

(原著論文)

## 都内黒ボク土畑における土壌飛散の要因把握と評価法の作成

柴田彩有美<sup>1\*</sup>・赤神沙織<sup>2\*</sup>・坂本浩介<sup>1\*</sup>・近松誠也<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>東京都農林総合研究センター

<sup>2</sup>現東京都農林水産振興財団

<sup>3</sup>現大島支庁

### 摘 要

コップ型土壌採取器により現地圃場における土壌飛散実態をモニタリングすることが可能である。土壌飛散は地上1 mでの高さの風速が10m/sになると起こり、土壌表面の水分と100 $\mu$ m以下の土壌粒子の量が影響している。また、土壌飛散抑制対策の効果はトンネル型の送風試験により評価できる。緑肥等の植物を風の向きに対して垂直に植えると土壌飛散抑制効果が見込まれる。緑肥を植える場合は、11月下旬以降に播種すると十分に生育しないこともあるため、11月上旬までに播種する必要がある。

キーワード：土壌飛散，黒ボク土，風食，緑肥，都市農地

簡略表題 土壌飛散の要因把握と評価法の作成

東京都農林総合研究センター研究報告 19 : 15-29, 2024

---

\* 著者連絡先：柴田彩有美 Email : s-shibata@tdfaff.com

## 緒言

都内畑地は住宅地に隣接している圃場が多く、営農にあたっては近隣住民への配慮が必要不可欠である。特に、秋作終了後の裸地圃場では、冬季に発生する強風により土壌飛散が発生し問題となっている。東久留米市では住民へのアンケート調査により「季節によっては土ぼこりなどで困る」と答えた人の割合が24%であり、土壌飛散への問題意識を持っていることが伺える（東久留米市，2016）。また、小松崎（2008）は飛散土と畑土を比較すると飛散土のほうが、石灰、カリ、リン酸および窒素分が畑土よりも高いことを指摘しており、土壌飛散が作物生産にも影響を及ぼす可能性がある。

都内畑地の93%は黒ボク土であるが（東京都農業試験場，1978）、黒ボク土は比重が軽いため、飛ばされやすいという特徴を持っている。東京都農林総合研究センター立川庁舎（以下、農総研）内で2018年12月1日から2019年3月18日までの間の風速を確認したところ、108日中71日で風速6 m/s以上の風を観測しており、真木（1985）は乾燥土壌では地表面から1 m高の風速が6～7 m/sで土壌粒子が浮遊し始めると述べていることから、都内畑地では冬季に土壌飛散が起きていると推察される（図1）。

土壌飛散に関する先行研究としてIKAZAKI et al.（2010）の西アフリカのサヘル地域でのモニタリング試験や千葉県八街市（溝口，2009）、埼玉県深谷市（関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所，2007）などで土壌の飛散状況を調査している事例があるが、これらの地域は広大な農地に風が吹き抜ける条件であることから、都内畑地とは周辺環境が大きく異なる。

これまで都内の一部地域では冬季の緑肥栽培や障壁の設置などによる土壌飛散対策が行われてきたが、土壌飛散を評価する手法が未検討のため、それらの効果が明確ではなく、本格的な導入が進んでいない。特に冬季の緑肥栽培は、表面を直接覆うため、飛散防止に効果が高い手法と考えられるが、都内において土壌飛散の防止に適した品種についての報告はない。

そこで本研究では都内黒ボク土畑において土壌飛散が起こる要因を明らかにし、各種圃場管理の違いによる土壌飛散防止効果の検証することで都内における土壌飛散を評価するための手法を作成すること

を目的とした。また冬季の緑肥栽培に適した品種の選定も併せて行った。

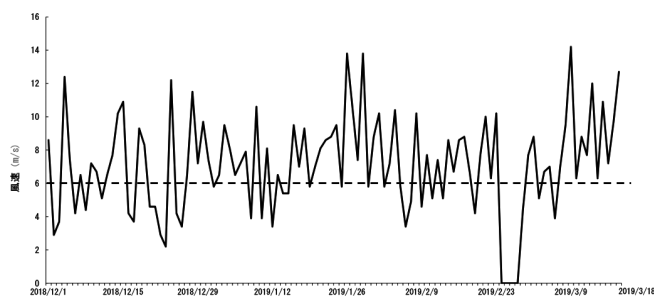


図1 農総研内で確認された日別最大瞬間風速 (m/s)

## 材料および方法

### 1. 都内畑地における土壌飛散の実態調査

#### (1) 土壌採取器の作成

A.E.MOHAMMED et al.（1996）の開発したコップ型土壌採取器を改良し、飛散する土壌を高さ別に採取でき、容易に作成・設置・回収できる土壌採取器を試作した（図2）。高さ9 cmのプラスチックカップを重ねてカップ毎に土壌を回収できる構造とし、カップとカップの間は、3 cmに切断した塩化ビニール丸棒で高さを出すことで、風向きに関係なく高さ別の土壌を採取できる構造である。作成した土壌採取器の有用性を検証するため、予備試験として2020年2月6日15時から2月7日9時まで農総研内黒ボク土圃場に設置し高さ別の土壌量を秤量した。その結果、高さ別に土壌が採取できたため、現地調査でも使用可能と判断した（図3）。現地調査では土壌採取器を複数個作成するため、より安価になるようプラスチックカップを樹脂製のインサートカップ（高さ8 cm）に、塩化ビニール丸棒を穴あきゴム栓（高さ3 cm）に変更した。

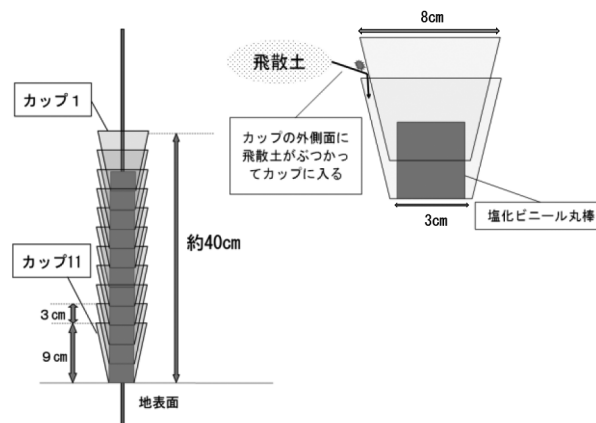


図2 コップ型土壌採取器

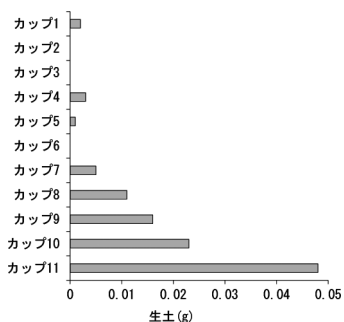


図3 高さ別土壌採取量 (予備試験)

