

研究論文

カバークロップの播種時期および播種量と 土壌風食抑制効果

小松崎将一*・鈴木光太郎**

* 茨城大学農学部附属フィールドサイエンス教育研究センター

** 株式会社レンタルのニッケン

Influence of Cover Crop Seeding Date and Their Amounts
on Mitigation of Wind Erosion

Masakazu KOMATSUZAKI* and Kotaro SUZUKI**

* Ibaraki University, College of Agriculture

** Nikken Corporation

1. 緒言

農業生産の現場では、秋冬野菜の収穫後の耕うん作業は、残渣の分解を早めることと表層土壌の凍結を促し、土塊の崩壊を促し翌春の作物播種条件を整える上で、篤農技術として知られている。一方で、これらの作業は、土壌の地表面被覆を取り除き、土壌の乾燥を早め、さらには土塊の崩壊による土壌風食を受けやすい土壌粒子の増大をもたらすなど、風食害を一層深刻化させている。

真木(1989)は土壌風食の発生要因としては複数の要因が重なることで生じる事を指摘し、その主な要因として風速と土壌の状態が大きく影響することを述べている。土壌風食は関東ローム質土壌ではよく発生し、裸地では特に激しく、風速が4~5 m/s で微粒子が転がり始め風食が発生する。さらに風速が5~6 m/s で土粒子が跳ねながら移動し、6~7 m/s にもなると空气中に浮いて飛ぶいわゆる浮遊が発生することが指摘されている。一方で、火山灰土壌は未熟で軽石状の多孔質の粒子からなり、団粒化がほとんど認められない保水

性の低い土壌であることから、5 m/s 前後の風速で風食が生じることが報告されている(高橋ら1989)。これらの報告から土壌風食の発生する風速は4から5 m/s 前後とされている。

土壌風食は地表面を吹く風のせん断力(引きちぎろうとする力)によって土粒子にせん断応力(せん断力に対抗する力)が働き、それがある限界値を超えると土粒子が動き始める現象である。風食の過程は一般に、土粒子の分散、運搬、および堆積という三段階に分けられる(Holy 1983)。

分散および運搬は重力に勝る運動エネルギーを持った地表風の乱流の影響によって土粒子が分散し運ばれる現象で、この作用はデフレーション(deflation)と言われる。デフレーションに対する重要な因子は風向と地表面における風速とその垂直分布である。風向とは風の作用方向を意味し、気流が地表面に対して平行な角度で衝突するほど風食を受けやすい。一方、地表面付近の風速は高さとともに速くなるが、地表面は風速を弱めるように作用する。このとき、地表面の粗さ(凹凸)が大きく作用する。カバークロップなどの植生は地表面に凹凸を作り出すことで風速を減少させ、エネルギーの多くを吸収する(Holy 1983)。

冬期間に栽培されるカバークロップの利用は、土壌風食を防止する機能が高い。ここでは、植生自体が風速を弱めることと、植生が土壌水分を保持していることが指摘されている(Holy 1983)。

平成 21 年 5 月 8 日受付

平成 21 年 11 月 14 日受理

Corresponding author

小松崎将一 Masakazu KOMATSUZAKI

〒300-0393 茨城県稲敷郡阿見町中央 3-21-1

3-21-1 Chuou, Ami, Inashiki, Ibaraki, 300-0393, Japan

E-mail : komachan@mx.ibaraki.ac.jp

しかし、北関東の畑地では、秋冬野菜の作付が多く、収穫時期が12月頃になることから、これらの収穫後にカバークロップを播種した場合は、土壌風食を受けやすい早春期には十分な植生を確保できず土壌風食防止対策とならない。このため小松崎・鈴木(2008)は、ハクサイ生育期間中の畝間にカバークロップを播種する体系を検討し、主作物であるハクサイの生育低下をもたらさずに土壌風食を抑制する栽培法を提案した。

風速の抑制効果にはカバークロップの草高(平均群落高)が重要な因子となることが指摘されるが(Jacson 1981), 小松崎・鈴木(2008)は抑風効果とカバークロップ乾物重との間に有意な相関関係を認め、カバークロップの出芽数の因子を含めた乾物重のほうが相対風速との相関が高くなることを指摘している。しかしながら小松崎・鈴木(2008)においてはカバークロップの乾物重確保に大きく影響を及ぼす播種量に関しては検討していない。また、小松崎・鈴木(2008)では、土壌風食抑制効果とカバークロップ乾物重との対数近似モデルで回帰することを報告しているが、ここではカバークロップの出芽数など播種量に関する要因を考慮しておらず、カバークロップの生育因子と土壌風食抑制効果についてのモデル化も十分ではない。

本研究では、北関東における土壌風食防止と土壌環境保全が調和する農法の開発を目的とし、カバークロップの種類、播種時期および播種量が土壌風食防止効果に及ぼす影響について検討した。また、カバークロップの生育因子から、土壌風食を抑制する効果を予測するモデルを策定し検証を行った。これにより、カバークロップを利用して土壌風食防止と土作りにつながる農作業体系の確立を目指すために、その基礎データを得ようとした。

2. 材料および方法

1) カバークロップの生育因子と風速抑制予測モデルの作成

(1) 圃場条件

試験は2006年から2007の間において茨城大学農学部附属フィールドサイエンス教育研究センターの洪積台地畑(土性:CL, LiC)で行った。実験設計は、要因としてカバークロップの播種時期を2水準(10月および11月)とし、カバークロ

