は適切ではないと判断された。またそれを受け、刈払機での通常作業時に生ずる飛散を考慮した飛散物測定装置の開発を行った。本章では、開発した飛散物測定装置を用い、数種類の刈刃による飛散物の飛散方向測定を行い、平成21年度までの安全鑑定基準³⁸⁾(以下、安全鑑定基準)に準拠した飛散物防護カバーによる防護範囲との関係について検討を行ったので、その結果について報告する。

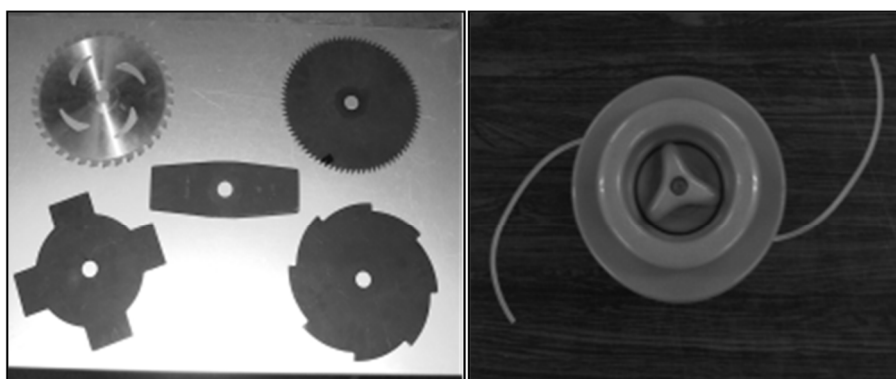
4.1 飛散物の飛散方向測定

飛散物測定装置に国内で販売されている数種類の刈刃を供試し、それぞれの刈刃により発生する飛散物の飛散方向について測定を行った。

4.1.1 試験条件

(1) 供試刈刃

2枚刃、4枚刃、8枚刃、のこ刃、チップソー(それぞれ直径230mmと255mm)、ナイロンコードカッター(直径350mm)の計11種類の刈刃(図4-1)を供試した。



左上:チップソー 右上:のこ刃
中央:2枚刃 左下:4枚刃 右下:8枚刃

ナイロンコード

図 4-1 供試刈刃

(2) 刈刃回転速度

ISO 11806 の飛散物防護試験ではエンジンの定格回転速度の 133%と無負荷最高回転速度のいずれか小さい方の回転速度で試験を行うこととなっているため、今回の試験においてもこれを参考とした。最近の安全鑑定受験機のデータから、減速比（刈刃回転速度/エンジン回転速度）については 14/19，エンジンの最大出力時回転速度については 7000rpm，無負荷最高回転速度については 10000rpm 以上として，刈刃回転速度は 6900rpm ($7000 \times 1.33 \times 14 \div 19 = 6860$) とした。

4.1.2 飛散物の飛散方向測定

上記試験条件のもと，スロープ型及び強制型それぞれの飛散物測定装置により飛散物の飛散方向測定を行った。測定は刈刃に設けた 5 つの衝撃ポイント（図 4-2）に対してそれぞれ 30 個の試験片（直径 12mm のセラミック球）を供試し，各衝撃ポイントで発生した飛散物の感圧紙に付いた痕跡を調べた。また飛散物の測定にあたっては，ISO 11806 で定義されている飛散物防護域（刈刃中心から 850mm 離れたところにあり，刈払機を中心にして左右方向に 1200mm，地面を 0 として高さ方向に 2000mm の範囲）（以下，飛散物防護域）を縦横 50mm のマス目に区切ったものに相当するマス目に感圧紙を区切り，そのマス目毎に飛散数を計測した。

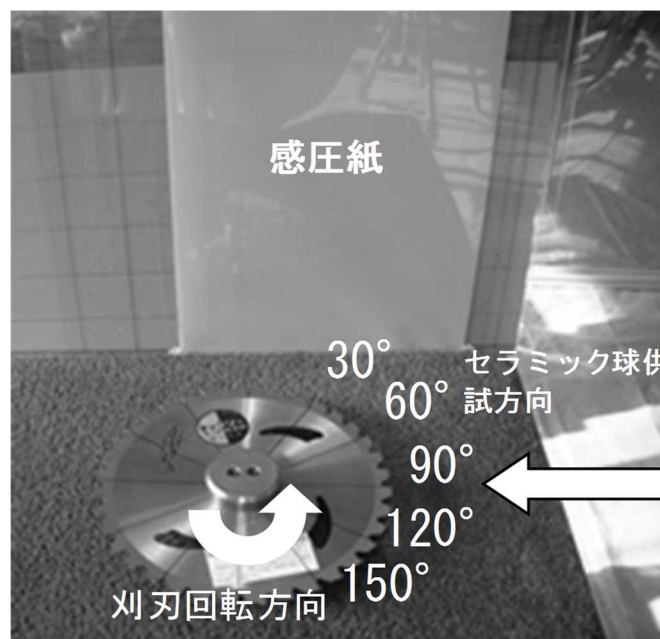


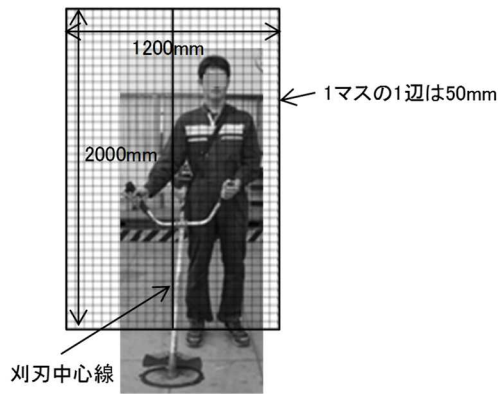
図 4-2 衝撃ポイント

4.1.3 飛散方向測定結果

供試刈刃による飛散物の飛散数を表4-1に示す。飛散数はチップソーを除いて刈刃の刃数が少なくなるほど多かった。これは刃数が少ないほど、セラミック球が刃と刃の間に入りやすく、しっかりと打ち砕かれることで、1個の試験片がいくつもの破片となって飛散したためである。この傾向は平田ら¹¹⁾、荒牧ら¹⁷⁾の研究結果とも一致している。また、チップソーについては刃数が多いものの刃の先端に超硬チップが埋め込まれているため切れ味が良く、セラミック球が細かく砕かれ、飛散数が多くなった。この刃については刃数が多く、またチップソーのように刃の先端に超硬チップが埋め込まれていないため、飛散数が最も少なくなった。ナイロンコードカッターについては、セラミック球は砕けることなく飛散する、あるいはナイロンコードの方がちぎれ、それが飛散物となることがあった。刈刃直径と飛散数の関係について見てみると、全体としては明確な関係は見られなかったが、衝撃ポイント90°における飛散数については、スロープ型、強制型ともにほぼすべての刈刃で刈刃の周速度が大きくなる刈刃直径255mmの方が230mmよりも多くなった。次に飛散方向測定結果を図4-3-1～4-3-5、4-4-1～4-4-6に示す。この図はISO 11806で定義されている飛散物防護域(刈刃から作業者の方向を見た場合)を表しており、刈刃中心線(刈払機の位置)よりも右側の部分に作業者が立つことになる。また、この図は各供試刈刃におけるスロープ型及び強制型両方の測定結果をあわせたもので、白い部分は飛散物無し、薄い灰色部分は5個未満、濃い灰色部分は10個未満、黒い部分は10個以上の飛散物があったことを示している。測定結果を見てみると、衝撃ポイント60°、90°、120°の時に飛散物防護域への飛散が多くなっていることがわかる。飛散物の飛散方向については、チップソーでは比較的まとまった範囲に飛散したのに対し、それ以外の刈刃では広範囲に飛散した。これは先にも述べたようにチップソーは切れ味が良く、セラミック球に対して無理な力がかかることなく粉砕するので、広範囲に飛び散りにくかったものと推察される。

表 4-1 飛散物の飛散数結果

衝撃ポイント	スロープ型					強制型					単位：個
	30°	60°	90°	120°	150°	30°	60°	90°	120°	150°	刈刃の周速度 (m/s)
チップソー255mm	10	21	53	30	0	16	255	765	228	11	92
チップソー230mm	27	15	24	34	0	16	549	459	919	14	83
のこ刃255mm	7	5	0	0	0	1	8	45	37	0	92
のこ刃230mm	3	7	0	0	0	0	14	20	11	0	83
8枚刃255mm	23	10	1	5	3	18	257	274	122	8	92
8枚刃230mm	19	6	2	5	0	40	438	120	148	27	83
4枚刃255mm	21	2	6	3	4	2	246	542	91	17	92
4枚刃230mm	22	13	1	0	0	15	382	284	152	1	83
2枚刃255mm	77	167	34	12	3	80	733	703	262	64	92
2枚刃230mm	124	175	24	42	0	221	913	600	175	27	83
ナイロンコード350mm	24	28	31	35	8	2	21	26	38	10	126



飛散物防護域と作業者の位置関係

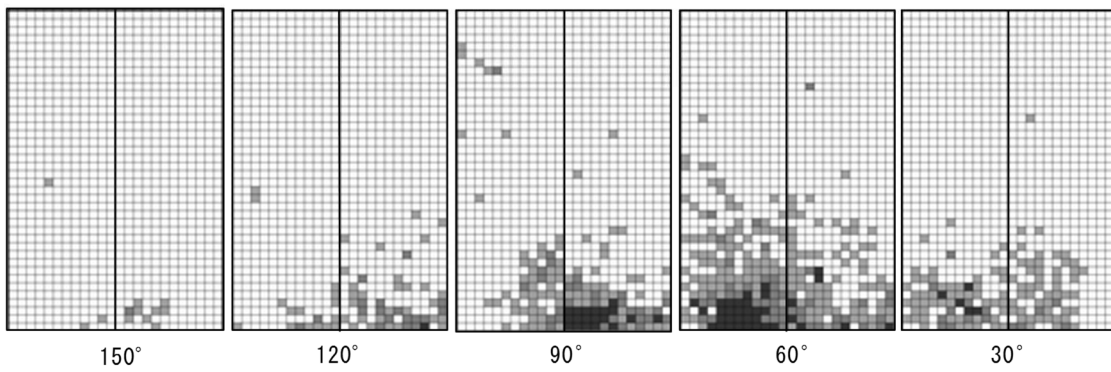


図 4-3-1 飛散物測定結果 (2 枚刃 : 直径 230mm)

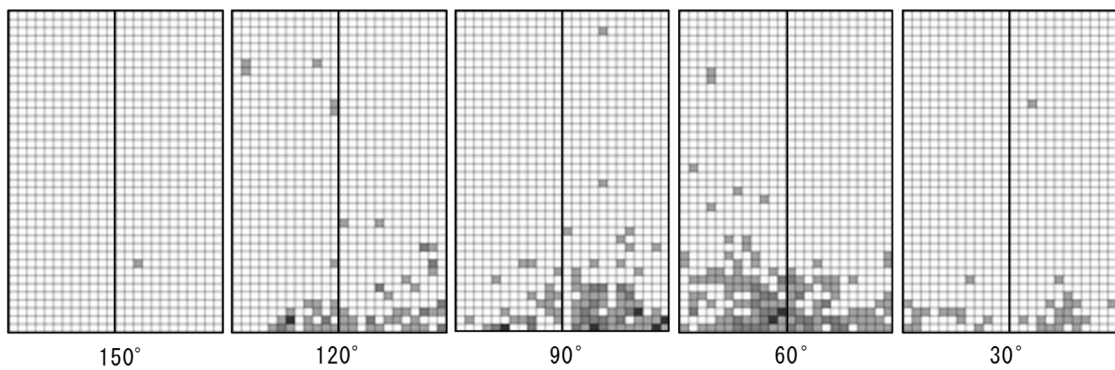


図 4-3-2 飛散物測定結果 (4 枚刃 : 直径 230mm)