(2) 現地調査圃場の選定

冬季に裸地となる黒ボク土畑を対象とした。調査圃場は、市街化調整区域内農地約55haがまとまって存在し、周囲の施設等によって風に遮られることなく、風食の影響が大きいと考えられる武蔵村山

市残堀・中原地区（多摩開墾）内の1圃場（以下、武蔵村山）、住宅地に囲まれている立川市と国分寺市の2圃場を選定した（以下、立川、国分寺）（図4、表1）。

(3) 現地実態調査

2021年2月2日～3月2日の1ヵ月を調査期間とした。2016年から2020年の1月から3月までの府中アメダスデータ（気象庁，2023）より冬季の最多風向は北北東であることが確認されたため、北北東から南南西にかけて直線状になるように土壌採取器を各圃場4個ずつ設置した。週に1回、土壌採取器に溜まった土を回収し、105℃で6時間以上乾燥した後重量を秤量した（図5）。また、圃場の中央には風速カップの位置が地表面から高さ1mになるよ



図4 現地実態調査（左：武蔵村山 中央：立川 右：国分寺）

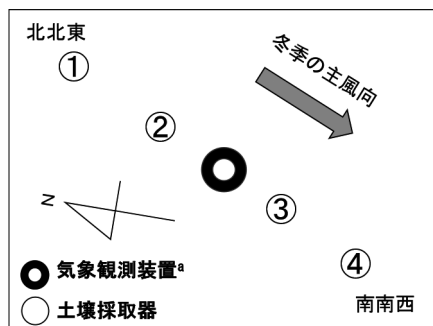


図5 現地実態調査の圃場設置図  
a) 高さ1mに設置

表1 現地実態調査圃場詳細

地点	圃場面積 (南北×東西)	周囲の環境
武蔵村山	10a (50m×20m)	多摩開墾に位置し、畑周囲を防風対策として茶の木で囲っている（高さ50～100cm）。
立川	23.7a (70～80m×30m)	周囲は住宅に囲われており、圃場北側に間口10m程度の何も建っていない箇所がある。
国分寺	2.9a (17m×17m)	南北に長い圃場の一角を使用した。圃場全体は70a（35m×200m）ある。東西は住宅に囲われている。

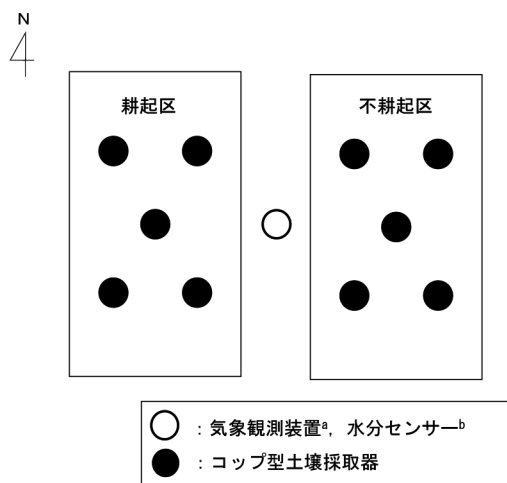


図6 農総研内実態調査の圃場設置図

- a) 高さ1mに設置
- b) 深さ10cmに設置

うに気象観測装置 (DAVIS社, Vantage VUE) を設置し、10分毎の風速、風向を測定した。なお、調査前後には圃場の15cm深の土壌を採取し、土壌物理性測定法 (1972) に従い水中篩別法による団粒分析を行った。

#### (4) 農総研内実態調査

現地実態調査では、風速と土壌採取量の関係について調査を行ったが、土壌水分との関係についても調査する必要がある、また現地圃場では春作準備の都合上3月中旬以降の調査が難しかったため、農総研内の黒ボク土畑を用いて、2022年1月12日～4月5日までの約3ヵ月間、調査を行った。調査は週1回耕起を行っている「耕起区」と不耕起で管理している「不耕起区」の2圃場とした。各区均等になるように5地点にコップ型土壌採取器を設置し、週1回カップ内に溜まった土を回収し、105℃で6時間以上乾燥した後に重量を秤量した (図6)。併せて表層約1cm深と15cm深の土壌をそれぞれ採取し土壌水分を測定した。また両試験区の間気象観測装置と水分センサー (Decagon社製, EC-5) を設置し、10分毎の風速、風向および土壌水分を測定した。

## 2. 圃場条件と飛散量の関係

### (1) 実験系の構築

周囲からの風の影響を考慮し、周囲をビニールで覆ったトンネル型の実験系を作成した (図7)。試験区 (70cm×70cm) の前方から送風機 (makita社製, 送排風機 MF302), 試験区後方にはプラトレイ (77cm×31cm×15cm) を地面に埋め、その更に後方に、集塵機のダクトの口が高さ50cmになるように集塵機 (makita社製, 集じん機 (粉じん用) 411 (P)) を設置した。飛散土壌のうち、地表面を転がりながら移動する移転土と地表面をジャンプしながら移動するJump土をプラトレイで、風に浮遊し地上に落下しない飛土を集塵機で回収した (Jamesa and Croissant, 1994)。風速条件は「強風」、「弱風」の2条件設定し、強風区は2019年の府中アメダスデータの最大瞬間風速16.8m/sを、弱風区は土が飛び始めるといわれる風速6m/sを、粗度長0.5cmとして試験区内での風速測定位置である高さ15cmに換算し、それぞれ7.6m/s, 3.9m/sとなるよう送風口にネットやテープを貼って調整した (気象庁, 2023; 真木, 1987)。作成した実験系を用いて、予備試験として耕起、不耕起および灌水の3試験区で送風試験を行った。その結果、すべての管理方法で弱風条件下より強風条件下で多くなること、また耕起、灌水、不耕起の順に少なくなることが確認できたため、以降の試験で使用可能と判断した (図8)。

### (2) 試験区の設定

耕起・不耕起・マルチの3つの圃場管理と灌水の有無、風速条件を組み合わせると12試験区を設けた。耕起区は試験区全体を前日に耕起し、不耕起区は1ヵ月以上不耕起で管理をした。マルチ区は送風方向と平行に試験区の半分をマルチで覆った。灌水区は2mm相当の降水を想定し、1区画あたり1Lの水を試験直前に散水した。