ップの種類を4水準(無処理, ライムギ, エンバクおよびヘアリーベッチ)とした。また、播種量を3水準(密播区, 標準播種量区および疎播区)とした。ライムギおよびエンバクでは標準播種量区を慣行量である 10 g/m^2 , 密播区では1.5倍の 15 g/m^2 , 疎播区では半分の 5 g/m^2 を播種した。ヘアリーベッチでは標準播種量区を慣行量である 5 g/m^2 , 密播区では1.5倍の 7.5 g/m^2 , 疎播区では半分の 2.5 g/m^2 を播種した。乱塊法(randomized block design)によりそれぞれを3反復で計57プロットを配置した。1区画の面積は $2\text{ m}\times 2\text{ m}$ で 4 m^2 とした。

10月3日に耕深15cmでロータリ耕を行い、カバークロップの播種は2006年10月13日, 11月14日の日にそれぞれ所定の区に播種した。覆土は播種後レーキで行った。

(2) 調査方法

カバークロップの草丈および草高は出芽後、約14日ごとに測定した。またカバークロップは $20\text{ cm}\times 20\text{ cm}$ のコドラードを用いて2007年1月15日にサンプリングし、 60°C で72時間乾燥させた後、重量を測定した。

発芽数調査は播種後約2週間後(10月27日および11月28日)に行った。調査は $20\text{ cm}\times 20\text{ cm}$ のコドラードを用いて発芽数をそれぞれカウントした。

試験区内の風速の垂直分布は榊原ら(1989)の簡易風洞を改良し、これを圃場に設置して測定した。関東ローム層での土壌風食被害が甚大化する風速は 7 m/s 以上で急激に高まることから(小松崎2008a), 今回の実験では風速を 10 m/s とした。簡易風洞の送風口は $30\text{ cm}\times 30\text{ cm}$ とし、送風機(MAKITA, MF300, 羽根径290mm, 風量 $55\text{ m}^3/\text{min}$)を設置した。これらの装置を処理区ごとに設置し、風洞送風口から50cmの地点で地表面から高さ1~30cmまでの高さで1cmおきに風速を測定した。風速の測定には、熱式風速計(ISA-90, 柴田科学(株))を用い、ノートパソコンでデータを記録した。測定は自然風が、 0.5 m/s 以下の時に行った。風速の測定は、カバークロップ乾物重調査と同時に行った。

また、風速の垂直分布のデータを用いて、それぞれの垂直高さ別に、無処理区の風速(V_a)に対するカバークロップ区の風速(V_b)の比率(相対風速)を以下の式から算定した(島田2002)。

$$\text{相対風速 (\%)} = (V_b/V_a) \times 100 \quad (1)$$

土壤風食の発生し始める風速については、真木 (1989) および高橋ら (1989) の報告から、本研究においては地上部 1 cm の土壤表面における風速を 3 m/s 以下に抑制することを目標として土壤風食を抑制するカバークロップの生育因子を検討した。

さらに、圃場データから、土壤風食作用に最も影響の大きい地上部 1 cm の相対風速値とカバークロップの生育因子との間の線形回帰モデルを作成し、それぞれのカバークロップの生育因子と相対風速間での相関係数を比較した。

(3) 分析方法

得られたデータの処理は統計ソフト (Stat View) により分散分析を行い、同時に平均値や標準誤差を求めた。風速の垂直分布測定時のカバークロップの生育因子と地上高さ 1 cm の相対風速値から作成した線形モデルにおいて、ピアソンの積率相関係数の有意性検定を行った。

これらの圃場試験データから、最も相対風速との相関性の高い項目を選定し、相対風速の予測回帰モデルを策定した。

2) カバークロップによる風速抑制予測モデルの検証

(1) 圃場設定および検証データのサンプリング

実験設計は、要因としてカバークロップの播種時期を 3 水準 (10 月, 11 月および 12 月) とし、カバークロップの種類を 4 水準 (無処理, ライムギ, エンバクおよびヘアリーベッチ) とした。圃場実験は 2005 年 8 月から 2006 年 3 月にかけて実施した。乱塊法によりそれぞれを 3 反復で計 30 プロットを配置した。1 区画の面積は 2 m × 2.5 m で 5 m² とした。主作物として秋冬野菜であるダイコンを作付した。カバークロップの播種量はライムギおよびエンバクでは 10 g/m² を、ヘアリーベッチでは 5 g/m² を播種し、カバークロップの播種はダイコンの畝間に散播した。

2005 年 8 月 18 日に耕深 15 cm としロータリ耕を行った。ダイコンの施肥量は慣行量 (N : 14 g/m² P₂O₅ : 14 g/m² K₂O : 14 g/m²) とし、8 月 22 日に圃場に散布し深耕ロータリで耕深 35 cm の深さで混和した。9 月 5 日にダイコンの種子を畝間 70 cm, 株間を 25 cm とし 2 粒ずつ圃場に播種

した。害虫駆除として 9 月 8 日にオンコル粒剤を使用し、9 月 27 日, 10 月 12 日に BT 剤を葉面散布した。11 月 22 日にすべてのダイコンを収穫した。

圃場内の風速垂直分布については、前項と同様の方法にて、2006 年 1 月 30 日, 2 月 25 日および 3 月 15 日に測定した。また同時に 20 cm × 20 cm のコドラードを用いてカバークロップのサンプリングを行い、60°C で 72 時間乾燥させた後、重量を測定した。