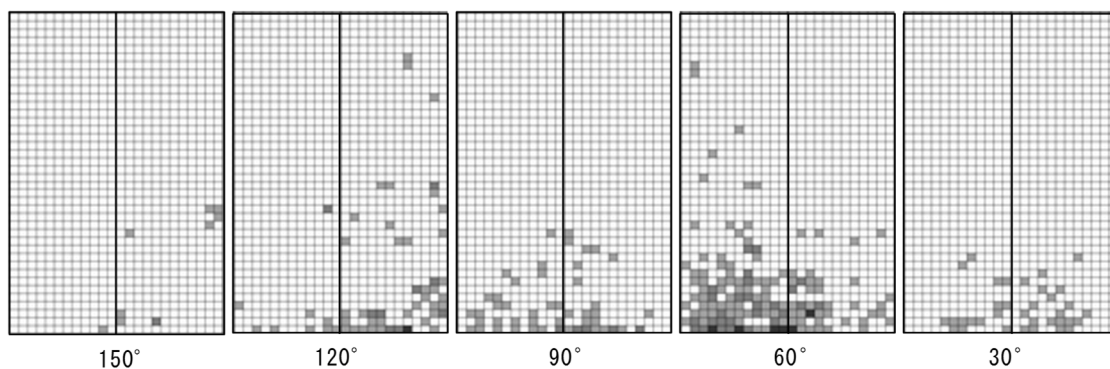


図 4-3-3 飛散物測定結果（8枚刃：直径 230mm）

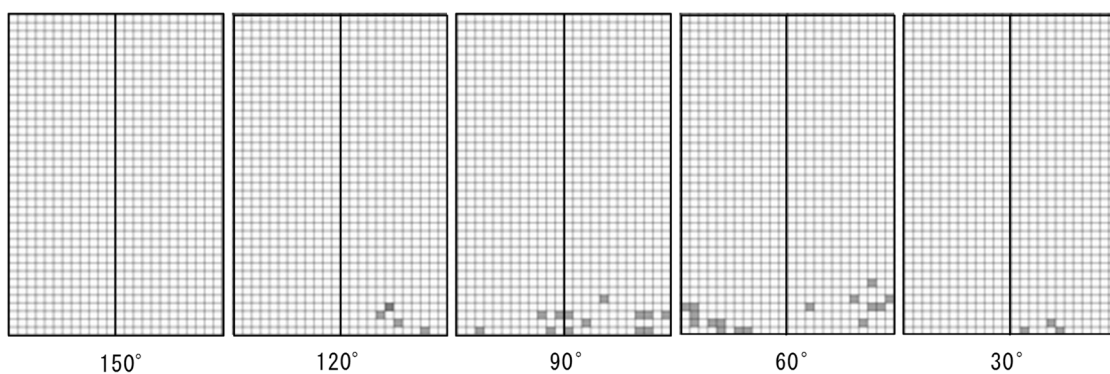


図 4-3-4 飛散物測定結果（のこ刃：直径 230mm）

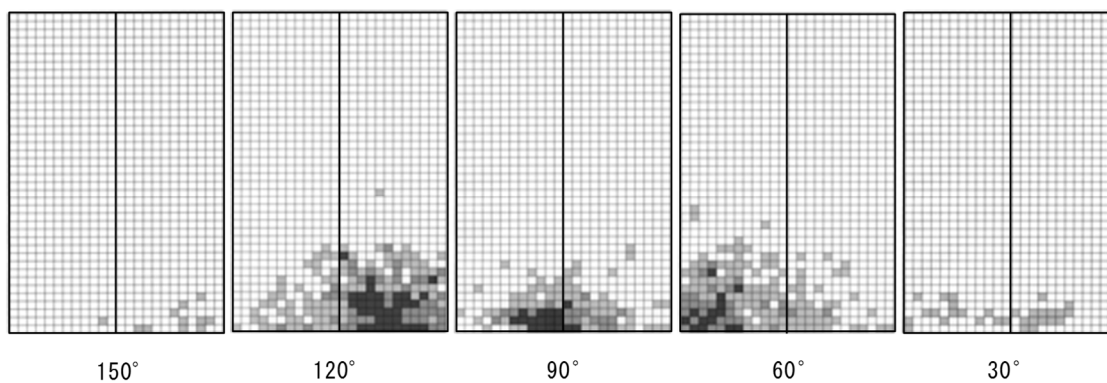


図 4-3-5 飛散物測定結果（チップソー：直径 230mm）

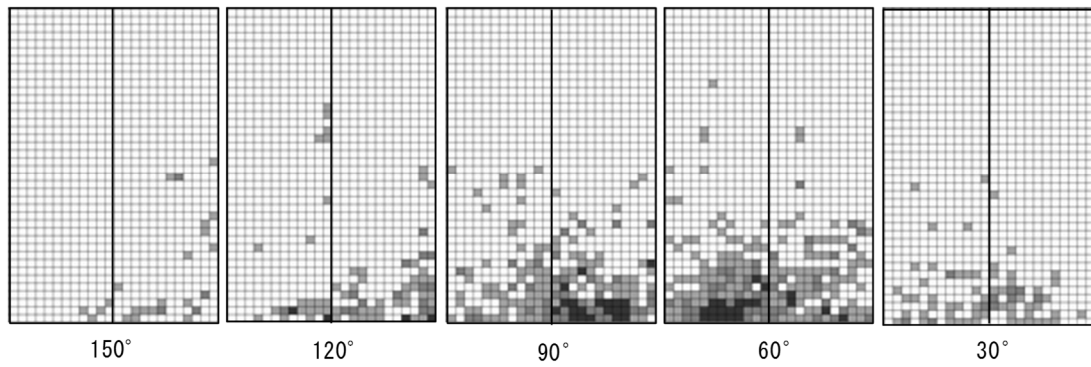


図 4-4-1 飛散物測定結果 (2 枚刃 : 直径 255mm)

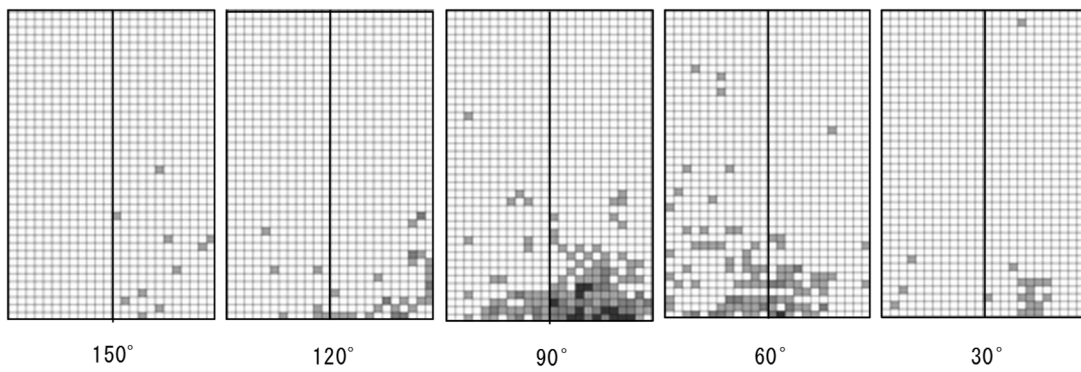


図 4-4-2 飛散物測定結果 (4 枚刃 : 直径 255mm)

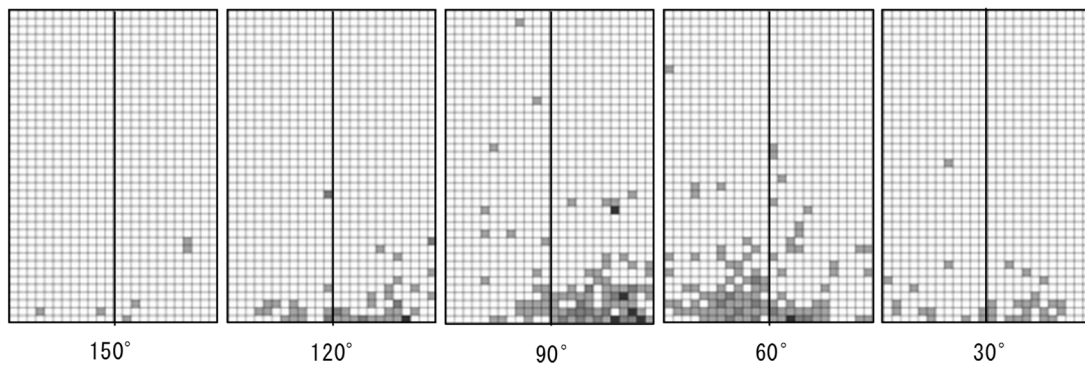


図 4-4-3 飛散物測定結果 (8 枚刃 : 直径 255mm)

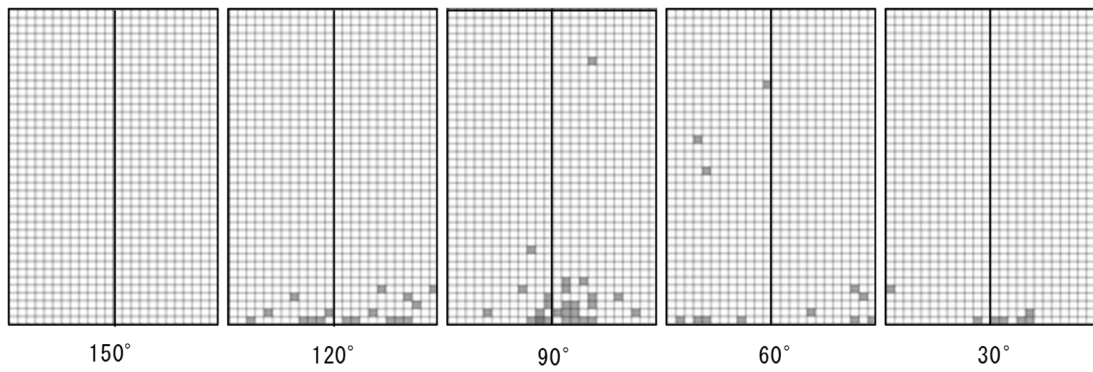


図 4-4-4 飛散物測定結果（のこ刃：直径 255mm）

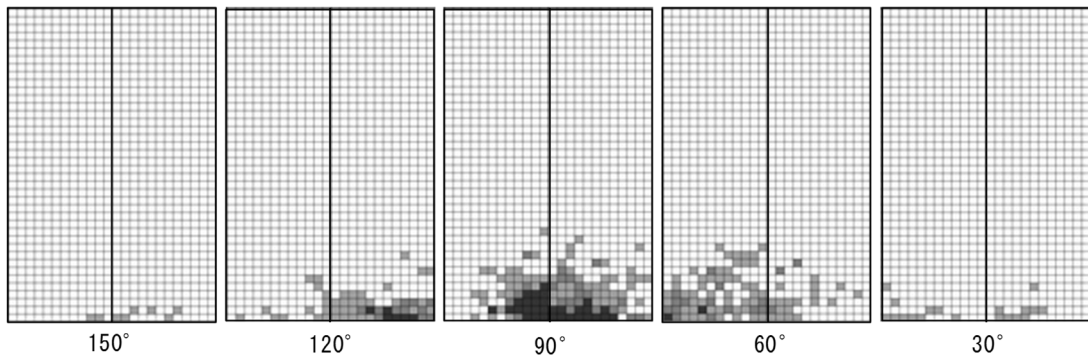


図 4-4-5 飛散物測定結果（チップソー：直径 255mm）

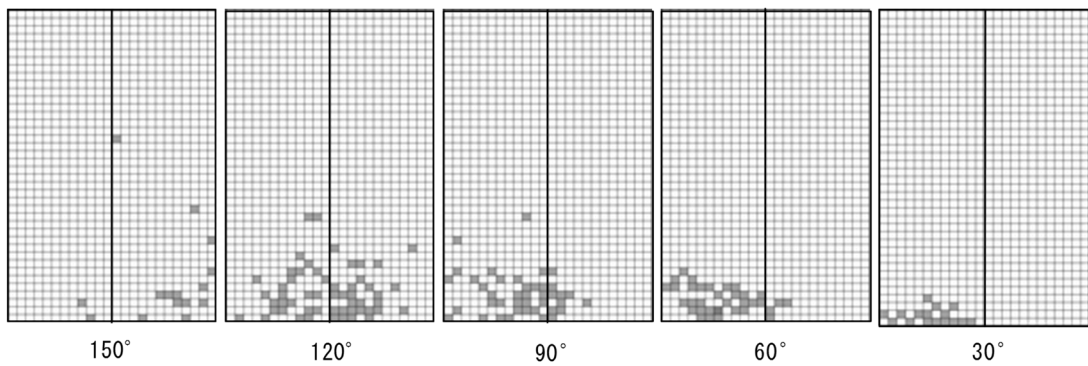


図 4-4-6 飛散物測定結果（ナイロンコード：直径 350mm）

4.2 飛散物防護カバーによる防護範囲

安全鑑定基準（①刈刃半径の 1/2 より外側の部分は、刃面 1/4 以上を刈刃半径より大きいガードで刈刃に接触しないよう防護されていること。②刈刃が形成する水平面より下側までガードで防護すること。③防護部分の長さが刈刃直径の $1/\sqrt{2}$ 以上であること。）に準拠した飛散物防護カバー（図 4-5）の防護範囲について、三次元座標測定装置（東京貿易テクノシステム：VSC-3023）を用い、各衝撃ポイントから飛散物防護域を見たときに防護されている範囲を測定した。測定は以下の通り行った。なお、直線や交点の計算には上記三次元座標測定装置に付属のソフトウェア VECTRON VProcessor を使用した。①地面を X-Y 平面（刈刃中心から作業方向を Y 軸）、地面に垂直な方向を Z 軸とし、刈刃の中心を原点とした。②飛散物防護カバーの外周 17 カ所について三次元座標を測定。③各衝撃ポイントの三次元座標を測定。④各衝撃ポイントと飛散物防護カバー外周の測定点を通る直線 85 本（衝撃ポイント 5 カ所×飛散物防護カバー外周の測定点 17 カ所）を計算。⑤求めた直線と飛散物防護域（刈刃中心から作業方向へ 850mm の位置にある地面に垂直な平面）との交点を計算。⑥求めた交点を結び、その結んだ線により囲まれた範囲を飛散物防護域上での飛散物防護カバーによる防護範囲とした。結果を図 4-6 に示す。図 4-6 中の実線で囲まれた範囲が防護されている部分で、中央の点線は刈払機を中心線を示している。