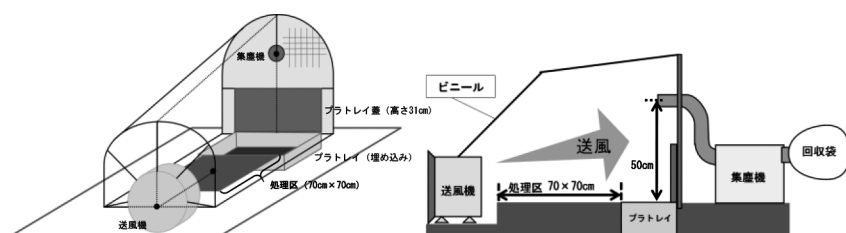


図7 トンネル型実験系



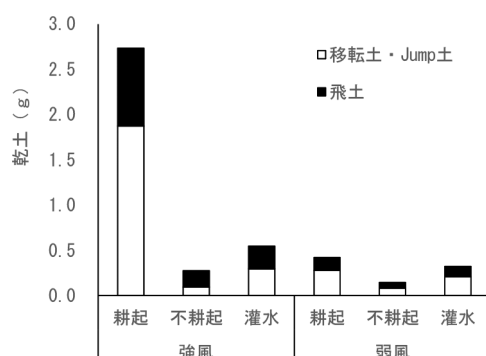


図8 トンネル型実験系による送風試験結果（予備試験）

### (3) 送風試験

2022年3月10日、11日に農総研内の黒ボク土畑で(1)で作成した実験系を用いて送風試験を実施した。試験区の前方に設置した送風機から試験区中央の地表面に向かって5分間送風し、プラトレイと集塵機で回収した土をそれぞれ秤量した。試験開始時には実際の風速を確認するため試験区中央高さ15cmに風速計を設置し、1回/30秒、計10回の風速を測定し平均値を算出した。また、送風後に弱風区表面約1cm深の土壌を採取し、土壌水分を測定した。試験は各3連制で行った。

### (4) 粒径分析

圃場管理方法の違いで土壌の粒子径がどのくらい変化したかを確認するため、(2)の試験後の弱風条件下の処理区から、表層約1cm深の土壌を採取した。土壌は風乾後、2mmの篩を通し、土壌物理性測定法(1972)に従い水中篩別法により団粒分析を行った。各処理区3試料についてそれぞれ3反復で分析した。また、(3)の試験区で「強風、耕起有、灌水無」の条件で送風試験を行った後の表層約1cm深の土壌と送風試験で採取した土壌(プラトレイ、集塵機)をレーザー回折法により分析した。

レーザー回折法の前処理として、処理区表面の土壌には粒径が大きい粒子が含まれていたため、500 $\mu$ mの篩に通し、通過したものを測定に用いた。試料の再現性を確認するため、3試料についてそれぞれ2反復で分析した。なお、レーザー回折法による分析は島津テクニクス株式会社に委託した。

## 3. 冬季における緑肥の生育量調査

土壌飛散対策の一つとして考えられる冬季の緑肥について、品種の選定を目的として生育調査を行った。冬季の土壌飛散防止に適した品種という観点で選定を行うため、播種時期は秋作終了後の畑を想定し、10月中旬、11月上旬、11月下旬とし、1週ごとの植物が地面を覆っている割合(以下、植被率)を調査した。試験は2019年と2020年に農総研内黒ボク土畑で実施した。

### (1) 供試品種

土壌飛散を抑制するためには強風が吹く1月～3月までの間に地面を覆っている必要があるため、品種は低温に強い、または初期生育が速い3種の緑肥(ライムギ、エンバク、ヘアリーベッチ)計8品種を選定した(表2)。

### (2) 2019年度試験

処理区は1 $m^2$ とし、推奨施肥量を化学肥料で施用した。2019年10月15日、11月5日、11月25日の3時期に推奨播種量の最大量播種し、2020年3月5日まで栽培した。調査は1週毎に試験区を上方から撮影し、Adobe Photoshopを用いて、植被率を求めた。また、栽培終了時に地際部で植物体を刈り取り、地上部重を測定した。

表2 供試品種

処理区	品種	メーカー	特性 <sup>a</sup>	推奨播種量 (kg/10a)
ライムギ1	R-007	雪印	初期生育が早く、遅くまで播ける中晩生品種。	6~8
ライムギ2	ライ太郎	タキイ	低温条件下で発芽が早く、初期生育が非常に旺盛な極早生品種。	8~10
ライムギ3	春一番	雪印	耐寒性に優れた極早生品種。早春より生育旺盛で早期に多収となる。	6~8
エンバク1	たちいぶき	タキイ	極早生品種、耐倒伏性に優れる。	8~10
エンバク2	とちゆたか	雪印	初期生育が良好な中生品種。直立型で間作利用に適する。	6~8
エンバク3	極早生スプリンター	タキイ	極早生品種。直立型で草丈高く、茎葉も多い。	8~10
ヘアリーベッチ1	藤えもん	雪印	低温伸張性に優れた早生品種。生育が早い。	3~5
ヘアリーベッチ2	まめ助	雪印	早生品種。初期生育が旺盛。	3~5

a) 種苗会社資料抜粋

### (3) 2020年度試験

年次変動を確認するため、2019年度試験で有望と考えられたライムギ2区、ライムギ3区、エンバク2区について(2)と同様の試験を行った。2020年10月20日、11月10日、11月25日の3時期に播種し、2021年3月3日まで栽培した。

## 4. 土壌飛散防止策の検証

2022年3月10日から11日にかけて農総研内の黒ボク土畑において、土壌飛散しやすい状況下で土壌飛散抑制策がどの程度効果あるか、2.の送風試験で使用了実験系を基に検証した。なお、風速は強風条件で試験した。

### (1) 試験区

試験区は耕起区、不耕起区、緑肥全面区、緑肥平行区、緑肥垂直区、障壁平行区、障壁垂直区および団粒促進剤区の計8処理区とし、1区あたり100cm×70cmで実施した(表3)。耕起区は試験前日に全面耕起し、不耕起区は試験前約4ヵ月間不耕起で管理した。緑肥区は緑肥を全面に栽培した緑肥全面区、送風方向と平行に1条栽培した緑肥平行区、送風方向と垂直に1条栽培した緑肥垂直区の3試験区設け、ライムギ「春一番」を2021年11月12日に播種した。障壁区は送風方向と平行に高さ5cmの波板を地面に埋め込み設置し、障壁平行区、垂直に設置した障壁垂直区の2試験区設けた。団粒促進剤区は団粒促進による土壌表面の団粒化を進めることを想定して2021年11月12日に団粒促進剤「EB-a」(林化学工業株式会社)を推奨施用量(20L/10a)施用した。