(2) モデルの検証

前項で作成した相対風速の予測モデルについて、ダイコン栽培圃場で得られたデータを用いてクロスバリデーション法により検証した。相対風速の実測値とカバークロップの生育因子から得られた相対風速の予測値との間の寄与率、モデル予測標準誤差 (SEC), 検証データ予測標準誤差 (SEP) および定誤差 (*Bias.*) を以下の式から求めた。

$$SEC = \sqrt{\frac{1}{(N_c - 1)} \sum_{i=1}^{N_c} (Y_{ic} - X_{ic})^3} \quad (2)$$

$$SEP = \sqrt{\frac{1}{(N_v - m - 1)} \sum_{i=1}^{N_v} (Y_{iv} - X_{iv})^2} \quad (3)$$

$$Bias. = \frac{1}{N_v} \left(\sum_{i=1}^{N_v} Y_{iv} - \sum_{i=1}^{N_v} X_{iv} \right) \quad (4)$$

ここで、

Y_{ic} : モデル作成用データの相対風速実測値

X_{ic} : モデル作成用データの相対風速予測値

Y_{iv} : モデル検証用データの相対風速実測値

X_{iv} : モデル検証用データの相対風速予測値

N_c : モデル作成用データ数

N_v : モデル検証用データ数

m : 目的変数の数

3. 結果

1) カバークロップの生育因子と風速抑制モデルの作成

(1) カバークロップの生育

カバークロップの種類、播種時期、および播種量が 2007 年 1 月 15 日のカバークロップの生育に及ぼす影響の分散分析結果を表 1 に示した。草丈および草高は、カバークロップの種類、播種時期、播種量、カバークロップの種類 × 播種時期および播種時期 × 播種量で有意な差異が認められた。出

表1 カバークロップの種類、播種時期および播種量がカバークロップの生育に及ぼす影響の分散分析結果 (P 値)

要因	草高	草丈	出芽数	乾物重
カバークロップの種類 (C)	<0.0001	<0.0001	<0.0001	<0.0001
播種時期 (T)	<0.0001	<0.0001	NS	<0.0001
播種量 (D)	0.01	0.0507	<0.0001	0.0273
C×T	<0.0001	<0.0001	NS	<0.0001
C×D	NS	NS	0.0002	NS
T×D	0.014	0.0519	NS	NS
C×T×D	NS	NS	NS	NS

注1) 調査は、2006年1月15日に実施した。
注2) NSは有意差なしを示す。

芽数は、カバークロップの種類、播種量およびカバークロップの種類×播種量で有意差を認めた。また、乾物重はカバークロップの種類、播種時期、播種量、カバークロップの種類×播種時期で有意差を認めた。

カバークロップの草高の推移を図1に示した。1月時点で比較すると、播種時期別にみるといずれの草種においても10月播種区における草高は大きく、11月播種区では草高は8cm程度にとどまった。10月播種区ではエンバクでライムギより草高が大きくなり、ヘアリーベッチで最も小さくなった。11月播種区ではすべてのカバークロップ種で草高において差異は認められなかった。またライムギおよびエンバクでは播種量の違いによる影響は認められなかった。しかし、ヘアリーベッチの密播区では草高が大きく、疎播区では草高が小さいことが認められた。

草丈の推移は草高と同様の傾向を示した(図2)。10月播種区ではエンバクでライムギより草丈が大きくなり、ヘアリーベッチで最も小さくなった。11月播種区ではすべてのカバークロップ種で草丈において差異は認められなかった。今回、播種量を3水準用いて草丈に与える影響を調査したが、播種量による影響は10月および11月播種区ともに差異は認められなかった。

カバークロップの播種量と播種時期が出芽数に及ぼす影響を図3に示した。これを見ると、播種時期による違いによる差異は認められなかったが、播種量の増加に伴い出芽数が増加していることが認められた。

カバークロップの種類、播種時期および播種量が乾物重に及ぼす影響を図4に示した。1月中旬時点でのライムギとエンバクの乾物重は同等で

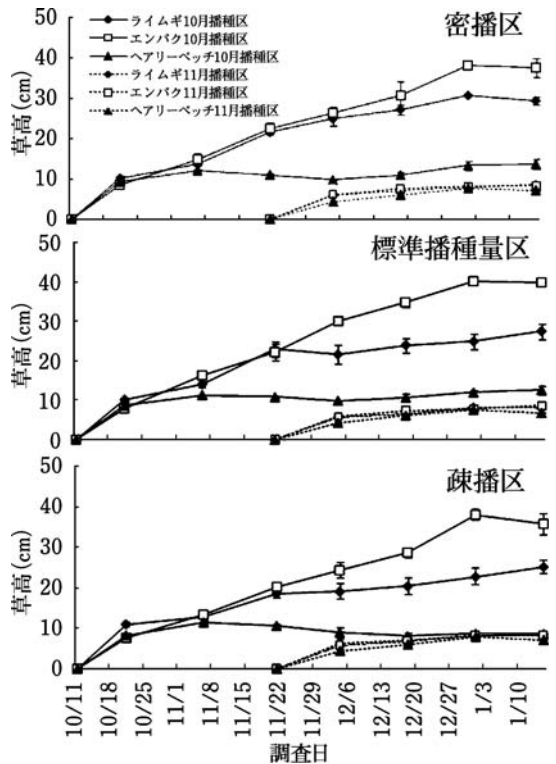


図1 カバークロップの種類、播種時期および播種量が草高に及ぼす影響

あったが、ヘアリーベッチで乾物重が有意に小さくなった。播種時期別にみると、11月播種区では10月播種区の乾物重の10分の1程度であった。また、播種量が増加すると乾物重は増加することが認められた。