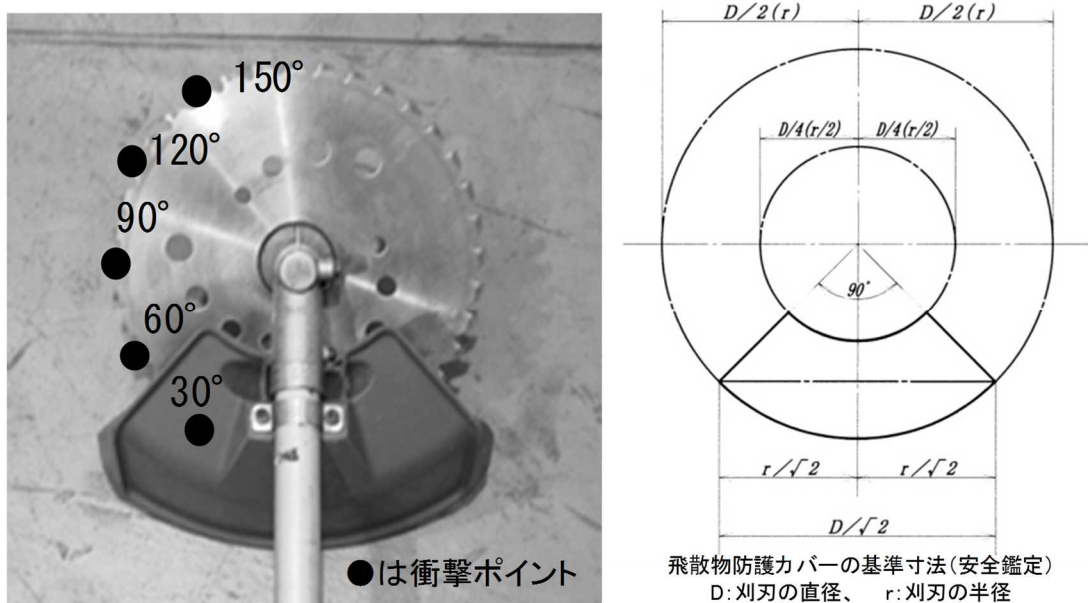


図 4-5 安全鑑定基準に準拠した飛散物防護カバー

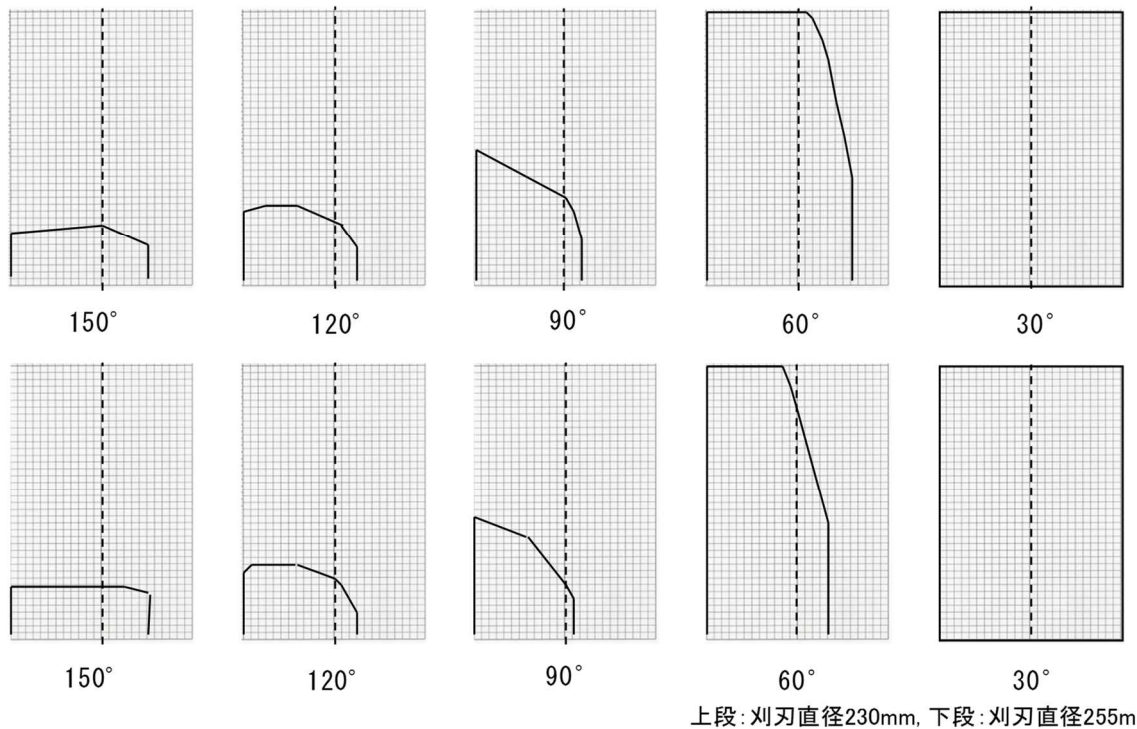


図 4-6 安全鑑定基準に準拠した飛散物防護カバーによる防護範囲

4.3 飛散物防護カバーによる防護範囲と飛散方向測定結果の比較

各種刈刃の各衝撃ポイントにおける飛散物の飛散方向と安全鑑定基準に準拠した飛散物防護カバーの防護範囲を比較したところ、 30° の衝撃ポイントにおける飛散物は現行の飛散物防護カバーで防護できているが、 60° 、 90° 、 120° 、 150° の衝撃ポイントにおける飛散物については、防護できていない部分があることがわかった (図 4-6)。先にも述べたように、この図において刈刃中心線 (刈払機の位置) よりも右側の部分に作業者が立つことから、特に衝撃ポイント 90° 、 120° の部分で発生する飛散物は作業者に衝突する危険性が高いと考えられる。また、衝撃ポイント 90° 、 120° 付近は実作業においても適切な刈取位置として推奨されている部分であることから、これらのポイントで飛散物が発生する可能性は高いと考えられる。よって安全鑑定基準に準拠した飛散物防護カバーで防護できていない範囲、特に作業者が立つ範囲 (刈刃中心線よりも右側の部分) を少しでも多く防護できるような飛散物防護カバーの寸法条件を考えることで、飛散物に対する刈払機の安全性をより高めることができると考えられる。ただ

し、飛散物防護カバーの寸法条件を考えるにあたっては、使用者が飛散物防護カバーを外してしまうなど、安全装備の無効化を行うことがないように、作業能率や取扱性も考慮の上、寸法条件を決定する必要がある。

4.4 飛散物防護試験

前章で安全鑑定確認試験への導入は適当ではないと判断された ISO 11806 の飛散物防護試験であるが、問題となっていた飛散発生方法については、開発した飛散物測定装置の方法を取り入れることで、新しい飛散物防護試験を考えることも可能と思われる。しかしながら、実確認試験による防護性能の評価を行うにあたっては、試験装置の違いなどからメーカーの事前確認試験結果と生物系特定産業技術研究支援センター（現農業技術革新工学研究センター）における確認試験結果との間に差が生じる可能性がある。安全鑑定受験に先立つメーカーの事前確認の負担を考慮すると、実確認試験による防護性能の評価を行うよりも、今回得られた各種刈刃による飛散方向測定結果を活用し、実際に防護させる範囲を明確に示し、最低限防護すべき部分を確保できるようなカバーの寸法条件を考え、安全鑑定基準に反映することが現実的であると考えられる。

4.5 摘 要

第3章で開発した飛散物測定装置を用い、数種類の刈刃による飛散物の飛散方向測定を行い、安全鑑定基準に準拠した飛散物防護カバーによる防護範囲との関係について検討を行った結果、以下の知見が得られた。

- 1)開発した飛散物測定装置を用い飛散物測定を行ったところ、飛散数はチップソーを除いて刈刃の刃数が少なくなるほど多かった。チップソーについては刃数が多いものの刃の先端に超硬チップが埋め込まれているため切れ味が良く、セラミック球が細かく砕かれ、飛散数が多くなったものと考えられた。
- 2)各刈刃とも衝撃ポイント 60° 、 90° 、 120° の時に飛散物防護域への飛散が多くなった。
- 3)各種刈刃の各衝撃ポイントにおける飛散物の飛散方向と安全鑑定基準に準拠した飛散物防護カバーの防護範囲を比較したところ、 30° の衝撃ポイントにおける飛散物は現行の飛散物防護カバーで防護できているが、 60° 、 90° 、 120° 、 150° の衝撃ポイントにおける飛散物については、防護できていない部分があることがわかった。
- 4)安全鑑定基準に準拠した飛散物防護カバーで防護できていない範囲、特に作業者が立つ範囲(刈刃中心線よりも右側の部分)を少しでも多く防護できるような飛散物防護カバーの寸法条件を考えることで、より刈払機の安全性を高めることができると考えられた。
- 5)飛散物防護性能の評価については、実確認試験によるよりも実際に防護させる範囲を明確に示し、最低限防護すべき部分を確保できるようなカバーの寸法条件を考え、安全鑑定基準に反映することが現実的であると考えられた。

第5章 飛散物防護カバーの形状と作業能率⁴²⁾

前章までで刈払機による飛散物の飛散方向測定結果と安鑑基準に準拠した飛散物防護カバーによる防護範囲を確認したところ、作業者の立つ位置で考えた場合、飛散物を防護できていない部分があることがわかった。また、刈払機の作業性等に関するアンケート³⁹⁾では、刈刃と飛散物防護カバーの間に草が詰まり作業しづらい等の理由から、飛散物防護カバーを正規の取付け位置からずらしたり、あるいは完全に取り外したりしていると答えた人が45%と約半数近くを占めていた。これらのことから、本章では飛散物防護性能だけでなく作業性も向上させることができる飛散物防護カバーの寸法条件を検討するため、飛散物防護カバーの形状の違いによる草の詰まり具合や作業能率について比較を行ったので、その結果を報告する。

5.1 刈払機に関するアンケート

生物系特定産業技術研究推進機構（現農業技術革新工学研究センター）では安全鑑定事業の一層の充実を図り農業機械作業事故の防止を図ることを目的に、主要な農業機械について安全装備がどの様に役立っているのかを実際に農業機械を使用している農業者を対象に平成14年度にアンケート調査を行った³⁹⁾。刈払機に関するアンケート項目として、「飛散物防護カバーの取付け位置」をたずねたところ、45%の使用者から「取り外す」あるいは「ずらす」といった回答があった（図5-1）。また、その理由についてたずねたところ、「草が絡まる」、「作業能率が悪い」といった回答が80%以上を占めた（図5-2）。飛散物防護カバーを取り外したり、ずらしたりせずに使用してもらうためには、飛散物防護カバーの形状を見直す必要があることが示唆された。この他にも、「使用している刈払機の種類」（図5-3）、「使用している刈刃の種類」（図5-4）、「スロットルレバーの種類」（図5-5）、「トリガー式スロットルの必要性」（図5-6）、「保護具の使用状況」（図5-7, 5-8）といった項目について回答を得た。アンケートの自由記述による要望では、飛散に関して、「飛散防止カバーをもっと大きくしてほしい。」、「石等が飛ばないように。」、「異物が作業者の方向に飛んでこない構造にしてほしい。」といった要望が寄せられた。