### (2) 試験方法

2.(1)の試験に準じて送風試験を行った。送風時間は5分とし、プラトレイと集塵機でそれぞれ土を回収し重量を秤量した。また緑肥全面区以外の処理区は送風後の処理区の表層約1cm深の土壌を採取し、水分を測定した。緑肥全面区は処理区全体が緑肥で覆われており測定できなかったため省略した。風速は試験終了後、緑肥平行区と障壁平行区以外では処理区出口の中央部、緑肥平行区と障壁平行区は緑肥や障壁がない場所で測定した。

## 結果

### 1. 都内畑地における土壌飛散の実態調査

#### (1) 現地実態調査

高さ別に回収された土壌採取量は、すべての圃場で地表面から高さ26cmのカップ6までで9割を占めた(図9)。圃場別では立川の採取量が最も多く、国分寺、武蔵村山の順となった。また、圃場によって週ごとの変動傾向は異なり、武蔵村山は2週目が、立川は2週目と4週目が、国分寺では4週目が多くなった(図10)。武蔵村山と国分寺では圃場内の土壌採取器設置地点ごとに採取量に差はみられなかった(データ省略)。一方、立川では隣接する住宅や北側開口部の影響から3週目までは、北側2つの土壌採取量が8割を超え北側でより多く飛散が起きていたが、4週目は北側で6割、南側で4割となりその差が小さくなった(表4)。調査中の日別最大瞬間風速は、府中のアメダスと概ね同様の傾向を示し、圃場間で極端に風速の違いはなかった(図11)。また、黒ボク土が空気中に飛散し始めると言われる

表3 試験区

処理区	処理内容
①耕起	前日に耕起
②不耕起	2021年11月10日から4ヶ月間不耕起で管理
③緑肥全面 <sup>a</sup>	全体にライムギ「春一番」を栽培
④緑肥平行 <sup>a</sup>	送風方向と平行にライムギ「春一番」を1条栽培
⑤緑肥垂直 <sup>a</sup>	送風方向と垂直にライムギ「春一番」を1条栽培
⑥障壁平行	送風方向と平行に障壁を設置
⑦障壁垂直	送風方向と垂直に障壁を設置
⑧団粒促進剤	全体に団粒促進剤(EB-a)を処理(20L/10a)

a)播種日：2021年11月12日

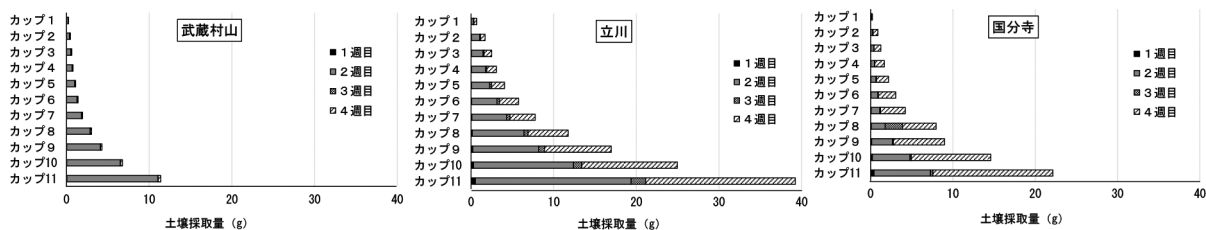


図9 高さ別土壌採取量（4地点の合計）

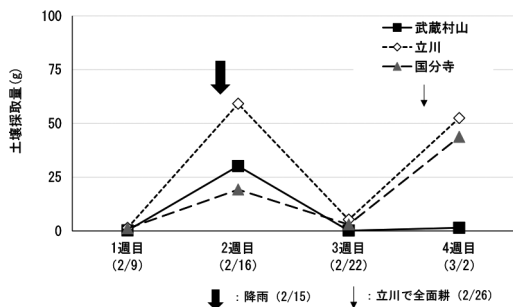


図10 圃場別土壌採取量

表4 土壌採取器設置地点ごとの土壌採取割合（立川）

	1週目	2週目	3週目	4週目
①	50%	19%	43%	41%
②	38%	61%	48%	21%
③	6%	8%	6%	13%
④	6%	11%	2%	25%