(2) 風速の垂直分布

10月播種区におけるカバークロップの種類および播種量が風速垂直分布に及ぼす影響を図5に

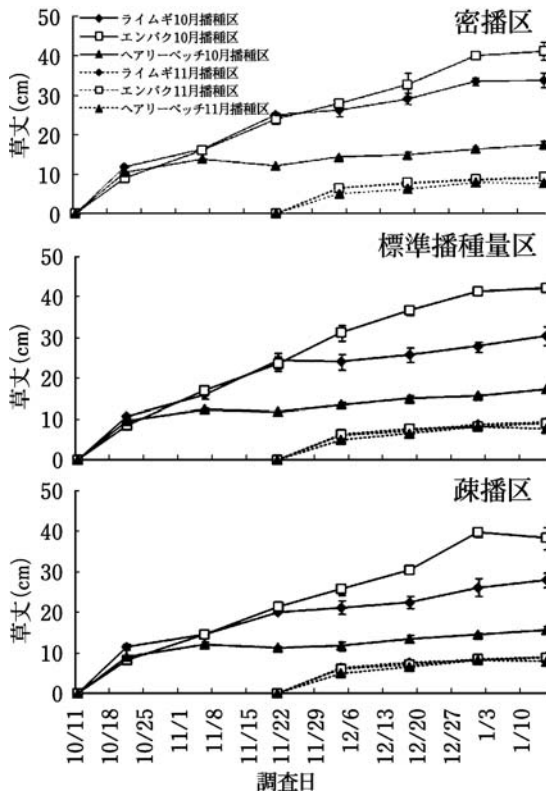


図2 カバークロップの種類、播種時期および播種量が草高に及ぼす影響

示した。これをみると、10月播種区ではすべてのカバークロップ種および播種量で、地表面の風速を3 m/s以下に抑制していることが認められた。ライムギおよびエンバクでは、播種量の増加に伴い風速が減少し、地表面から離れたところでも風速を抑制する傾向が認められた。これに対し、ヘアリーベッチでは播種量の増加に伴い地表面の風速が減少したが、いずれの播種量においても10 cm以上の高さになると無処理との差異は認められなかった。

11月播種区では、ライムギおよびエンバクの標準播種量区および密播区で地上高さ1 cmの風速を3 m/s以下に抑制していることが認められた。しかし、ライムギおよびエンバクの疎播区では風速3 m/s以下に抑制していなかった。ヘアリーベッチではすべての播種量で風速3 m/s以下に抑制しなかった。

(3) カバークロップの生育因子と相対風速

2007年1月15日におけるカバークロップの生

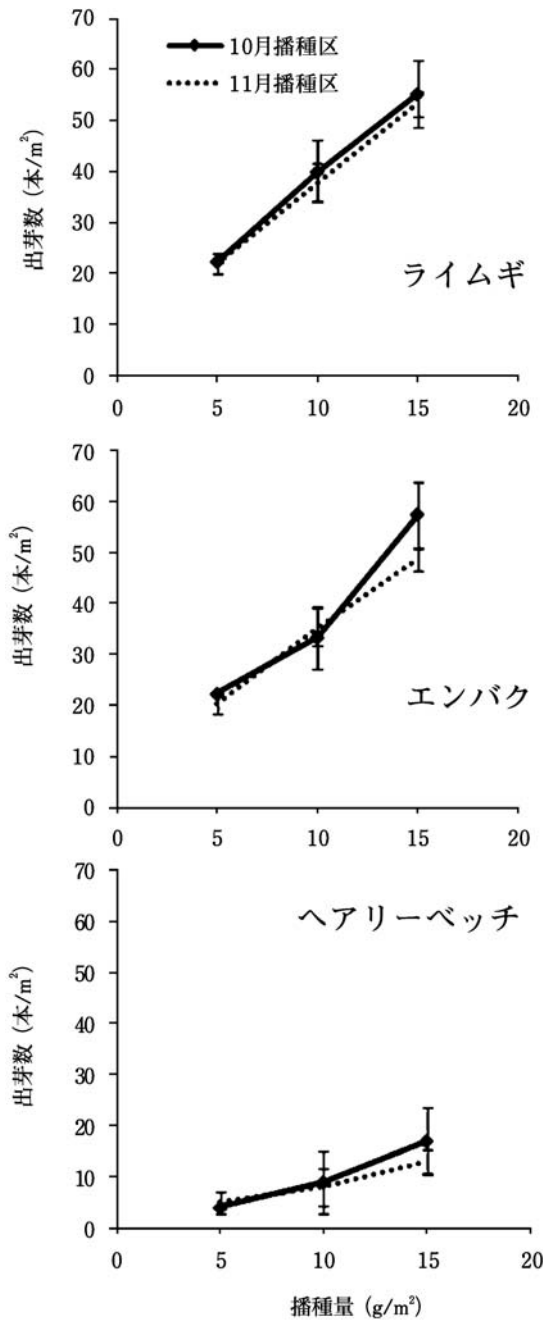


図3 カバークロップの種類、播種時期および播種量が生育密度に及ぼす影響
注) 調査は2007年1月15日に実施した。

育因子と地表面1 cm高さの相対風速との線形モデル式および寄与率を表2に示した。その中で草高、草丈および乾物重と相対風速の関係は累乗近似の曲線でよく表された。乾物重と相対風速との