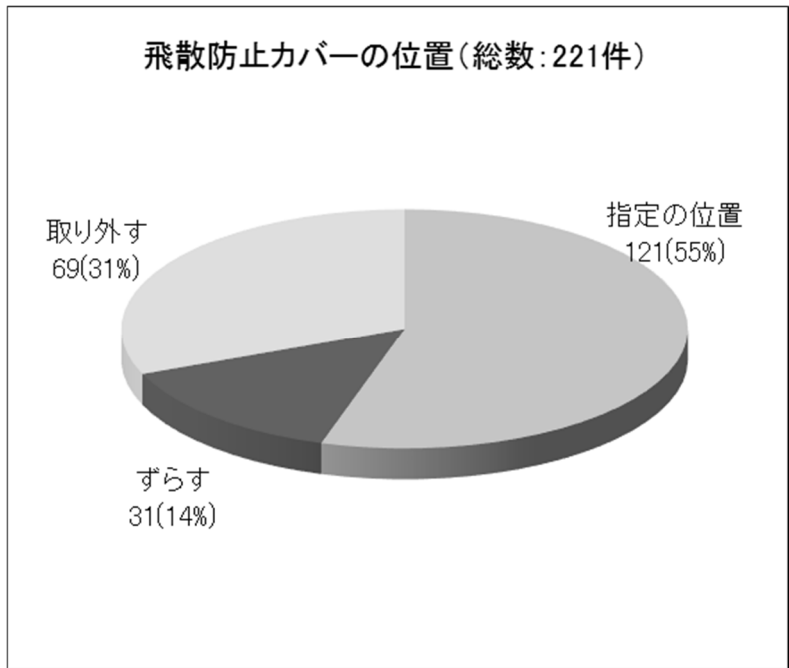


図 5-1 飛散物防護カバーの取り付け位置

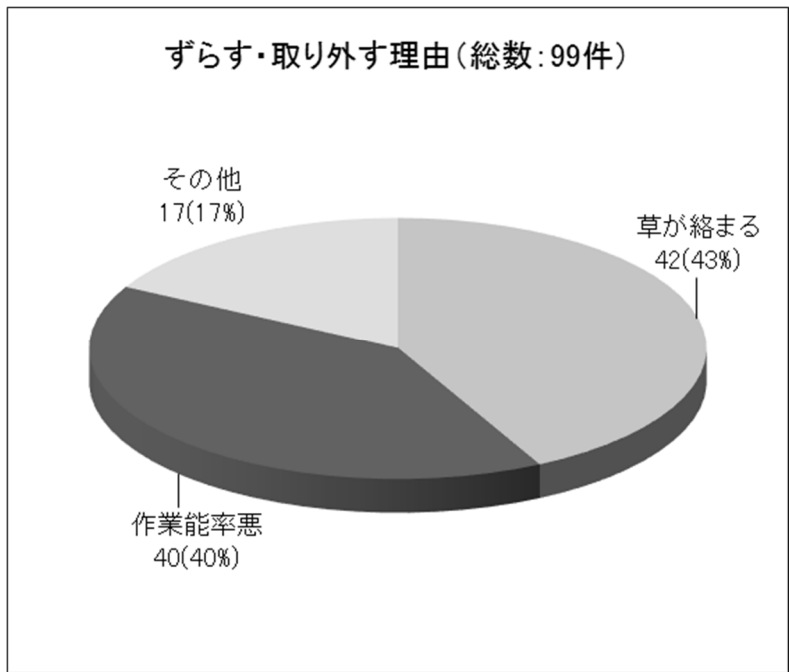


図 5-2 飛散物防護カバーをずらす・取り外す理由

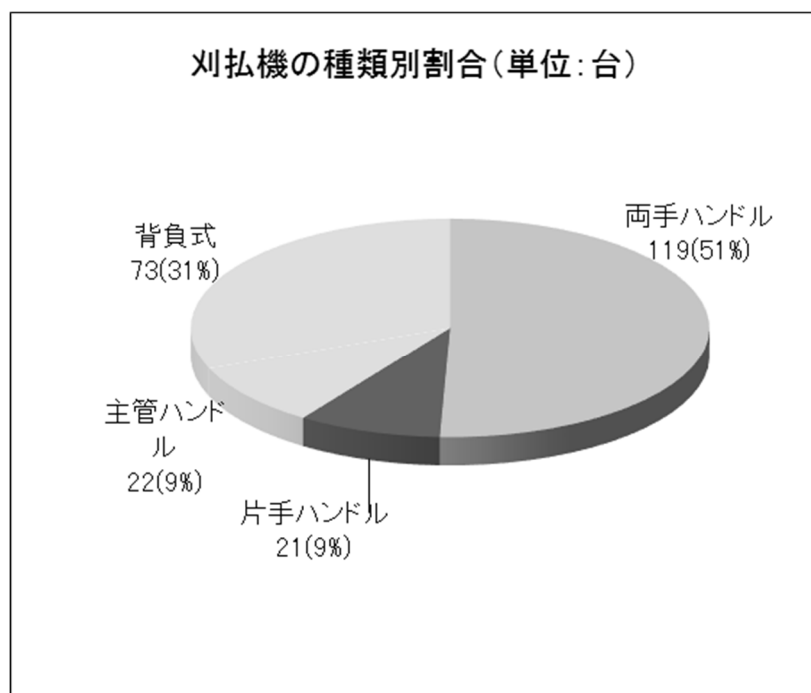


図 5-3 使用している刈払機の種類

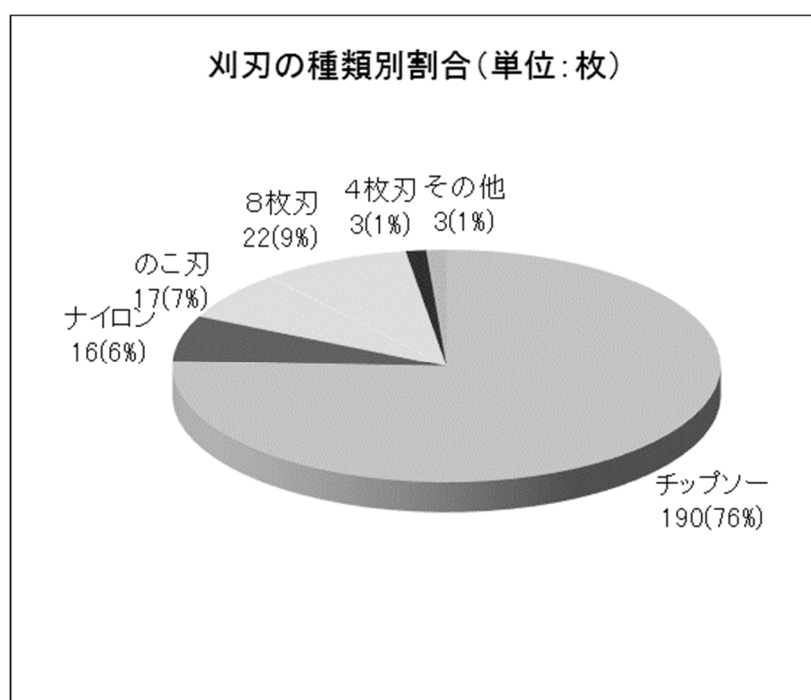


図 5-4 使用している刈刃の種類

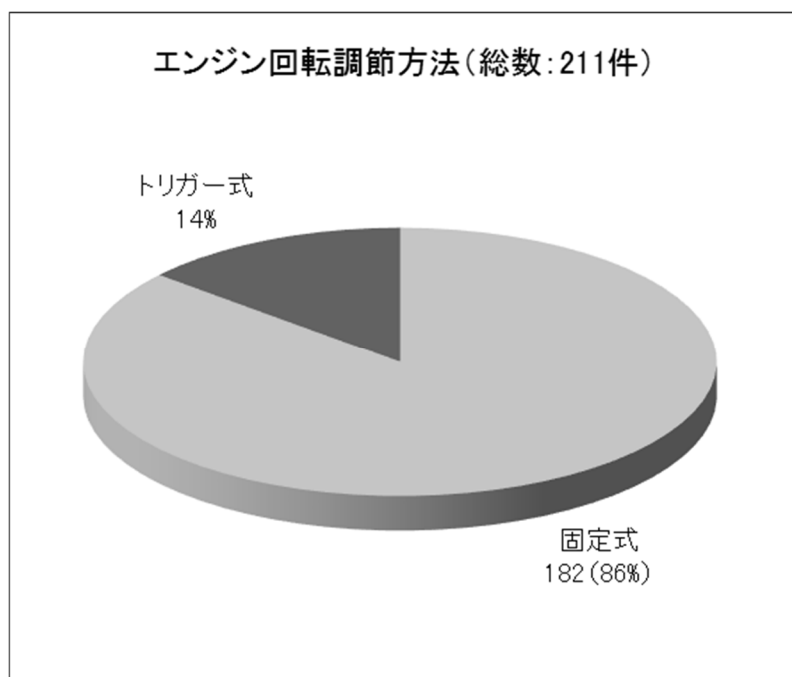


図 5-5 スロットルレバーの種類

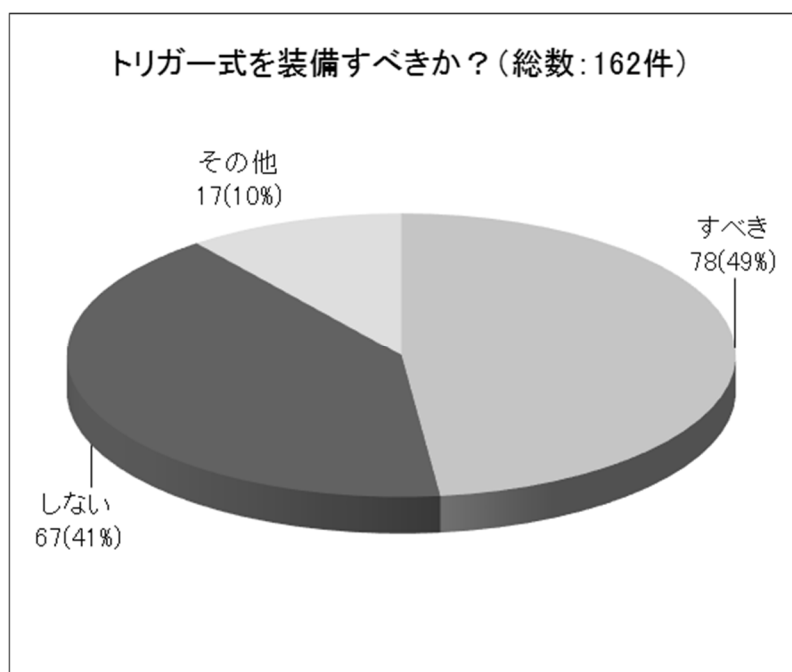


図 5-6 トリガー式装備の必要性

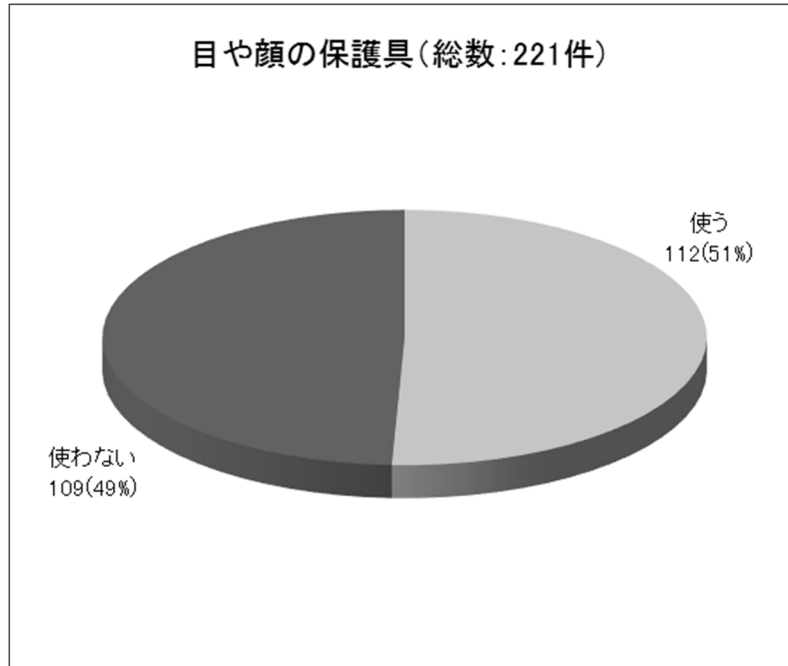


図 5-7 目や顔の保護具

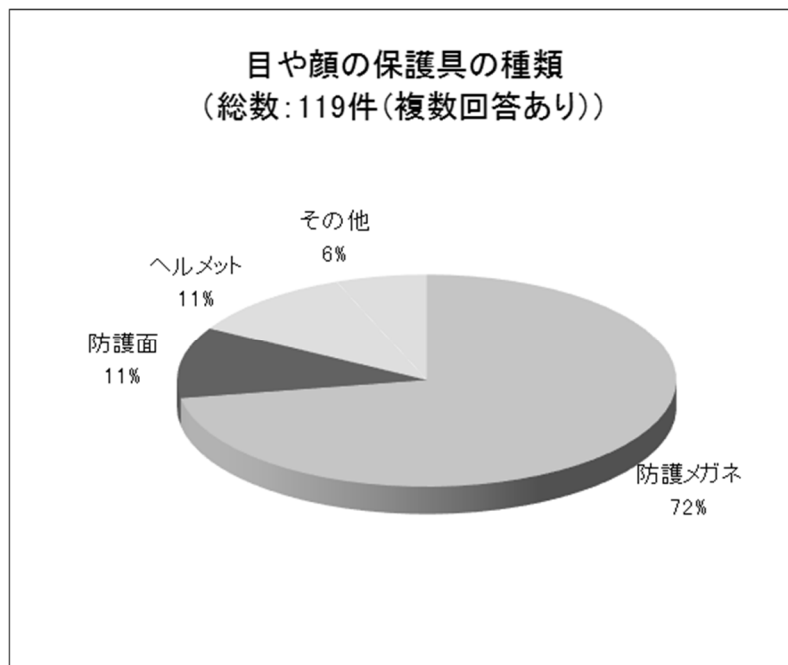


図 5-8 目や顔の保護具の種類

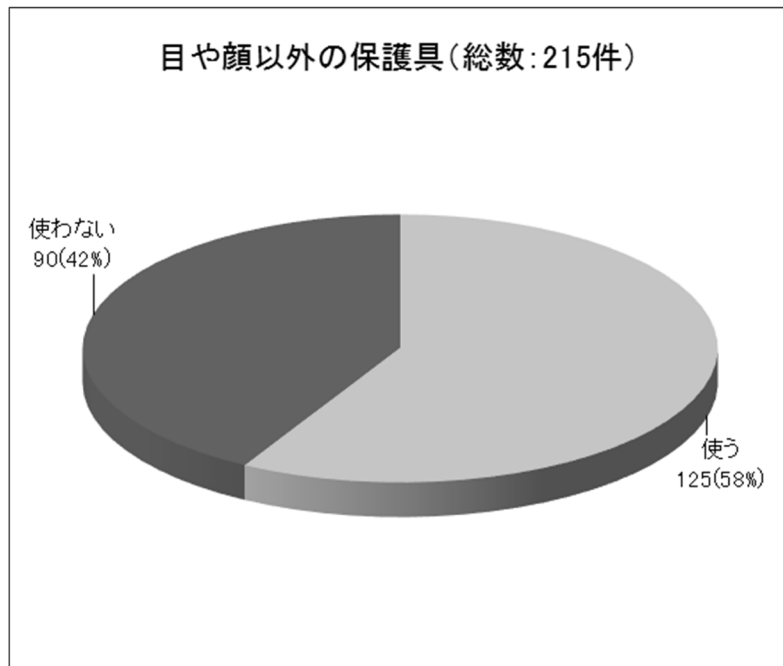


図 5-9 目や顔以外の保護具

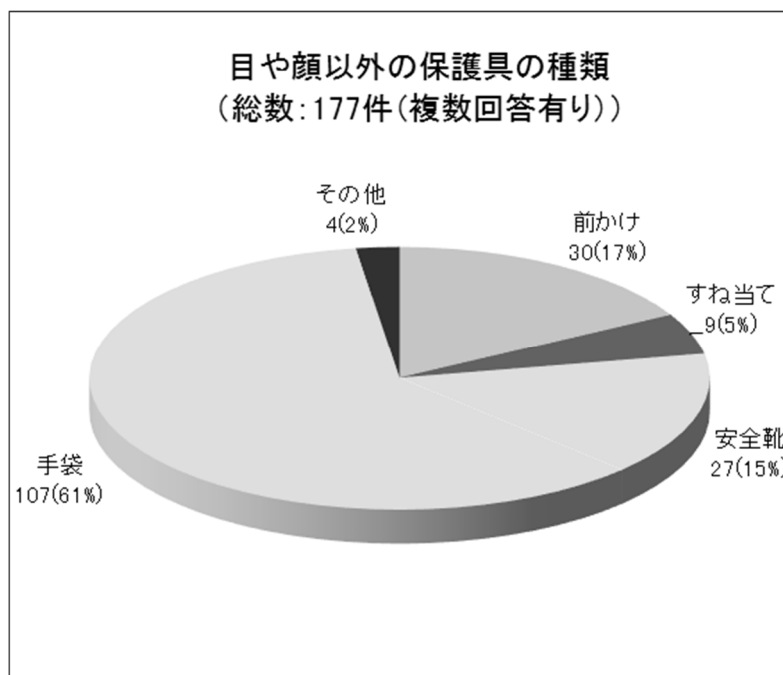


図 5-10 目や顔以外の保護具の種類

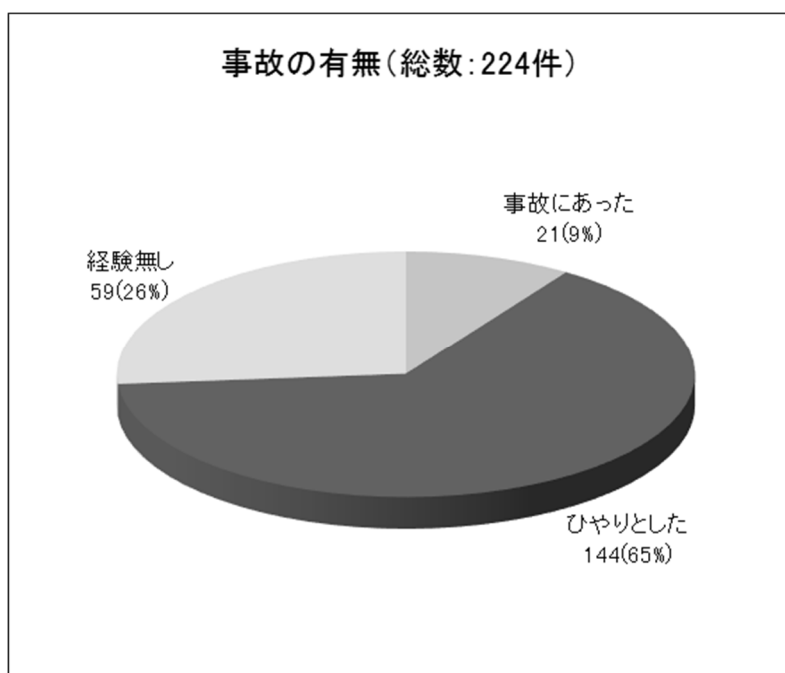


図 5-11 事故の有無

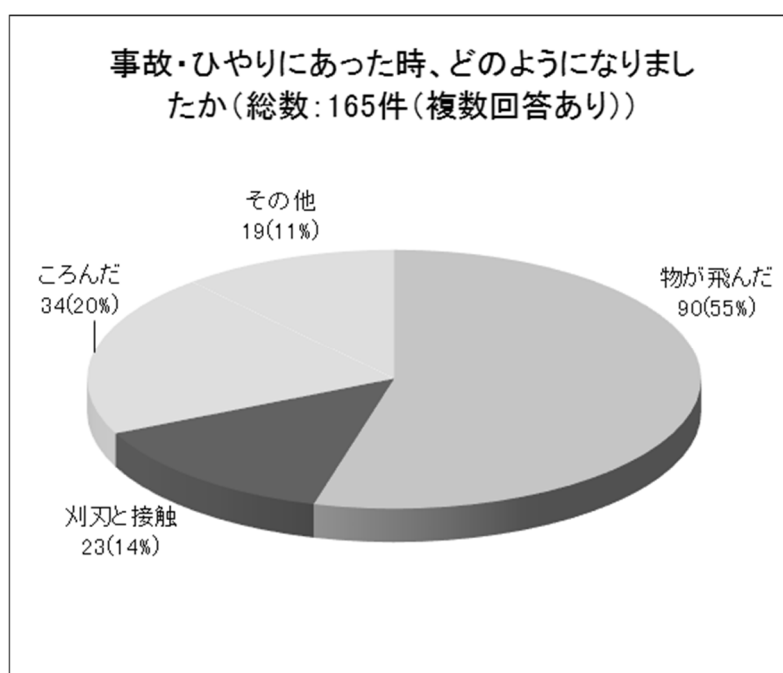


図 5-12 ヒヤリ・ハットの種類

5.2 飛散物防護カバーの防護域

作業者への飛散物を防護する目的で装着されている飛散物防護カバーは、安鑑基準においても一定の要件が定められている（図 5-13）。安鑑基準に準拠した飛散物防護カバーによる防護範囲については図 5-14 に示すように、刈刃における図中の黒丸 150° 、 120° 、 90° 、 60° の衝撃ポイントから作業者を見た場合、作業者位置において防護されていない部分があることがわかった。なお防護範囲については、ISO11806 の飛散物防護試験（刈払機に装備される飛散物防護カバーの防護性能を評価するための試験）において定義されている飛散物防護域（刈刃中心から 850 mm 離れたところに垂直に設けられた平面）上でのものである。また、安鑑基準に準拠した飛散物防護カバーは刈刃の上面を一部覆う様な形状となっており、そのことで刈刃と飛散物防護カバーとの間に草が詰まるなどの現象が生じてしまい、先述のアンケート結果でも示されたような、作業性の悪さを理由とした飛散物防護カバーの取り外し等が行われていると考えられる。

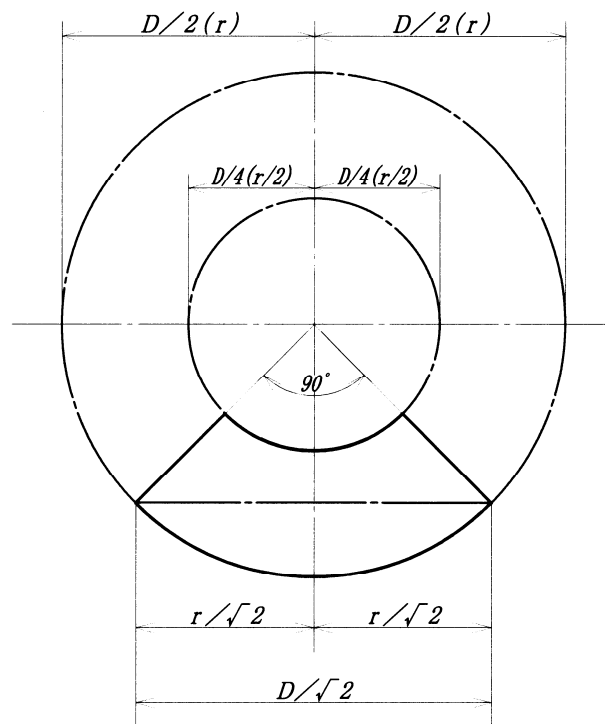
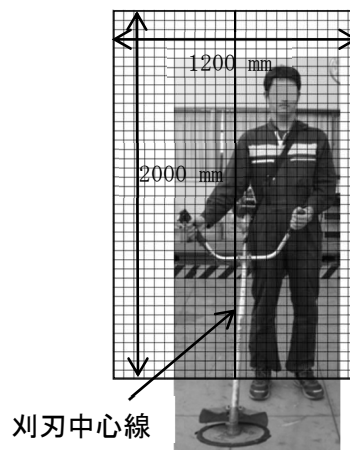
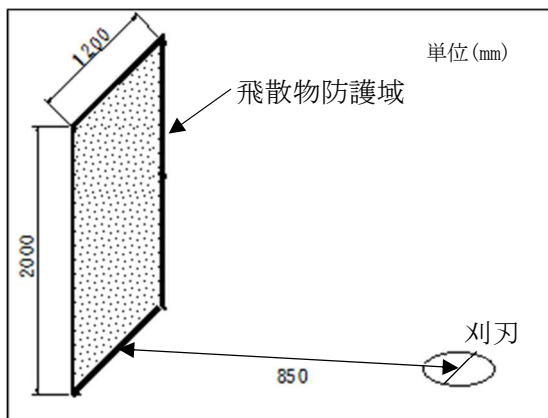
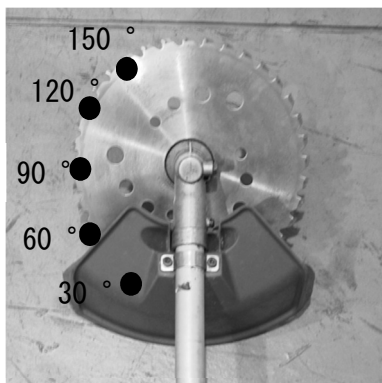


図 5-13 飛散物防護カバーの基準寸法（安全鑑定）

D : 刈刃の直径、 r : 刈刃の半径

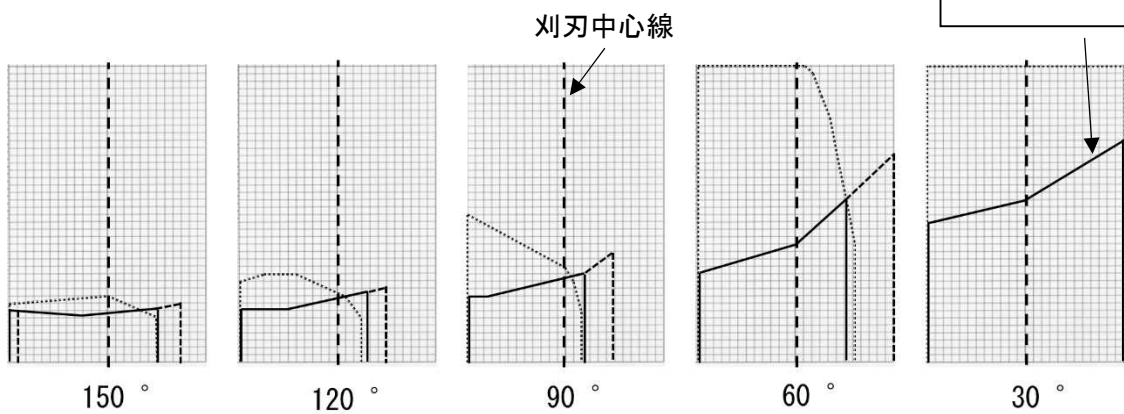


飛散物防護域と作業者の位置関係



●は衝撃ポイント

試作カバーAと
試作カバーBの
防護域は同一



..... 通常カバーの防護域

— 試作カバーAの防護域

--- 試作カバーBの防護域

刈刃直径 : 230 mm

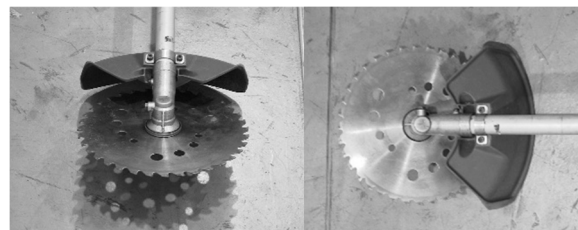