a) 設置地点は北から①→②→③→④

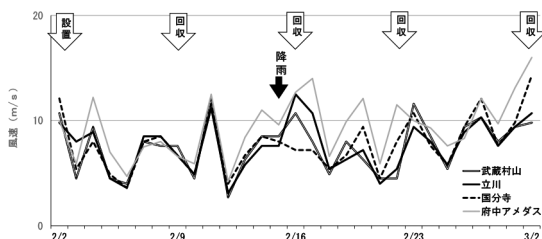


図11 調査期間中の最大瞬間風速

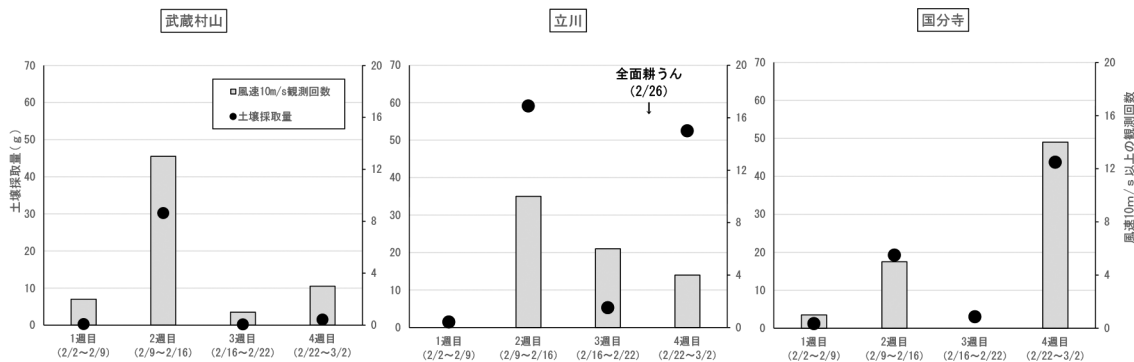


図12 土壌採取量と風速10m/sの観測回数

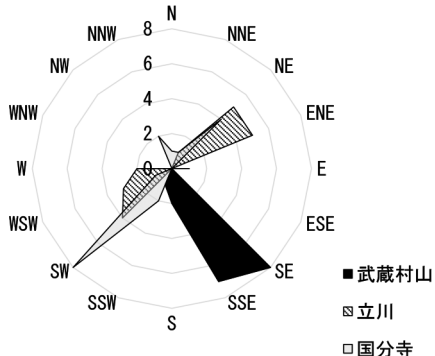


図13 風速10m/s以上の風の風向と回数

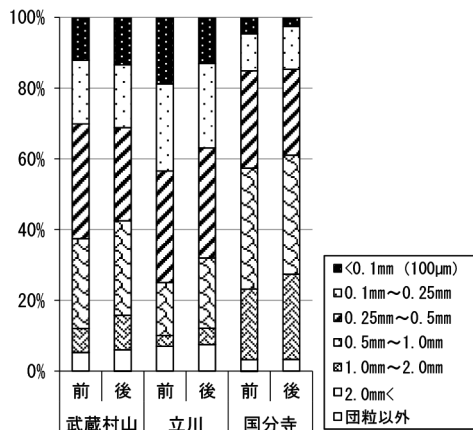


図14 現地圃場土壌の団粒分布

風速 6 m/s 以上の観測回数は 3 週目まで同程度で、4 週目に 3 倍以上となったが、期間別の土壤採取量の推移とは一致しなかった (データ省略)。一方、風速 10m/s 以上の風は、全ての圃場で 19~20 回観測され、武蔵村山と国分寺では土壤採取量の推移と一致したが、立川では一致しなかった (図 12)。また、周辺の建物等の影響から圃場ごとに風向の違いがみられ、風速 10m/s 以上の最多風向は武蔵村山で南東、立川で北東と東北東、国分寺で南西となった (図 13)。団粒分析の結果、調査前後で団粒の割合に大きな違いはみられなかったが、圃場間では違いがみられ国分寺は他 2 圃場よりも 0.1mm 以下の割合が少なかった (図 14)。

(2) 農総研内実態調査

3 月中旬までの土壤採取量は両区とも 5 g 未満と少なかった (図 15)。3 月 22 日以降に採取量は多くなったが、耕起区と不耕起区で土壤採取量に差はみられなかった。期間中に風速 10m/s 以上となったのは 2 月 27 日と 3 月 25~26 日の 2 期間のみであった。3 月 25 日の土壤採取量が最も多くなったが、これは 3 月 25~26 日の間に観測された強風によるものであると考えられる。また、3 月 22 日と 4 月 5 日の採取量の増加は、3 月 18~19 日および 4 月 3~4 日の降雨により跳ね上られた土を測定した可能性がある。なお、耕起の有無で土壤水分に差はみられず、水分センサー (10cm 深) の値と 15cm 深の土壤水分は 25% 程度までしか下がらなかつたのに対して、約 1 cm 深の水分は 10% 以下にまで低下した (図 16)。

2. 圃場条件と飛散量の関係

(1) 圃場条件と飛散量の把握

試験開始時の風速の平均値は強風区 6.9m/s, 弱風

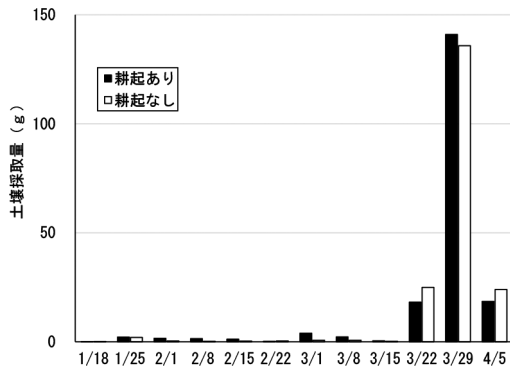


図 15 農総研サンプリングでの土壤採取量 (5 地点合計)

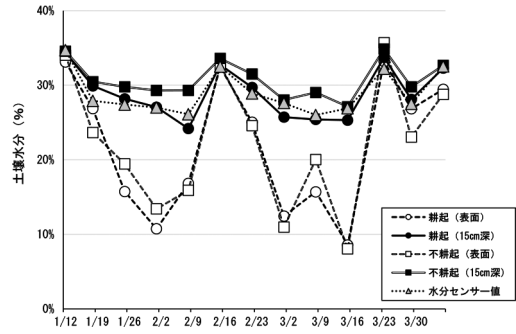


図 16 調査期間中の土壤水分

区 4.7m/s となり強風区は設定風速である 7.6m/s より弱く、弱風区は設定風速 3.9m/s より強くなった。また、灌水区では、灌水無区と比較して土壤水分が約 10% 上昇した (表 5)。

プラトレイ採取土は弱風条件では、すべての区で 1 g 未満であった (図 17)。強風条件では、灌水無区で採取量が多く、特に耕起との組み合わせが多かった。集塵機採取土は弱風条件では、いずれの区も採取量は 0.1g 未満であったが、強風条件では、

表 5 送風後の土壤水分

試験区	土壤水分 (%)
灌水なし 耕起	23
灌水なし 不耕起	24
マルチ	23
灌水あり 耕起	36
灌水あり 不耕起	34
マルチ	35

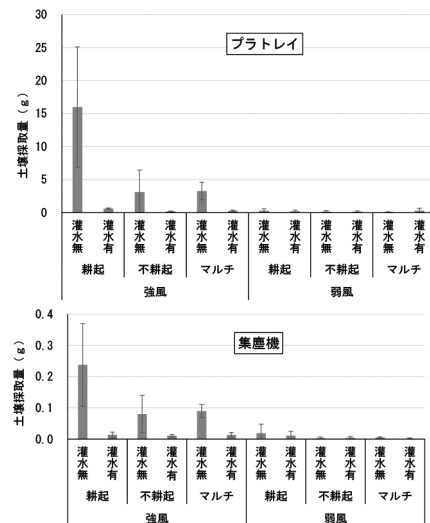


図 17 土壤管理方法及び風速の違いによる土壤採取量 (平均± S.D)