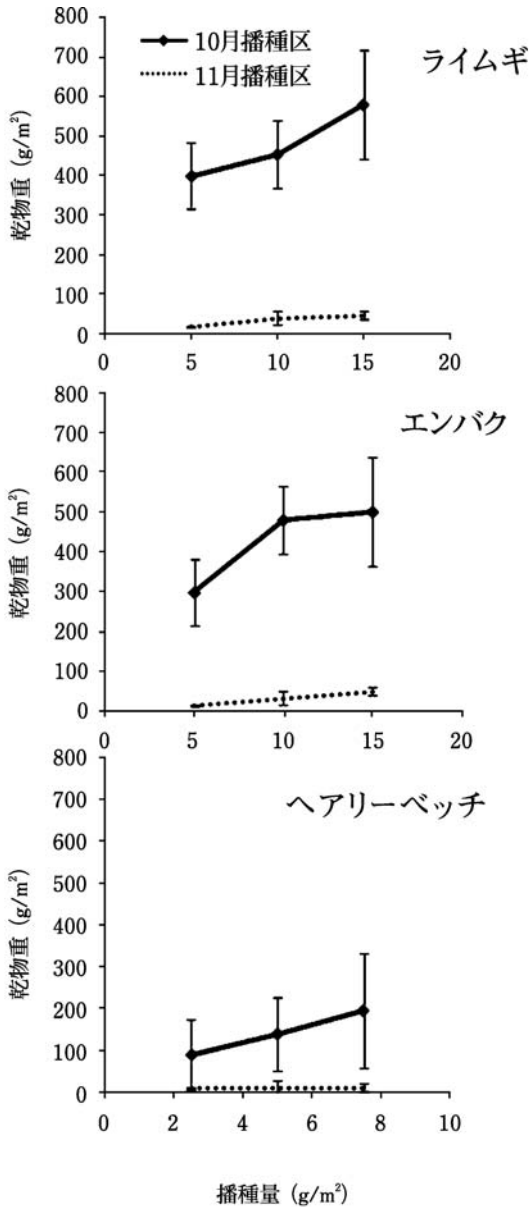


図4 カバークロップの種類、播種時期および播種量が乾物重に及ぼす影響
注) 調査は2007年1月15日に実施した。

寄与率が0.936と最も高く、次いで草丈および草高でありいずれも有意な水準で帰属された。しかし、相対風速と出芽数との寄与率は有意でなかった。

カバークロップの生育因子の中で最も寄与率が高かった乾物重と相対風速の線形モデルによる予測結果について図6Aに示した。線形モデル式か

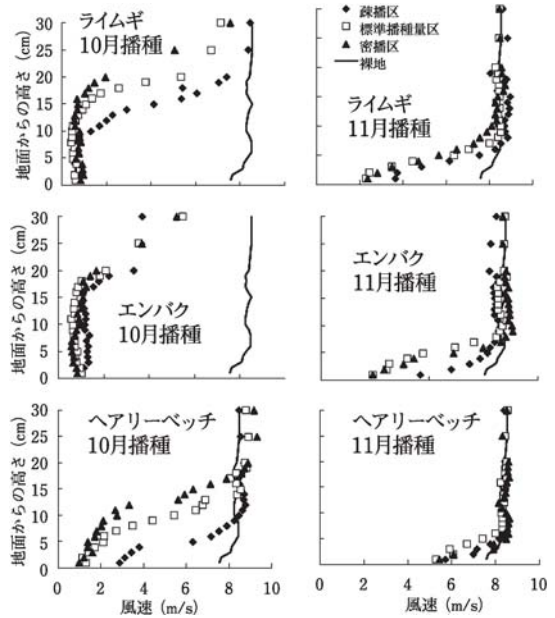


図5 カバークロップの種類、播種時期および播種量が風速分布に及ぼす影響

表2 カバークロップの生育因子と相対風速との相関関係

生育因子	線形モデル式	寄与率	有意水準
草高	$Y=349.6X^{-1.021}$	0.780	<0.001
草丈	$Y=432.1X^{-1.044}$	0.796	<0.001
出芽数	$Y=96.7X^{-0.445}$	0.227	NS
乾物重	$Y=227.2X^{-0.504}$	0.936	<0.001

注) NSは有意でないことを示す。

ら、カバークロップの乾物重が50 g/m²程度の時に相対風速は31.6%と計算され、裸地に対して風速が約70%減少することが推定された。また、求められた線形モデルからの相対風速の予測値と実測値とを比較すると、寄与率が0.953を示した。

2) カバークロップの生育因子をもとにした風速抑制予測モデルの検証

カバークロップの乾物重をもとにした相対風速予測モデルのモデル作成用データおよび検証用データの情報と予測結果の概要について表3に示した。モデル作成用データは検証用データに比べてサンプル数が少なくかつデータ範囲は小さいが、両データの変動係数は同等であった。モデル作成用データでの決定係数は0.953と高い値を示した