図 5-14 飛散物防護カバーによる防護範囲

5.3 作業性の比較方法

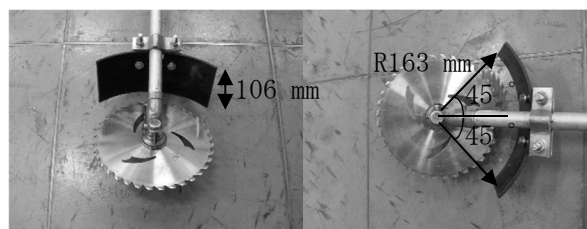
飛散物防護カバー（特に刈刃上面を覆っている部分）の形状と作業性の関係を調べた。

5.3.1 飛散物防護カバーの試作

安鑑基準に準拠した飛散物防護カバー（以下、通常カバー）との比較を行うため、通常カバーの刈刃上面を覆っている部分を削除した飛散物防護カバー（以下、試作カバーA）と、試作カバーAと同形状で取付け角度を変えた（刈刃中心を中心に時計回りに 10° 回転させた）飛散物防護カバー（以下、試作カバーB）を試作した。3つの飛散物防護カバーを図5-15に示す。試作カバーAおよびBの防護範囲を通常カバーと比較すると図5-14のようになり、作業者が立つ部分（図5-3の刈刃中心線より右側の部分）で考えれば、実作業における適切な刈取位置として推奨されている衝撃ポイント 150° 、 120° 、 90° では通常カバーと試作カバーAはほぼ同等、通常カバーと試作カバーBでは試作カバーBの方が防護範囲は広がっている。



通常カバー



試作カバーA



試作カバーB

図 5-15 試験に供試した飛散物防護カバー

5.3.2 作業性の確認方法

刈払機はエンジンと主管内のシャフト（以下、シャフト）が遠心クラッチで接続されており、エンジンがアイドリング状態の時には遠心クラッチはつながらず刈刃が回転しない構造となっている。草刈り作業中、草が詰まると刈刃の回転速度が低下し、それに伴いエンジン回転速度も低下する。そして山下ら（1994）は、刈刃の違いによる作業性の調査において、草刈作業中のエンジン回転速度を測定し、その波形の間隔が狭いほど、またその変動が小さいほど、作業がスムーズに行われたことを意味すると述べている。これらのことからエンジン回転速度とシャフト回転速度を測定することにより草詰まりの有無についても把握することができるのではないかと考え、エンジン回転速度を測定するためにエンジンデジタルタコメータ（小野測器製 SE-2400）、シャフト（シャフトに装着した平歯車）回転速度を測定するために電磁式回転検出器（小野測器製 MP-910）を刈払機（HONDA UMK425U：刈刃は直径 230 mm、36P のチップソー）に取付け、データロガー（HIOKI 8420-50）に記録する（サンプリングレート：100 ms）測定システムとした（図 5-16）。刈刃については、上述のアンケート結果において、刈刃の種類別使用割合で 76 %を占め、また飛散物防護カバーを正規の位置に取り付けないと回答した人の 83 %がチップソーを利用していたことからチップソーを供試することとした。

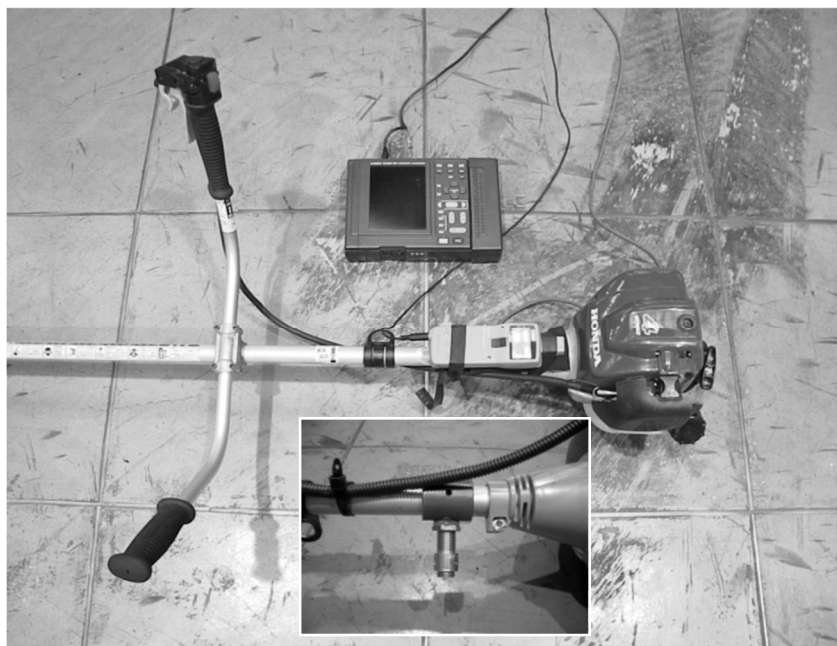


図 5-16 測定システム

刈払機による草刈り作業時の草の詰まり具合を比較するため、①通常カバーを装着した場合、②試作カバーAを装着した場合、③試作カバーBを装着した場合について測定を行った。なお、測定時のエンジン回転速度については、草刈り作業中に供試刈払機の最大出力時回転速度である7000 rpm程度になるようにするため、無負荷時のエンジン回転速度が8000 rpmになるようにスロットルレバーを設定した。また、スロットルレバーは草刈り作業中握ったままで行った。ただし、草の詰まりがひどい場合にはエンジンを止め、草を取り除くこととした。また、作業能率については作業面積と作業時間から算出した。試験圃場は表5-1のとおりであり、被験者は3名（50代男性、30代男性、20代男性）で、それぞれ同一圃場において通常カバー、試作カバーA、試作カバーBを装着し草刈り作業を行った（図5-17）。