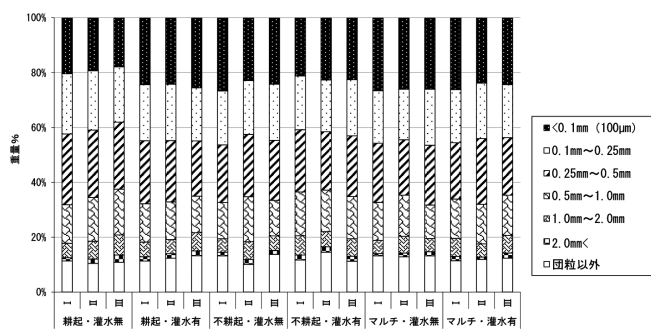


図18 送風試験各区の土壌団粒分布（重量基準）

ラトレイ採取土と同様に灌水無区で採取量が多く、特に耕起との組み合わせで多かった。

(2) 飛散土壌の粒径

団粒分析の結果、100µm以下の割合は18～27%であった（図18）。

レーザー回析法により500µm以下の土壌粒子についての粒度分布を測定した結果、プラトレイと集塵機で回収した土壌の90%径は100µm以下であったことから、飛散土壌の大部分は100µm以下の粒子であると考えられる（表6）。また、プラトレイ回収土は、土壌表面土と粒径分布の違いがみられず、最も多かった土壌径（モード径）は19～29µm径であった。一方、集塵機回収土は、表面土壌より粒径が大きく、最も多かった土壌径は60µm程度で

あった。

3. 冬季における緑肥の生育量調査

(1) 2019年度試験

ライムギ2はすべての播種時期で植被速度が早かったが、10月中旬播種では、2月中旬より出穂が始まった（図19）。次いでライムギ3，エンバク1の植被速度が速かった。ヘアリーベッチはいずれの播種時期でも植被速度が遅かった。

地上部の生育はライムギ2がすべての播種時期で最も旺盛であった（図20）。また、10月中旬播種ではライムギ2に次いでライムギ1，3およびエンバク1，3の生育量が多く、11月上旬，下旬播種ではライムギ3の生育量が多かった。ヘアリーベッチは、全ての播種時期で他の草種と比較して地上部の生育が劣った。

(2) 2020年度試験

10月中旬播種では、2019年と同様に播種後5週ですべての品種の植被率が80%に達し、速やかに地表面が覆われた（図19）。11月上旬播種では、2019年よりも生育は遅れ、収穫調査時の植被率はエンバク1が37.7%に留まったものの、ライムギ2品種は80%を超えた。11月下旬播種も2019年よりも植被速度が遅く、エンバク1は収穫調査時でも植被率が

表6 飛散土壌の粒度分布（体積基準）

各区平均	メディアン径 <sup>a</sup> (µm)	モード径 <sup>b</sup> (µm)	平均値 (µm)	90%径 <sup>c</sup> (µm)
土壌表面-I	9.7	19.0	9.2	46.0
土壌表面-II	10.4	19.0	9.7	50.6
土壌表面-III	9.0	19.0	8.4	39.8
プラトレイ-I	10.2	19.0	9.3	43.7
プラトレイ-II	13.8	28.9	11.6	54.7
プラトレイ-III	9.8	19.0	9.4	50.7
集塵機-I	42.4	62.5	24.4	98.8
集塵機-II	40.3	62.5	24.9	89.3
集塵機-III	42.2	62.5	25.5	98.6