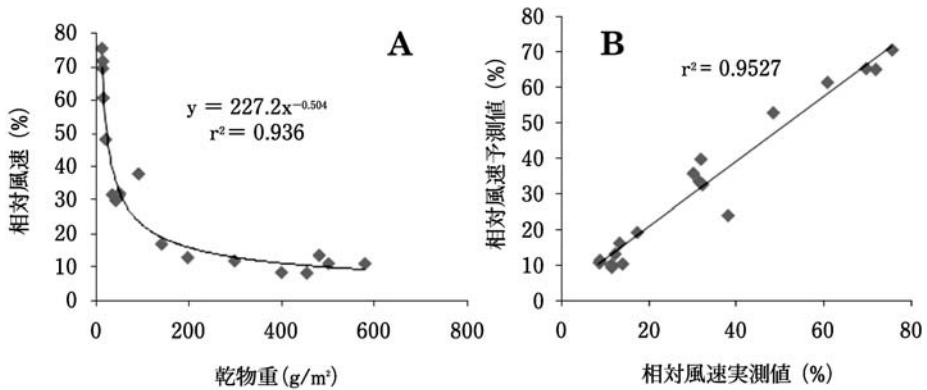


図 6 カバークロップの乾物重と相対風速との関係 (A) および線形モデルから得られた相対風速の予測値と実測値 (B)

表 3 データ情報と相対風速値の予測結果

	データ情報						データ数	予測結果の評価		
	平均 %	最小値 %	最大値 %	範囲 %	標準偏差 %	変動係数		r^2	SEC	Bias.
モデル作成	32.3	8.4	75.4	67.0	23.4	0.72	18	0.953	4.873	
検証用	49.8	5.6	100	94.4	37.3	0.74	44	0.643	23.65	3.29

r^2 : モデル作成用データでの予測値と実測値の決定係数。
 SEC: モデル作成用データの標準誤差。
 R^2 : モデル検証用データでの予測値と実測値の決定係数。
 SEP: モデル検証用データの標準誤差

のに対し、検証用データでの決定係数は 0.643 とやや低い値を示した。また、SEC=4.873 に対して SEP=23.65 と検証データでは精度がやや低下した。

ダイコン栽培において畝間に播種したカバークロップの相対風速の実測値と乾物重データから得られた予測値の関係を図 7 に示した。これによれば、カバークロップの乾物重から地表面 1 cm 高さにおける相対風速をある程度予測することが可能であることを示している。

4. 考察

土壌風食の研究は、1930 年代のダストボウル以来アメリカで発展してきており、アメリカでの主な風食被害が飛砂による作物の損傷と埋没であったため、研究の対象は土壌粒子の移動を中心に実施されてきた (Woodruff and Siddoway 1965)。

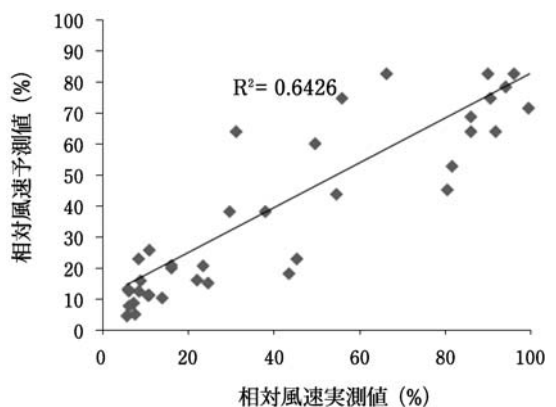


図 7 カバークロップ乾物重から相対風速を予測するモデルを利用したダイコンの畝間に播種したカバークロップによる相対風速の予測値と実測値

また、土壤風食量を予測し、適切な農業管理を実施するために、気象や土壌および農作業管理条件などと土壤風食量を予測するシミュレーションモデルが作成されている (Hagen *et al.*, 1995). ここでは、圃場表面の残渣量 (乾物重) から圃場表面の被覆程度を求め、それらの値と風食の抑制効果との相関を認めている。

真木 (1989) は、圃場などの風速の垂直分布について地表面付近の風速は高さとともに速くなるが、地表面は風速を弱めるように作用することを述べている。このため風速垂直分布は、Prandtl 式のように地表面から上昇するにつれて対数的に増加することが知られており、また観測値を下方に外挿して風速がゼロになるときの高さ (Z_0) を粗度長とよび、場所あるいは土地利用や植生の有無によって一定の値を示すことを報告している。

地表面がカバークロップなどの植生などによって被覆されている場合には風速の垂直分布が変化するため、地表面から高さに関する空気力学的長さ d (地表面修正量) を導入する必要がある (Jacson 1981). 小松崎 (2008a) は、簡易型風洞を用いた圃場実験データから、カバークロップの地表面修正量を求めているが、ライムギの地表面修正量は草丈が 30.5 cm のとき 5.6 cm であり、エンバクでは草丈 9.1 cm のとき 0.70 cm であることから、地表面修正量はカバークロップの種類や草高によって異なり、カバークロップの草高や乾物重などの生育量は、風速を抑制するのに大きく影響を及ぼすことを報告している。

今回の実験結果から、カバークロップの草丈、草高および乾物重と相対風速とで相関が認められたが、カバークロップの乾物重と相対風速との線形モデルの寄与率が最も高くなった (表 2). カバークロップの乾物重は、地表面の被覆程度と相関が高いため (Hagen *et al.*, 1995), 草丈や草高よりも風速抑制により乾物重が有意な因子となったものと考えられる。そのため、カバークロップを利用して土壤風食を抑制するには、一定量の乾物重を確保することが重要であり、カバークロップの種類や播種時期および播種量はきわめて重要な農作業管理項目となる。

イネ科のカバークロップは、ライムギ、エンバク、コムギ、イタリアンライグラスなど乾物生産量がきわめて大きいのが特徴である (小松崎 2004; Komatsuzaki 2009). ライムギは同じ栽培期間に