表 5-1 試験圃場

場 所		平均草丈 (cm)	平均含水率 (%)	1 m ² 当た りの質量 (kg)	主な草種
革新工学センター 附属農場周辺	圃場 A	79.78	71.9	1.11	イヌビエ ヨモギ
	圃場 B	90.78	75.96	2.2	イヌビエ ヤブガラシ
革新工学センター 附属農場	圃場 C	59.37	80.18	1.15	イヌビエ メヒシバ
	圃場 D	64.64	76.91	1.21	イヌビエ メヒシバ
宇都宮大学 付属農場	圃場 E	56.31	75.33	1.19	イヌビエ メヒシバ
	圃場 F	105.07	74.33	1.44	イヌビエ ヤブガラシ
	圃場 G	75.26	74.78	0.94	イヌビエ ヘクソカズラ



图 5-17 作業能率試験風景

5.4 結果と考察

5.4.1 エンジン回転速度とシャフト回転速度

草刈作業時のエンジン回転速度及びシャフト回転速度の測定データの一例を図 5-18 に示す。このように草刈作業中の負荷により、エンジン回転速度及びシャフト回転速度が増減しているのがわかる。またこの図で左の楕円部分は、エンジン回転速度が 3200 rpm 前後であるのに対し、シャフト回転速度が 0 rpm となっているが、これはアイドルリング状態を示している。さらに図の中央付近の楕円部分は、エンジン回転速度、シャフト回転速度が共に 0 rpm となっており、これは刈刃と飛散物防護カバーとの間に詰まった草を取り除くためにエンジンを停止したことを示している。飛散物防護カバーの違いによるエンジン回転速度及びシャフト回転速度への影響については、それぞれの標準偏差を平均値で除し、100 を乗じた変動係数で比較を行った。なお、平均値の計算においては、確実にエンジンの動力がシャフトに伝わるクラッチイン回転速度 (4200 ± 200 rpm) よりも大きい 5000 rpm 以上のデータを用い、アイドルリング状態のデータを排除した。草刈り作業中のエンジン回転速度の変動係数、シャフト回転速度の変動係数を表 5-2 に示す。草詰まり等によりエンジン回転速度やシャフト回転速度が大きく変動すれば変動係数も大きくなるのではないかと推測していたが、試作カバー A、試作カバー B とともに通常カバーと比較して変動係数に有意な差は見られなかった。

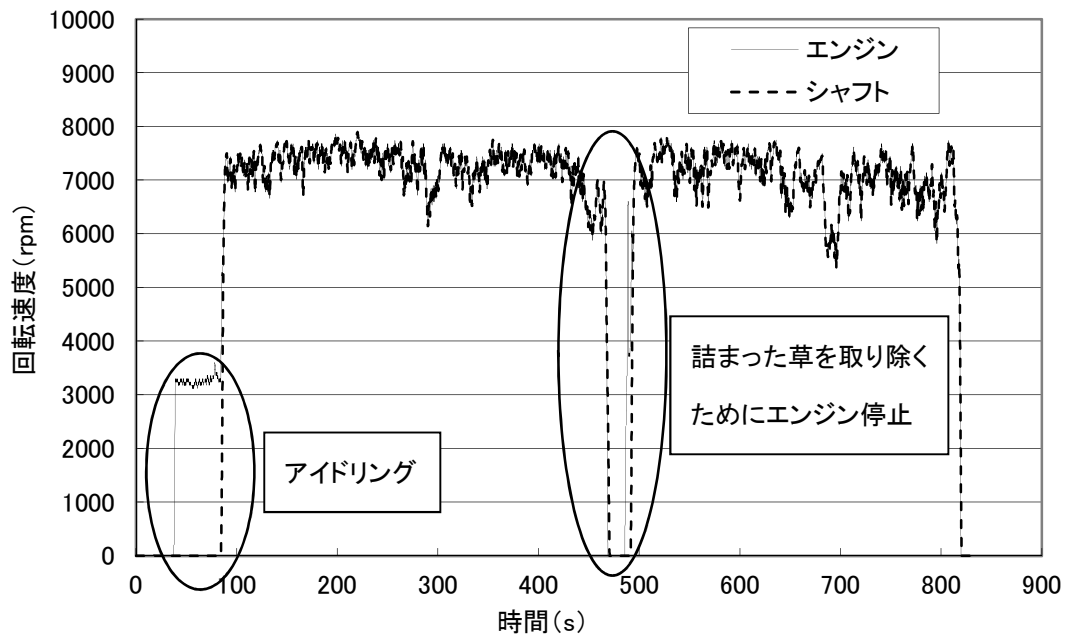


図 5-18 草刈作業中のエンジン及びシャフト回転速度データ（一例）

表 5-2 エンジン及びシャフト回転速度の変動係数※

項目	エンジン回転速度の		シャフト回転速度の	
	変動係数(%)		変動係数(%)	
	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
通常カバー	6.06	1.47	8.00	3.18
試作カバーA	6.29	1.99	8.66	4.55
試作カバーB	5.66	1.15	7.48	2.96

※19 試験区の平均値及び標準偏差

5.4.2 作業能率

作業能率の結果を表 5-3 及び図 5-19 に示す。試作カバーA、試作カバーBともに通常カバーを装着した場合よりも作業能率が向上する傾向が見られた。これについて t 検定を行った結果、有意水準 1%未満で能率の向上が認められた。このことから刈刃上面を覆うカバーをなくすことで、作業能率は向上することが示唆された。また、試作カバーBは通常カバーよりも作業位置における防護範囲が大きく、作業能率の向上と合わせて、飛散物防護性能も向上可能であることが示唆された。過去に飛散物防護カバーの有無と作業能率の関係について調査した研究（平田ら，1979）では、飛散物防護カバーの装着が作業能率を低下させているとは考えられないという結果が出ているが、この時は飛散物防護カバーそのものの有無と作業能率の関係について検討されており、飛散物防護カバーを装着しなかった場合には草詰まりは発生しないものの、集草性が悪くなり、結果として作業能率の向上が見られず、作業能率に差が出なかったものと考えられる。なお、上記 5.4.1 ではエンジン回転速度やシャフト回転速度の変動係数に有意な差が見られなかったにも関わらず、作業能率には有意な差が見られた原因としては、草詰まり等が起こる場合は、完全に刈刃の回転が止まってしまう前に刈払い動作を止め、草詰まりが解消してから再度刈払い作業を行うが、草詰まりが少ない場合には 1 振りの刈払い作業（右から左への 1 回の刈払い作業）で刈り取ることができる草の量が増加（作業能率が向上）し、この場合もエンジン回転速度やシャフト回転速度はある程度低下するため、変動係数には有意な差が出なかったものと推察される。

表 5-3 作業能率の平均値及び標準偏差

項 目	作業能率(m ² /h)	
	平均値	標準偏差
通常カバー	113.2	48.9
試作カバーA	129.0	46.6
データ数	22	
通常カバー	111.9	48.1
試作カバーB	128.9	46.0
データ数	23	

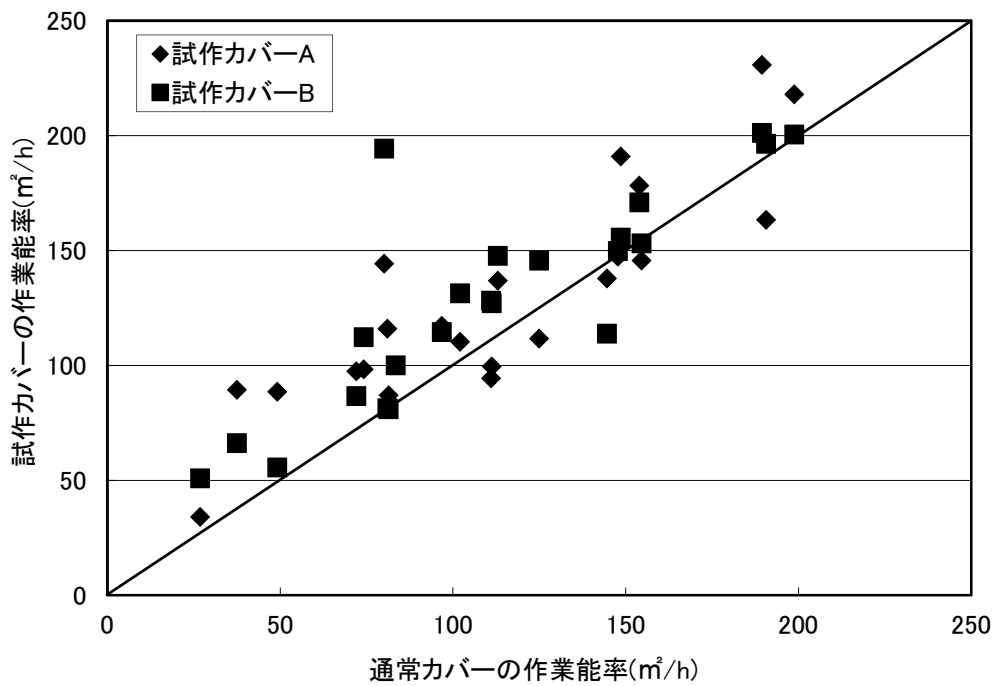


図 5-19 作業能率試験の結果

5.5 摘 要

農業者を対象に実施した刈払機に関するアンケート調査の結果を踏まえ、飛散物防護性能だけでなく作業性も向上させることができる飛散物防護カバーの寸法条件を検討するため、飛散物防護カバーの形状の違いによる草の詰まり具合や作業能率について比較を行い、以下の知見が得られた。

- 1) 農業者を対象に行った刈払機に関するアンケートでは、45%の使用者が飛散物防護カバーを取り外したり、ずらしたりしており、その理由としては「草が絡まる」、「作業能率が悪い」といった回答が80%以上を占めた。このことから飛散物防護カバーを取り外したり、ずらしたりせずに使用してもらうためには、飛散物防護カバーの形状を見直す必要があることが示唆された。
- 2) 通常カバーの刈刃上面を覆っている部分を削除した試作カバーAと、試作カバーAと同形状で取付け角度を変えた試作カバーBは、作業者が立つ部分で考えれば、実作業における適切な刈取位置として推奨されている衝撃ポイント150°、120°、90°では通常カバーと試作カバーAはほぼ同等、通常カバーと試作カバーBでは試作カバーBの方が防護範囲は広がった。
- 3) 草刈り作業中のエンジン回転速度、シャフト回転速度を測定し、変動係数を比較したところ、有意な差は見られなかった。
- 4) 作業能率を測定したところ、試作カバーA、試作カバーBともに通常カバーを装着した場合よりも作業能率が向上する傾向が見られ、刈刃上面を覆うカバーをなくすことで、作業能率は向上することが示唆された。また、実作業における適切な刈取位置で考えた場合、試作カバーBは通常カバーよりも作業者位置における防護範囲が大きく、作業能率の向上と合わせて、飛散物防護性能も向上可能であることが示唆された。

第6章 刈払機の飛散物防護カバーに関する安全鑑定基準の改正

第5章までの結果を元に、一般社団法人日本農業機械工業会（以下、日農工）の協力を得ながら、農業技術革新工学研究センターが実施する安全鑑定への反映について検討を行い、刈払機の飛散物防護カバーに関する安全鑑定基準の改正を行った。安全鑑定は、農業機械を「安全鑑定基準及び解説」に基づいてチェックし、基準に適合する一定水準以上の安全性を有するかどうか判定するもので、農研機構農業技術革新工学研究センターが、製造業者または輸入代理店などからの依頼によって安全鑑定を行っている。鑑定の結果は、依頼者に通知されるとともに、基準適合機は農林水産省に報告される。また、基準適合機には「安全鑑定証票」を貼付することができる。

6.1 刈払機の飛散物防護カバーに関する基準改正WGの立ち上げ

刈払機の飛散物防護カバーに関する安全鑑定基準の改正について検討するため、日農工に協力を要請し、日農工と日農工の刈払機部会に所属する刈払機メーカーからなるWGを立ち上げた。WGでの検討経過については以下のとおりである。

1. 第1回ワーキンググループ

開催日 平成18年12月21日

開催場所 生物系特定産業技術研究支援センター 東京事務所 大会議室
議事 刈払機の飛散物防護カバーに関する安全鑑定推奨基準(案)について

確認事項 基準(案)を持ち帰り刈払機部会等で検討を行う。

2. 第2回ワーキンググループ

開催日 平成19年2月9日

開催場所 生物系特定産業技術研究支援センター 大宮本部 第1会議室

議 事 刈払機の飛散物防護カバーに関する安全鑑定推奨基準(案)について

確認事項 基準(案)に基づいたカバーを製作・使用の後、来年度WGを開催する。

3. 第3回ワーキンググループ

開催日 平成19年12月4日

開催場所 生物系特定産業技術研究支援センター 大宮本部 第1会議室

議 事 刈払機の飛散物防護カバーに関する安全鑑定推奨基準(案)について

確認事項 刈刃を傾斜させて草刈りをした場合カバーの左端が地面に当たり、作業上支障をきたすとの意見を踏まえ、カバー左端下の削り代について修正案を提案する。

修正案を満たす飛散物防護カバーでの作業性について各社で確認していただき、その上で、20年度内に第4回WGを開催し最終案をとりまとめ、改正(案)を平成20年度安全鑑定推進委員会に諮る。

4. 第4回ワーキンググループ

開催日 平成20年10月2日

開催場所 生物系特定産業技術研究支援センター 大宮本部 第1会議室

議 事 刈払機の飛散物防護カバーに関する安全鑑定推奨基準(案)について

確認事項 新基準導入について了承を得た。また、カバーの回転止めに関する基準を追加することも了承された。基準導入時期については年内までに検討いただくことになった(22年度から導入することです承された)。

6.2 飛散物防護カバーの安全鑑定基準改正に関する説明会の開催

日農工より安全鑑定基準改正について、あらためて説明会を開催してほしいとの要望を受け、平成21年7月24日生物系特定産業技術研究支援センター大宮本部大会議室において「刈払機の飛散物防護カバーに関する安全鑑定改正基準に係る説明会」を実施した。説明会における主な質疑応答は以下の通りである。

質問1

安全鑑定を受ける刈払機が体の右側で操作する種類なのか、左側で操作する種類なのか、あるいは左右両方なのかという判断は、メーカーから受験機がどのような設計になっているかを申告すれば、その申告内容にゆだねられるという考えでよろしいか。

回答1

取扱説明書の中に、「右出し」、「左出し」、「両出し」を記載していただければ結構である。

質問2

飛散防護カバーによって隠れるスクリーンの範囲について、まずその定義は、刈刃上からスクリーンに向けて太陽光線のような平行線を放つのではなく、刈刃上のポイント（小さな1点）から放射状に視線を放つのだと思われる。その場合のスクリーンの隠れる範囲の具体的判定方法はどのようなものになるのか。