a)メディアン径：50%粒子径

b)モード径：最も頻度が多かった粒子径

c)90%径：積算%の分布曲線が90%の横軸と交差するポイントの粒子径

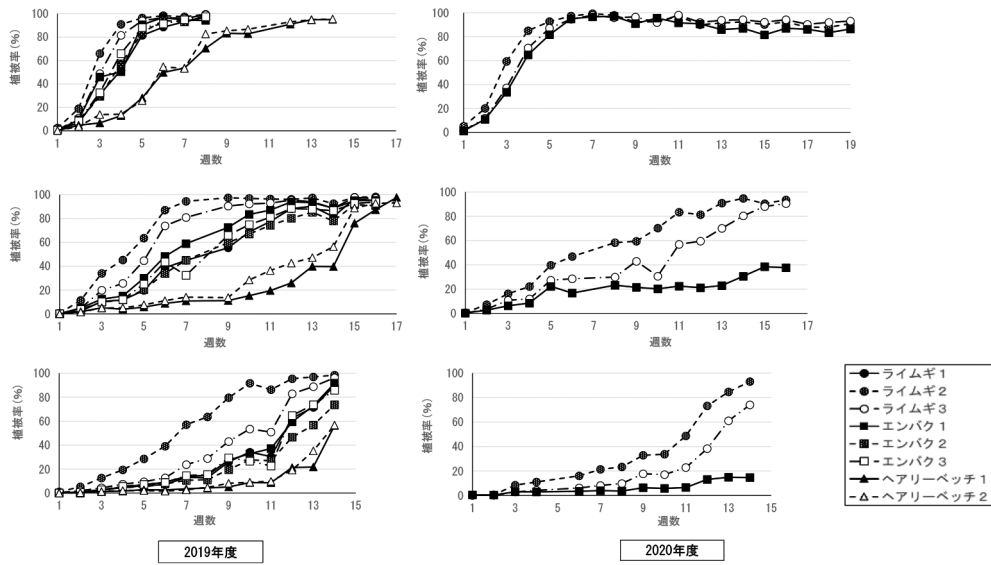


図19 栽培期間中の植被率推移

a) 上段：10月中旬播種，中段：11月上旬播種，下段：11月下旬播種

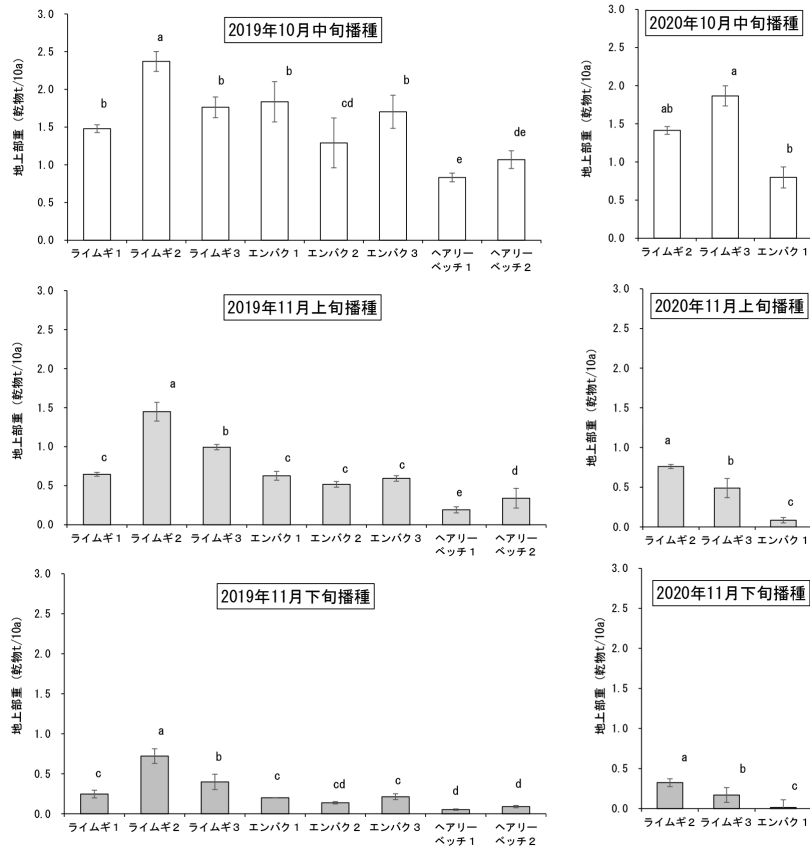


図20 緑肥の地上部重  
(平均± S.D.) (Turkey,  $p < 0.05$ )

15%程度であった。ライムギ 2 品種は播種後11週以降に植被速度が上昇し、収穫調査時にはライムギ 2 で93%、ライムギ 3 で74%まで達したが、土壌飛散をもたらす強風は1月以降に多く吹くことから、11月下旬播種では植被速度が遅く、土壌飛散対策として不十分となる可能性がある。

地上部重は2019年度試験より全ての品種で劣った(図20)。10月中旬播種ではライムギ 2 品種は同等に生育したが、エンバク 1 は生育が劣った。また、2019年にはライムギ 2 で出穂が確認されたが、2020年には出穂しなかった。11月上旬、下旬播種ではライムギ 2 が最も良好に生育した。

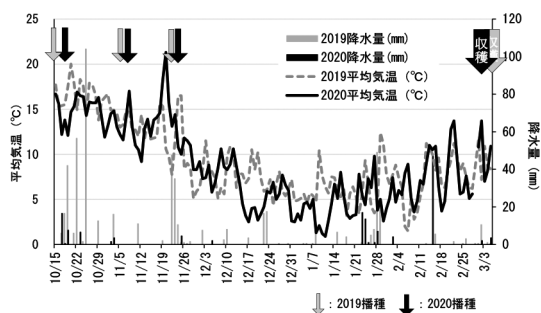


図21 栽培期間中の平均気温と降水量 (府中市, 気象庁 HP より)

栽培期間中の気象条件を2019年と比較すると、2020年は降水量が少なく、12月に平均気温が5℃を下回る日が多く、気象条件の違いが生育に影響したと考えられる(図21)(気象庁, 2023)。

#### 4. 土壌飛散防止策の検証

送風後の土壌水分は耕起区で最も高く23.8%であった(表7)。これは、前日の耕起により、下層土との混和で一時的に土壌水分が上昇したことが要因と考えられる。その他の区は10%程度と低かった。

処理区出口の風速は耕起区における風速を100%とすると緑肥全面区の抑制効果が最も高く、95%抑えられていた(図22)。次いで緑肥垂直区、緑肥平行区の順となり、緑肥垂直区においても92%抑えられていた。障壁でも同様の傾向がみられたが緑肥と比較すると抑制効果は低かった。不耕起区、団粒促進剤区は耕起区との風速の違いはみられなかった。

土壌採取量は障壁平行区で最も高くなった(図23)。次いで不耕起区、団粒促進剤区の採取量が多くなり、その他の区ではほとんど採取できなかった。

### 考 察

#### 1. 都内畑地における土壌飛散の実態調査

A.E.MOHAMMED et al. (1996) が開発したコップ型土壌採取器を改良し、簡単に入手可能な市販のみで作成したところ、1器あたり約3,000円で作成することが可能となった。土壌採取器はカップを積み上げて間にスペーサーを挟むことですき間を作り、風向きに関係なく全方位からの土壌が高さ別に採取できる構造となっている。この土壌採取器を圃場に設置したところ、高さ26cmまでで全体の採取

量の約9割を占めたことから、これまでの「飛土の90%は地表面から20~25cmの高さでとらえられる」という報告とも一致する(土壌物理性測定法, 1972)。今回作成したコップ型土壌採取器は高さ35cmまでの飛散量をモニタリングできるが、土壌飛散は地上から25cmまでで9割を占めると考えられるため、圃場全体の土壌飛散量の傾向把握が可能である。

次に、作成した土壌採取器を用いて、都内畑地における土壌飛散の実態調査を行った。その結果、土壌飛散量は調査圃場ごとに異なっていたが、武蔵村

表7 送風試験後の土壌表面水分

区	土壌水分 (%)
①耕起	23.8
②不耕起	10.4
④緑肥平行	9.9
⑤緑肥垂直	10.5
⑥障壁平行	7.9
⑦障壁垂直	8.2
⑧団粒促進剤	8.0

※緑肥全面区は土壌表面の水分を測定できなかったため除外

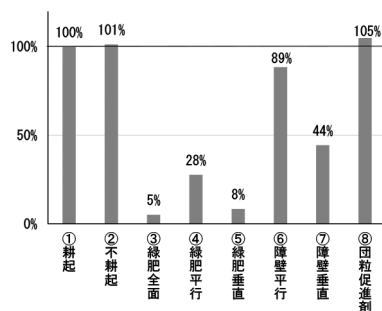


図22 処理の違いによる風速割合

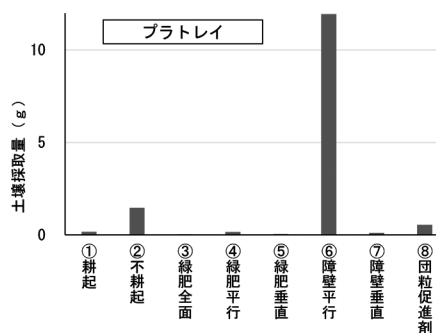


図23 土壌飛散防止策ごとの土壌採取量

山と国分寺の土壌採取量の増減と風速10m/s以上の回数の傾向が一致し、風速10m/s程度の風が吹くことで土壌飛散が起こる可能性が示唆された。立川では、1～3週目までは圃場に設置した4つの土壌採取器のうち、北側2つでの採取割合が多かったことや、最多風向が北東であったことから、圃場の北にある開口部から風が吹き、土壌飛散が起こっていると考えられる。また、4週目は北側と南側で土壌採取量に差がみられなかったが、これは3週目と4週目の間に除草を目的として圃場全体を耕耘したため、この際に舞い上がった土が混入したものと推定した。期間中は2月15日に降雨を観測しており、立川での3週目の採取量が少ない要因の一つと考えられる。