おいてクリムソクローバより 75%, ヘアリーベッチより 250% 多く乾物重を確保するため (辜 2003), 風食防止能力は極めて高いものと考えられる。また、遅まきに対応できるように作付体系が組みやすい。これに対し、マメ科カバークロップの利用は生物的窒素固定により後作に供給する窒素量が多く、C/N 比が低いためにカバークロップの吸収窒素を後作ですばやく利用できる特徴がある (Komatsuzaki 2009). しかし、遅まきをすると著しく乾物収量が劣るために作付体系に組み込むには制限がある。

カバークロップを用いて土壤風食を抑制するには、カバークロップの種類、播種時期および播種量を適正に選択して一定の乾物重を確保することが必要である。これまで、播種時期と播種量について、Clark and Decker (1994) は、米国メリーランド州においてライムギおよびヘアリーベッチを用いて播種時期が遅れるに従って播種量を増加させる必要性を指摘している。本研究においてもライムギ、エンバクなどの冬季のカバークロップの播種時期および播種量は冬季における乾物量確保に大きく影響を及ぼし、播種時期が遅れるにしたがって乾物重は減少したが、播種量を増加させることで乾物重を一定量確保することが認められた。これに対し、ヘアリーベッチでは、11 月播種であると播種量を増加させても乾物重の増加はごく小さく、地表面の風速を抑制することは困難であった。

風速 10 m/s の時、10 月播種区ではすべてのカバークロップ種のすべての播種時期において地上 1 cm 高さでの風速を 3 m/s 以下に抑制することが認められた。またヘアリーベッチでは播種量の増加に伴い抑制の程度も増加した。このことから、ヘアリーベッチなどほふく性を示すカバークロップを早期に播種する場合には播種量が土壤風食抑制に対して重要な因子であることが考えられた。

これに対し、11 月播種のライムギとエンバクの疎播区は地表面の風速を 3 m/s 以下に抑制していないが、標準播種量以上となると風速を 3 m/s 以下に抑制することが認められた。このことから、ライムギとエンバクの 11 月以降の播種は、植生の草丈は低いが、播種量を増加させることにより、乾物重は増加するため、地表面の風速を抑制することが可能となることが認められた。これに

対し 11 月播種区のヘアリーベッチでは播種量に関わらず 1 月中旬頃に抑風効果を期待することは難しいと考えられた。

カバークロップ別の乾物重と相対風速の関係から線形モデルを作成した。その結果、今回用いたカバークロップ種では乾物重を 50 g/m^2 程度確保することにより風速を 3 m/s 以下にすることが可能であり土壤風食を抑制すると考えられた。このことから、土壤風食を抑制するためにカバークロップを作付する場合には、当該地域において風食被害の激しい時期に一定の地上部バイオマス（乾物重）を確保する播種時期、播種量およびカバークロップ種を選択を行う必要がある。小松崎・鈴木（2008）は、ハクサイ栽培において畝間に播種したカバークロップを対象として、カバークロップの乾物重と相対風速との関係のモデル化を行っているが、今回の実験ではカバークロップの播種量の違いについても考慮していることから、カバークロップの管理方法と土壤風食抑制効果を検討する上で重要な管理指標を提案できるものとする。しかしながら、今回の実験では、風速を 10 m/s の条件下で検討したが、風速の増加に伴うカバークロップによる土壤風食抑制効果についてはさらに検討を続ける必要がある。

国分（1959）は、土壤風食の被害について農家が「宿命であると思いきらめる」のではなく、土づくりを通じて土壤風食を防ぐことの重要性を述べている。今後、世界的な食糧・エネルギー需要の増大に伴う土壤の生産能力への負担増加、地球温暖化による土壤炭素の減少など土壤劣化の課題は、人類の持続可能性を考えていく上で極めて重要な課題である（Komatsuzaki and Ohta 2007）。

その中で、カバークロップの利用は、圃場面被覆利用による雑草防除効果、緑肥としての肥料的効果、残留窒素の吸収による窒素サイクルの改善、有機物供給による土壤の肥沃度向上、土壤線虫の被害の抑制、土壤動物の多様性保全、景観形成など土壤風食防止に加えてきわめて多面的な効果がある（Magdoff 1992；荒木 2005；小松崎 2004；Komatsuzaki 2008；Komatsuzaki 2009）。また、カバークロップの利用は土壤中の炭素貯留量を増加させることから、温室効果ガスの吸収源としての機能も今後注目される可能性がある（小松崎 2008b）。本研究で取り上げているカバークロップによる土壤風食抑制技術は、地域の農業生

産の持続性向上にも貢献する可能性があり、地域において広く活用されることが期待される。

摘要

土壤風食抑制技術として効果的なカバークロップ利用手法を明らかにするため、カバークロップの種類、播種時期および播種量とカバークロップの乾物重および土壤風食抑制効果を検討した。圃場実験は茨城大学農学部附属フィールドサイエンス教育研究センターにて 2005 年から 2007 年に実施した。実験の要因として播種時期を 2 水準（10 月、11 月）、カバークロップの種類を 4 水準とし（ライムギ、エンバク、ヘアリーベッチ、無処理区）、カバークロップの播種量を 3 水準（密、標準、疎）とし 3 反復で行った。

その結果、10 月に播種する条件であれば播種量は慣行量の半分でも地表面の風速を 70% 以下に減少させることができ、土壤風食抑制に対して一定の効果が期待できるものとする。また、ライムギおよびエンバクでは 11 月以降に播種を行い、播種量を密に播種することにより土壤風食を抑制することが認められた。しかし、ヘアリーベッチでは播種時期が 11 月以降では乾物重が小さく播種量を増加しても抑風効果が期待できなかった。