例えば、刈刃の上にCCDカメラを置いてスクリーンを撮影するとか、刈刃の上に小さな豆電球を置いてスクリーン上に飛散防護カバーの影を落とすとか、あるいは確認試験は実施せずにメーカー側がCADなどを用いた作図結果を申告すればその申告内容で判定してもらえるのか。

回答2

確認方法としては、刈刃とスクリーンをアルミの角材等で結び、防護範囲がカ

バーされているかどうか判定しようと考えている。

質問3

ナイロンコードなど不定の刈取径を持つカッティングアタッチメントについては、どのように決め事を運用するのか。

回答3

メーカーの指定する標準長において、防護範囲を満たしていただければ結構である。

質問4

防護範囲を満たしている証明はどのように行えばよいのか。特に、今回のような複雑な決め事の場合、その形状も複雑なものになるが、安全鑑定を受ける企業が出す図面や資料を信用して貰えるのか。それとも試験機について三次元測定などを行うのか。

回答4

安全鑑定受験の際に提出いただく添付資料の中に、防護範囲を満たしている旨を申告していただくが、質問2と同様、実機の確認はさせていただきます。

6.3 農業機械安全鑑定推進委員会

農業機械安全鑑定推進委員会（以下「推進委員会」という。）は、学識経験者、農業者、関係団体、製造業者、外国製品取扱業者及び関係行政機関の職員等をもって構成され、次に掲げる事項を検討することとなっている。

- 一 安全鑑定対象機種に関すること。
- 二 安全鑑定確認項目、基準に関すること。
- 三 その他安全鑑定推進上の重要事項。

本基準改正についても推進委員会に諮り、平成22年度より改正することが了承された。

6.4 改正した刈払機の飛散物防護カバーに関する安全鑑定基準

上記安全鑑定推進委員会での了承を受け、動力刈取機（刈払型）の飛散物の防護に関する安全性及び操作性を更に高めるため、安全鑑定確認項目「11. 飛散物の防護」の解説を平成22年度より下記のように変更した。

平成22年度改正基準

安全装備の確認項目	改正前の基準	改正後の基準	備考
1. 可動部の防護	<p>(基準の解説)</p> <p>7) 刈刃</p> <p>① ー略ー</p> <p>② 上面はカバーで防護されていること。<u>ただし、動力刈取機（刈払型）の回転刃にあつては、刈刃半径の1/2より外側の部分は、刃面1/4以上を刈刃半径より大きいガードで刈刃に接触しないよう防護されていること。</u>また、ガードの取付位置が明らかであること。</p> <p>③、④ ー略ー</p>	<p>(基準の解説)</p> <p>7) 刈刃</p> <p>① ー略ー</p> <p>② 上面はカバーで防護されていること。<u>ただし、動力刈取機（刈払型）の回転刃にあつてはこの限りではない。</u>また、ガードの取付位置が明らかであること。</p> <p>③、④ ー略ー</p>	<p>7) ②の下線部分を変更するとともに、ガードの取り付け位置の規定は、飛散物の防護カバーを規定する項目に移す。</p>
11. 飛散物の防護	<p>(基準の解説)</p> <p>1) 刈刃が形成する水平面より下側までガードで防護する</p>	<p>(基準の解説)</p> <p>1) 刈刃が形成する水平面より下側までガードで防護すること。</p>	<p>下線部分を変更する。なお、寸法基準は言葉で示</p>

	<p>こと。なお、動力刈取機(刈払型)にあつては、<u>ISO7918の規定を満たすか、又は、防護部分の長さが刈刃直径の$1/\sqrt{2}$以上であること。</u></p> <p>2)、3) ー略ー</p>	<p>なお、動力刈取機(刈払型)にあつては、<u>別に定める寸法基準を満たすこと。また、ガード取付け位置が明確で、使用中容易に動かないこと。</u></p> <p>2)、3) ー略ー</p>	<p>すと分かりにくいので今回は図で示すこととした。(別紙参照)</p>
--	--	---	--------------------------------------

動力刈取機（刈払型）における飛散物防護カバーの防護範囲について

刈刃を地面から 30mm の高さで水平になるように刈払機を設置し、刈刃の中心から主管軸方向に 850mm のところにある地面に対して垂直な面をスクリーンとしたとき、体の右側で操作する刈払機の場合は、刈刃上の A～B のいずれの場所からスクリーンをみた場合にも、飛散物防護カバーによって①（横：500mm 高さ：地面から 400mm）の範囲（体の左側で操作する刈払機の場合は③）が隠れていること。また、刈刃上の B～C のいずれの場所からスクリーンをみた場合にも、飛散物防護カバーによって②（横：500mm 高さ：地面から 600mm）の範囲（体の左側で操作する刈払機の場合は④）が隠れていること。（体の両側で操作することを許す構造の刈払機の場合は左右両側での要件を満たすこと。）（図 6-1）

ただし、飛散物防護カバーの刈刃最外側より外側部分については、刈取作業時の地面との干渉を防止するために刈刃を傾斜させる（反時計回りの刈刃の場合、作業員から見て刈刃が左下がりの状態）ことができるように飛散物防護カバーの下部を直線的に切り取ってもよいものとする。なお、カバーを切り取った場合は刈刃が水平になるように設置したときに、規定の防護範囲においてカバーを切り取ったことで防護できなくなる範囲の地面からの高さが 300mm を超えないこと。また、カバーの切り取り部分を地面に水平になるよう設置したときに、刈刃ポイント 90 度において、傾斜した防護カバーが規定の防護範囲を満たしていること。なお、飛散物防護カバーを傾斜させたことで、飛散物防護カバーの刈刃最外側より内側部分と地面との間にできた隙間も飛散物防護カバーがあるものとみなす。

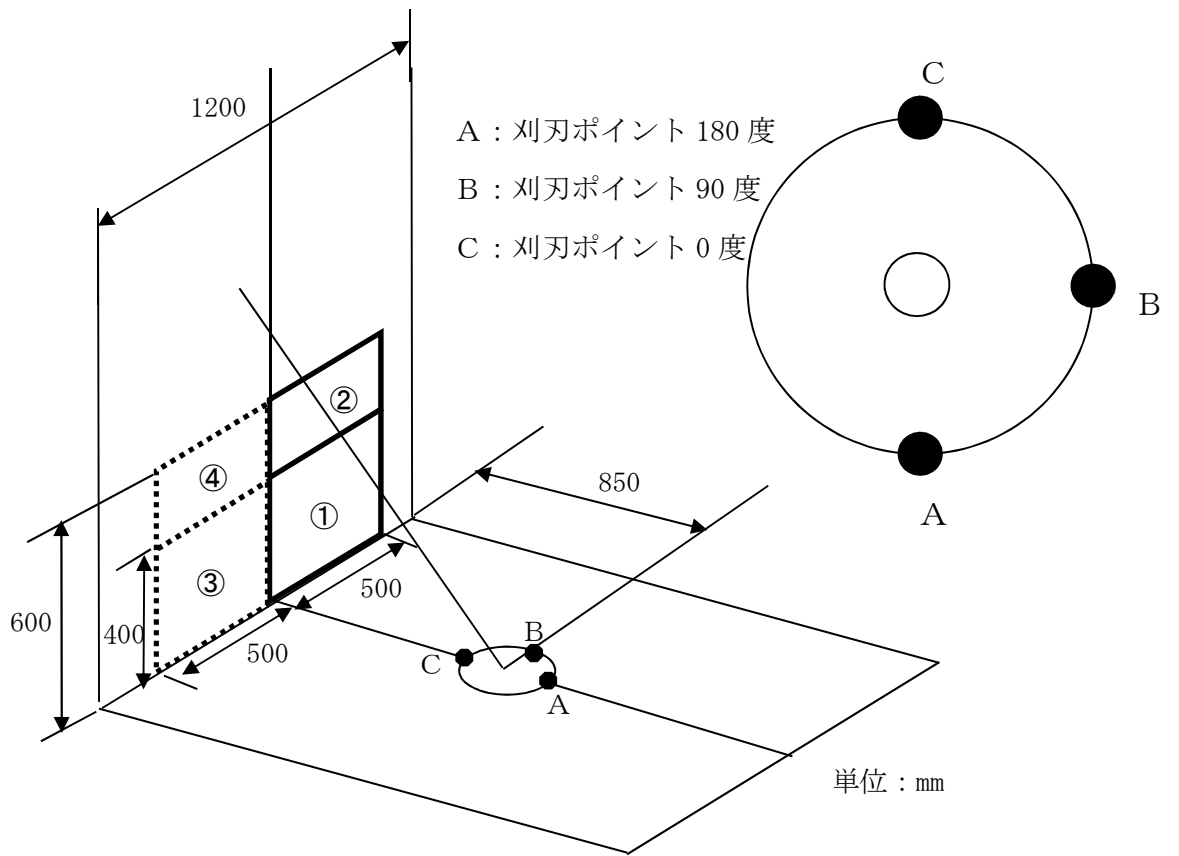


図 6-1 飛散物防護カバーが防護すべき範囲

6.5 改正した安全鑑定基準に適合した刈払機の普及状況と今後の展開

図 6-2～6.4 に新しい安全鑑定基準に適合した刈払機の例を示す。いずれの刈払機も、これまでの飛散物防護カバーとは違った形状のものとなっている。大きく違うのは 2 点で、1 点目は上面カバーの部分である。これまでは「刈刃半径の 1/2 より外側の部分は、刃面 1/4 以上を刈刃半径より大きいガードで刈刃に接触しないよう防護されていること」という安全鑑定基準を満たすため、刈刃の上面部分も覆われた形状のものであった（図 4-5）が、刈刃の上面を覆う部分がなくなったことで、飛散物防護カバーと刈刃上面との間に草が詰まりづらくなっている。次に 2 点目は飛散物防護カバーの幅が広がったことである。作業員から刈刃を見たときに、飛散物防護カバーの刈刃左側を覆う部分が広がったことで、これまでよりも作業員位置における飛散物防護性能が向上している。このように作業能率の向上と合わせて、飛散物防護性能も向上した新しい安全鑑定基準適合刈払機は 2016 年 3 月までに 18 型式となっており、のべ約 23 万台（メーカーの年間販売予定台数より試算）が市販され、刈払機による農作業事故減少に大きく貢献している。最近ではキックバックや転倒に備えたブレーキ付きの刈払機も市販化され、安全性のより高い刈払機が普及しつつある。安全鑑定はメーカーが任意で受験する制度であり、刈払機を販売する上で安全鑑定に適合する必要はないが、昨今の安全に対する関心の高まりもあり、新しい安全鑑定基準に適合した刈払機は今後さらに普及していくものと思われる。将来刈払機の使用による死亡事故はもちろんのこと、傷害事故もゼロとなる日がくることを願ってやまない。



図 6-2 やまびこ製刈払機

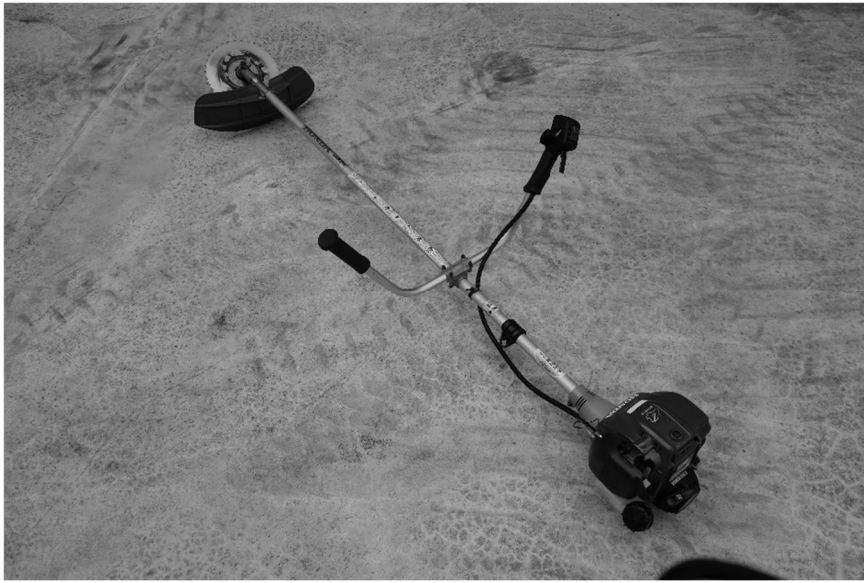


図 6-3 ホンダ製刈払機

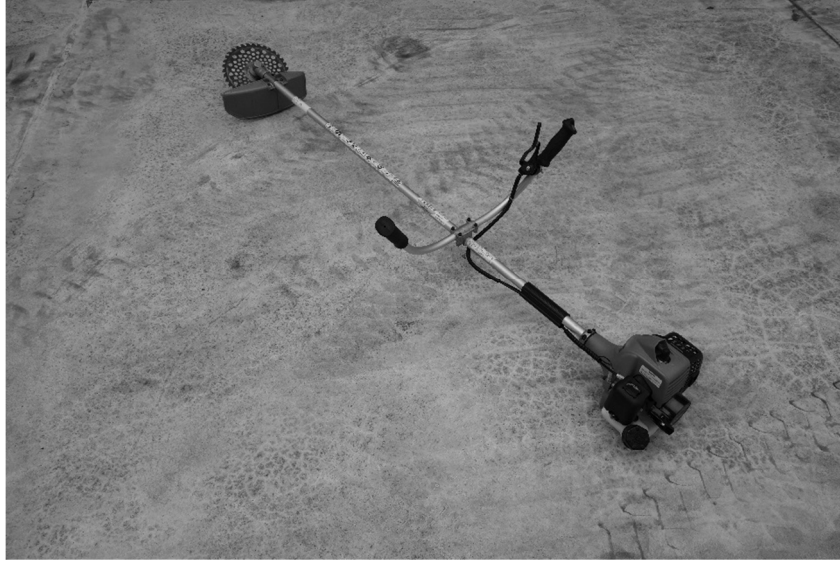


图 6-4 日立工機製刈払機

第7章 総括

本研究は刈払機の飛散物による事故防止のため、作業者を飛散物から守るために刈払機に装備されている飛散物防護カバーの安全性と取扱性の向上を目的としている。安全鑑定への ISO 規格導入の検討、刈刃による飛散物を測定するための飛散物測定装置の開発、飛散物防護性能と作業性をともに向上させる飛散物防護カバーの形状の検討を行ったものである。以下に各章の概要を示す。

第1章では、我が国における刈払機の普及動向と刈払機による傷害事故について触れ、これまでに行われてきた刈払機の安全性や取扱性に関する研究を概観した。安全性に関する既往の研究では、刈刃を逆回転させることで、作業者に対する飛び石事故を有効に防止できるものの、反面、集草作用が損われて作業能率が著しく低下することを明らかにしている。また回転する刈刃の上に固定刃を付設した刈刃装置は、障害物に対する肉体的・精神的負担が軽く、飛散物に対する作業者の安全性は他の刈刃よりも総じて高いとしている。刈刃との接触による傷害を防止する目的で、ブレーキ機能を備えた刈払機が開発され、市販の刈払機に跡付け可能な刈刃停止機構も開発されている。取扱性に関する既往の研究では、ピアノ線刃による草刈装置が考案され、作業者に与える労働負担が軽減されるとしている。

第2章では、刈払機の安全に関して、昭和51年に農業機械化研究所（現農業技術革新工学研究センター）で開始された安全鑑定の基準改正の経緯に触れ、安全鑑定基準が時代の流れと共に改正や追加を行ってきたことを述べた。その中で飛散物から作業者を守る目的で刈払機に装備されている飛散物防護カバーについてさらなる安全性向上を目指し検討が行われたことをのべ、本研究の背景と目的を明らかにした。

第3章では、飛散物防護カバーの飛散物防護性能について評価するため、ISO 11806 の飛散物防護試験を安全鑑定に導入することについて検討する必要があると考えられたことから、ISO 11806 における飛散物防護試験の検証と飛散物測定装置の開発を行った。ISO 11806 における飛散物防護試験の検証では、回転する刈刃の下方に発生する風の影響で、刈刃の種類によっては必ずしも試験片が刈刃に当たらず飛散が発生しない場合があることが明らかとなった。また、

仮に試験片が刈刃に当たったとしても、刃と刃の隙間が狭い場合には通常の草刈り作業時に想定されるような飛散を適切に発生させることは難しいことが明らかとなり、実態にあった飛散を発生させ得る方法を検討する必要があることが示唆された。そこで、実作業を考慮した飛散状況を得るために、地面に固着していない石礫等に刈刃が衝突した場合を想定したスローブ型と地面に固着した石礫等に刈刃が衝突した場合を想定した強制型の2つの方式の飛散物測定装置を開発し、動作確認を行ったところ、飛散を確実に発生させることができ、本装置による飛散物の飛散方向測定の妥当性が確認された。

第4章では、開発した飛散物測定装置を用いた飛散物の飛散方向測定を行った。飛散数はチップソーを除いて刈刃の刃数が少なくなるほど多かった。チップソーについては刃数が多いものの刃の先端に超硬チップが埋め込まれているため切れ味が良く、セラミック球が細かく砕かれ、飛散数が多くなったものと考えられた。また、各刈刃とも衝撃ポイント 60° 、 90° 、 120° の時に飛散物防護域への飛散が多くなった。各種刈刃の各衝撃ポイントにおける飛散物の飛散方向と安全鑑定基準に準拠した飛散物防護カバーの防護範囲を比較したところ、 30° の衝撃ポイントにおける飛散物は現行の飛散物防護カバーで防護できているが、 60° 、 90° 、 120° 、 150° の衝撃ポイントにおける飛散物については、防護できていない部分があることが明らかとなり、安全鑑定基準に準拠した飛散物防護カバーで防護できていない範囲、特に作業者が立つ範囲（刈刃中心線よりも右側の部分）を少しでも多く防護できるような飛散物防護カバーの寸法条件を考えることで、より刈払機の安全性を高めることができると考えられた。飛散物防護性能の評価については、実確認試験によるよりも実際に防護させる範囲を明確に示し、最低限防護すべき部分を確保できるようなカバーの寸法条件を考え、安全鑑定基準に反映することが現実的であると考えられた。

第5章では、飛散物防護性能だけでなく作業性も向上させることができる飛散物防護カバーの寸法条件を検討するため、飛散物防護カバーの形状の違いによる草の詰まり具合や作業能率について比較を行った。農業者を対象に行った刈払機に関するアンケートでは、45%の使用者が飛散物防護カバーを取り外したり、ずらしたりしており、その理由としては「草が絡まる」、「作業能率が悪い」といった回答が80%以上を占めた。このことから飛散物防護カバーを取り外し

たり、ずらしたりせずに使用してもらうためには、飛散物防護カバーの形状を見直す必要があることが示唆された。通常カバーの刈刃上面を覆っている部分を削除した試作カバーAと、試作カバーAと同形状で取付け角度を変えた試作カバーBは、作業者が立つ部分で考えれば、実作業における適切な刈取位置として推奨されている衝撃ポイント 150°、120°、90°では通常カバーと試作カバーAはほぼ同等、通常カバーと試作カバーBでは試作カバーBの方が防護範囲は広がった。作業能率を測定したところ、試作カバーA、試作カバーBともに通常カバーを装着した場合よりも作業能率が向上する傾向が見られ、刈刃上面を覆うカバーをなくすことで、作業能率は向上することが示唆された。また、実作業における適切な刈取位置で考えた場合、試作カバーBは通常カバーよりも作業者位置における防護範囲が大きく、作業能率の向上と合わせて、飛散物防護性能も向上可能であることが示唆された。

第6章では、これらの研究成果を元に、一般社団法人日本農業機械工業会刈払機部会の協力を得ながら、農業技術革新工学研究センターが実施する安全鑑定への反映について検討を行い、刈払機の飛散物防護カバーに関する安全鑑定基準を平成22年度より改正した。この新しい安全鑑定基準に適合した刈払機は2016年3月までに18型式となっており、のべ約23万台（メーカーの年間販売予定台数より試算）が市販され、刈払機による農作業事故減少に大きく貢献している。

謝 辞

本研究は、企画、実施およびとりまとめに至るまで、諸先生、諸先輩、同僚等、多くの方々のご指導とご支援により進めてきました。

京都大学大学院農学研究科清水浩教授には、本論文をとりまとめるにあたり、終始懇切なご指導とご教示を賜りました。謹んで心から感謝の意を表します。

京都大学大学院農学研究科近藤直教授および同飯田訓久教授には、貴重なご助言とご指摘を賜り、深く感謝の意を表します。

本研究を実施するに当たり、生物系特定産業技術研究支援センター（現農研機構農業技術革新工学研究センター）の小野田明彦元評価試験部長、森本國夫元評価試験部長、高橋正光元評価試験部長には、研究の機会を与えて頂くとともに、ご指導、ご助言を賜りました。ここに深く感謝の意を表します。さらに、共に実験や測定を行い、研究を進めてきた小林太一元特別研究員（現宮崎大学准教授）および水上智道主任研究員（現農研機構果樹茶業研究部門）に心より感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 一般社団法人日本農業機械化協会, 1998. 耕うん機と刈払機の構造と安全な使い方. 18.
- 2) 一般社団法人日本農業機械工業会, 2015. 日農工統計. <http://www.jfmma.or.jp/jfm-kaku2015.xls> Accessed March. 9, 2017.
- 3) 農林水産省, 2016. 平成 26 年に発生した農作業死亡事故の概要. <http://www.maff.go.jp/j/press/seisan/sien/pdf/160428-01.pdf> Accessed March. 9, 2017.
- 4) 一般社団法人日本農村医学会, 2014. こうして起こった農作業事故Ⅲ. 21. http://www.maff.go.jp/j/seisan/sien/sizai/s_kikaika/anzen/pdf/3_003_1.pdf Accessed March. 9, 2017.
- 5) 生物系特定産業技術研究推進機構, 1999. 刈払機の測定・評価法の研究. 平成 10 年度事業報告, 206-209.
- 6) 生物系特定産業技術研究推進機構, 2000. 刈払機の測定・評価法の研究. 平成 11 年度事業報告, 196-197.
- 7) 農業機械化研究所, 1977. 危険防止に関する研究. 昭和 51 年度事業報告, 215-216.
- 8) 農業機械化研究所, 1978. 危険防止に関する研究. 昭和 52 年度事業報告, 207-208.
- 9) 農業機械化研究所, 1979. 危険防止に関する研究. 昭和 53 年度事業報告, 163-166.
- 10) 平田孝三, 小川幹雄, 1978. 刈払機の飛散物防護に関する研究. 農業機械化研究所研究成績, 69-73.
- 11) 平田孝三, 長木 司, 小川幹雄, 1979. 刈払機の安全機能向上に関する研究. 農業機械化研究所研究成績, 67-84.
- 12) 荒牧利武, 安部武美, 山下淳, 1980a. 刈払機用ピアノ線刃の試作研究 (第 1 報). 農機誌, 42(1), 75-83.
- 13) 荒牧利武, 安部武美, 山下淳, 1980b. 刈払機用ピアノ線刃の試作研究 (第 2 報). 農機誌, 42(3), 375-382

- 14) 荒牧利武, 安部武美, 山下淳, 1982a. 刈払機用ピアノ線刃の試作研究 (第3報). 農機誌, 44(1), 45-51.
- 15) 荒牧利武, 安部武美, 山下淳, 1982b. 刈払機用ピアノ線刃の試作研究 (第4報). 農機誌, 44(2), 325-333.
- 16) 荒牧利武, 安部武美, 山下淳, 1983. 刈払機用S K回動自在刃の試作研究. 農機誌, 45(2), 207-214.
- 17) 荒牧利武, 安部武美, 山下淳, 1986. 刈払機刈刃の逆回転とそれに伴う諸問題について. 農機誌, 48(1), 43-50.
- 18) 山下淳, 安部武美, 1988. 飛び石事故防止のための受刃付き刈払機刈刃の試作. 農作業研究, 23(1), 8-17.
- 19) 山下淳, 鶴崎孝, 土井八郎, 関野正泰, 1994. 固定刃付き刈払機刈刃に関する研究 (第1報). 農作業研究, 29(2), 109-118.
- 20) 山下淳, 土井八郎, 関野正泰, 瀬戸口隆一, 猪之奥康治, 1996a. 固定刃付き刈払機刈刃に関する研究 (第2報). 農作業研究, 31(3), 181-189.
- 21) 山下淳, 土井八郎, 関野正泰, 古西哲治, 1996b. 固定刃付き刈払機刈刃に関する研究 (第3報). 農作業研究, 31(4), 265-271.
- 22) 山下淳, 鶴崎孝, 土井八郎, 関野正泰, 瀬戸口隆一, 猪之奥康治, 1997. 固定刃付き刈払機刈刃に関する研究 (終報). 農作業研究, 32(4), 243-251.
- 23) 鹿島潤, 佐々木達也, 陣川雅樹, 2002. ブレーキ付き刈払機の開発, 森林総合研究所平成14年度研究成果選集2002.
<https://www.ffpri.affrc.go.jp/pubs/seikasenshu/2002/14.html> Accessed March.9, 2017
- 24) 鹿島潤, 佐々木達也, 陣川雅樹, 久和野通泰, 長島彬, 川崎博路, 高橋洋, 2003. シャフトブレーキ付き刈払機の開発. 森林利用学会誌 18(1), 29-36.
- 25) 生物系特定産業技術研究支援センター, 2014. 刈払機の安全性向上に関する研究-刈刃停止機構の開発. 平成25年度事業報告, 124-125.
- 26) 豊田成章, 皆川啓子, 塚本茂善, 2014. 刈払機の安全性向上に関する研究 (第1報). 農業食料工学会第73回年次大会講演要旨, 126.
- 27) 皆川啓子, 小山拓人, 志藤博克, 塚本茂善, 豊田成章, 2015. 刈払機の安全性向上に関する研究 (第2報). 農業環境工学関連5学会2015合同大会講演要旨, CD-ROM.

- 28) 皆川啓子、志藤博克、小山拓人、塚本茂善、豊田成章, 2016. 刈払機の安全性向上に関する研究 (第3報). 第75回農業食料工学会年次大会講演要旨, 83.
- 29) 農林水産省, 2016. 2016年農林水産研究成果10大トピックス.
<http://www.affrc.maff.go.jp/docs/press/161220.html> Accessed March. 9, 2017
- 30) 農業技術革新工学研究センター, 2016. 安全鑑定情報機種別検索.
<http://www.naro.affrc.go.jp/org/brain/iam/Ankanhtml/19/index.html> Accessed March. 9, 2017
- 31) 農業技術革新工学研究センター, 2016. 安全鑑定.
<http://www.naro.affrc.go.jp/iam/contents/test/tstamn/index.html> Accessed March. 9, 2017
- 32) 国民生活センター, 1997. 草刈機による目の傷害事故防止について (要望).
- 33) ISO 11806, 1997. Agricultural and forestry machinery-Portable hand-held combustion engine driven brush cutters and grass trimmers-Safety.
- 34) 日本規格協会, 1988. JIS B 9212 刈払機用回転刈刃.
- 35) 生物系特定産業技術研究推進機構, 1999. 安全装備の確認項目と安全鑑定基準及び解説.
- 36) 日本規格協会, 2001. JIS B 9212 刈払機用回転刈刃.
- 37) 生物系特定産業技術研究推進機構, 2001. 安全装備の確認項目と安全鑑定基準及び解説.
- 38) 生物系特定産業技術研究支援センター, 2009. 安全装備の確認項目と安全鑑定基準及び解説.
- 39) 生物系特定産業技術研究推進機構, 2003. 農業機械の安全装備と使用実態調査結果概要.
- 40) 塚本茂善, 森本國夫, 高橋正光, 小林太一, 2013a. 刈払機の飛散物防護カバーに関する研究 (第1報). 農業機械学会誌, 75(3), 195-202.
- 41) 塚本茂善, 森本國夫, 高橋正光, 小林太一, 2013b. 刈払機の飛散物防護カバーに関する研究 (第2報). 農業機械学会誌, 75(3), 203-209.
- 42) 塚本茂善, 水上智道, 高橋正光, 2017. 刈払機の飛散物防護カバーの形状と作業能率. 農業食料工学会誌, 79(2), 179-185.