これらのデータをもとにカバークロップの乾物重と相対風速の関係から線形モデルを作成した。その結果、カバークロップの乾物重が約 50 g/m^2 程度確保することにより、風速 10 m/s の時、地表面の風速を 3 m/s 以下となった。このことから、土壤風食を抑制するためにカバークロップを作付する場合には、当該地域において風食被害の激しい時期に一定の地上部バイオマス（乾物重）を確保する播種時期、播種量およびカバークロップ種を選択を行う必要がある。

謝辞

本研究は文部科学省科学技術振興調整費（戦略的研究拠点育成）プロジェクトによる「サステイナビリティ学連携研究機構」による補助を受けて実施した。関係各位に謝意を表します。

キーワード

土壤風食、カバークロップ、ライムギ、エンバク、ヘアリーベッチ

引用文献

- 荒木 肇 (2005) : カバークロップと野菜生産, 農作業研究 40 (1) ; 27-34.
- Clark, A.J. and Decker, A.M. (1994) : Seeding Rate and Kill Date Effects on Hairy Vetch-Cereal Rye Cover Crop Mixtures for Corn Production., *Agron J.* 86 ; 1065-1070.
- 辜 松 (2003) : カバークロップを利用した持続的農業システムに関する研究, 東京農工大学連合農学研究所, 博士論文.
- Hagen, L.J., L.E. Wagner and J. Tatarko (1995) : Wind Erosion Prediction System (WEPS). Technical Documentation. Beta Release 95-08. USDA, Agricultural Research Service, Wind Erosion Research Unit, Throckmorton Hall, Manhattan, Kansas, 66506.
- Holy, M. (1983) : 侵食 理論と環境対策 (岡村俊一, 春山元寿 共訳) 森北出版, 東京.
- Jacson, P.S. (1981) : On the displacement height in the logarithmic velocity profile, *Journal of Fluid Mechanics*, 111 ; 15-25.
- 小松崎将一 (2004) : 畑作でのカバークロップ利用, 農作業研究 39 (3) ; 157-163.
- 小松崎将一 (2008a) : 農耕地における土壌風食の実態とカバークロップ利用によるその抑制, 農業および園芸, 83 (10) ; 1-10.
- 小松崎将一 (2008b) : (農文協編, 農業技術体系土壌と活用IV) カバークロップ導入による持続的生産と炭素貯留機能, pp 16 の 42-16 の 55.
- Komatsuzaki, M. (2008) : (Chen, J. and Guo, C. eds, *Ecosystem Ecology Research Trends*) Ecological Significance of Cover Crop and no Tillage Practices for Ensuring Sustainable of Agriculture and Eco-system Service. Nova Science Publishers, New York.
- Komatsuzaki, M. (2009) : (Latos, T.H. ed. *Cover crops and crop yields*) Ecological Significances of Cover Crops on Carbon and Nitrogen Dynamics and Soil Conservation in Japan. Nova Science Publishers, New York.
- Komatsuzaki, M. and H. Ohta (2007) : Soil management practices for sustainable agro-ecosystems, *Sustainability Science*, 2 ; 103-120.
- 小松崎将一・鈴木光太郎 (2008) : ハクサイ栽培でのカバークロップ利用による土壌風食の抑制, 農作業研究 43 (4) ; 187-197.
- 国分欣一 (1959) : 風食と土壌の凝集力. 土壌の物理性. 1 ; 49-50.
- Magdoff F. (1992) : (Building soils for better crops) *Cover Crops*, University of Nebraska Press, Lincoln and London, pp 73-90.
- 真木太一 (1989) : 風と自然, 開発社 p 185-p 192. 東京.
- 島田宏行・根本征樹 (2002) : 防風林の疎密度と林帯幅に関する風洞実験. *日本林学会誌* 84 (2) ; 85-90.
- 榊原保志 (1989) : 木製簡易風洞の製作とその利用～理科教材化への試み. *地学教育* 42 ; 199-208.
- 高橋 悟・田中弥寿男・矢橋晨吾 (1989) : 網走地域における風食と土壌因子. *農土誌* 58 ; 1169-1175.
- Woodruff, N.P., Siddoway, F.H., (1965) : *A Wind Erosion Equation*, *Soil Sci. Am. Proc.*, Vol. 29 (5) ; 602-608.

Summary

Soil wind erosion is a serious issue in upland fields, because winter fallow treatments produce awful erosions in Kato area, Japan. This research evaluated the abilities of cover crops that planted at different plating time and seeding rate on their growths and reduction of wind speeds. Main results were followings.

Dry matter accumulations of cover crop were significantly different depending on their species and planting time. Cereal rye (*Secale cereale* L.) showed high dry matter accumulation compare with oat (*Avena sativa* L.) and hairy vetch (*Vicia villosa* Roth). Planting times of cover crop and seeding rates also showed significant differences on their dry matter accumulations, especially, October planting times showed high dry matter accumulation although November planting time showed low dry matter accumulations due to delay of germination in the fields.

The significant difference was observed between cover crop biomass and the reduction of wind speed at the soil surface, 50 g/m² cover crop dry matter showed significant reduction of wind speed. Adopting cover crops in field crop production may contribute to cope with both maintaining crop production and mitigation of wind erosion. In addition cover crops

also recommend in the view points of sustainable agro ecosystem because their abilities that add organic matter to the soil are significant.

Key Words

wind erosion, cover crop, rye, oat, hairy vetch