日別最大瞬間風速は、いずれの圃場でも府中のアメダスと概ね同様の傾向を示し、圃場によって極端な風速の違いはなかったが、最多風向は異なっており、圃場の向きや開口部の影響が考えられる。しかし、いずれの圃場でも風速10m/s以上の観測回数は19～20回となったにもかかわらず、圃場間で土壌飛散量が大きく異なった理由は判然としなかったが、土壌飛散量の最も少なかった武蔵村山では防風対策として周囲を高さ50～100cm程度の茶の木で囲っており、地表面付近の風速は他2圃場よりも抑えられていた可能性がある。

また、土壌飛散は風速以外にも複合的な要因が関与しており、そのうちのひとつである土壌団粒の粒径分析を行った。調査の前後で各圃場の団粒割合に大きな違いはみられず、1ヶ月のモニタリング期間中に飛散した土は圃場全体からすると微量であると考えられる。一方、圃場間では団粒の割合に違いがみられ、国分寺は他の2圃場よりも0.1mm以下の粒子の割合が少なく、土壌団粒が発達していた。園主への聞き取りによると国分寺では定期的に馬糞堆肥を施用しており、団粒化が促進されていると考えられ、他2圃場と比較すると飛散しにくい土壌であると推察されるが、本試験では団粒化による土壌飛散防止の効果は判然としなかった。

現地での土壌飛散モニタリングでは風速と飛散量の関係を解明することを目的として調査を行ったが、土壌の飛散には土壌水分や耕耘の有無も関係すると考えられるため、農総研内の圃場を用いてさらに検討を進めた。期間中は3月中旬まで両区とも土壌採取量が少なく、風速10m/sを超える風も観測されなかったことから2020年度の現地実態調査と比べ

て土壌飛散が起こりにくい環境であったと考えられる。3月22日以降の採取量は多くなったが、耕起区と不耕起区で採取量に差はみられず本試験では耕起の有無による飛散量の違いは判然としなかった。土壌飛散には土壌表面の水分が関係するが、土壌表面の水分は都度直接土壌をサンプリングして計測する必要があり、連続的な測定が困難であるため圃場に差し込む水分センサーの値で代替できないかと考え設置した。水分センサーの値は25%程度までしか下がらず、降雨後など土壌中の水分が高い場合は、表層の土壌水分と水分センサーの値には大きな差はみられなかったが、土壌表面が乾いている時には大きな乖離がみられた。そのため土壌水分センサーの値を、土壌の飛散しやすさの指標とするのは難しいと結論づけた。2年間の現地圃場調査から、今回作成した採取器と気象観測装置をセットで圃場に設置することで、圃場での風向きや飛散の傾向をモニタリングでき、どのような状況で飛散が起きていたか推察することが可能となった。また、今回の農総研内モニタリングでは激しい降雨の際、地面からの跳ね返りにより土が土壌採取器中に飛び込み、晴天時よりも土壌採取量が増えたことから、本採取器を土壌飛散モニタリングに使用する場合、荒天時には圃場から採取器を引き上げる等の対策が必要である

## 2. 圃場条件と飛散量の関係

次に圃場条件の違いで土壌飛散量がどのくらい変わるかを調べるための送風試験を行った。この実験系では、プラトレイは地表面から高さ31cmまでの移転土とJump土を、集塵機では飛土を回収することができる。送風試験の結果、弱風区では全ての試験区で土壌採取量は1g未満とほとんど飛散せず、灌水をした区では風速条件に関わらず土壌採取量は1g未満であった。耕起と不耕起では耕起をした場合の飛散量が多く、耕起をすることで、団粒構造が破壊され細かな粒子が増え、通気性が高まり乾燥が進んだためと考えられた。これらのことから、風速条件と土壌水分条件の両方を満たした場合に土壌飛散が起こると推定される。また、本試験での強風区の風速6.9m/sを粗度長0.5cmと仮定し高さ1mに換算するとおおよそ10.8m/s程度になり、現地実態調査での風速10m/sを超えると土壌飛散が起こるという結果と一致した。

次に、飛散する土壌の粒子について粒径分析を行った。まず、圃場管理による粒径分布については、

1. の現地調査の国分寺の圃場のように極端に0.1mm以下の粒子が少ない試験区はみられなかった。一方、強風、耕起有、灌水無区の送風試験により回収した土の粒子径をレーザー回析法により測定したところ、プラトレイで回収した移転土とJump土のモード径は29 $\mu\text{m}$ となったのに対して、集塵機で回収した飛土のモード径は60 $\mu\text{m}$ 程度となった。この理由として、集塵機に取り付けた不織布製の袋から刷毛で土壌粒子を回収し分析に供したため、不織布表面に付着、あるいは不織布を通り抜けて系外に出てしまった細かい土壌粒子がうまく回収できていなかった可能性が考えられ、飛土を回収するためには実験系の更なる改良が必要である。しかし、土壌の飛散では地表面から30cm以内で9割以上の粒子が飛散しており、プラトレイで回収した土の量で飛散しやすさは判断できると考えられるため、本実験系をその後の試験でも使用することとした。

### 3. 冬季における緑肥の生育量調査

冬季の緑肥について、2ヶ年に渡る生育調査の結果、いずれの期間でも供試品種の中でライムギ「ライ太郎」の植被速度が最も早く、生育量も多かったため、土壌飛散の防止に最も適した品種と考えられた。しかし、本品種は10月中旬播種では2月下旬頃から出穂してしまい、刈り取り時期によっては種が落ち、雑草化してしまう懸念があるため11月以降に用いるのが適していると考えられる。次に植被速度が早かった品種はライムギ「春一番」であり、「春一番」は10月中旬播種でも出穂が確認されなかったため、秋作終了後10月中に緑肥の播種が可能な場合は「春一番」を用いるのが良いと考えられた。2020年度試験の11月下旬播種では、播種10週後の2021年2月8日調査時点での植被率が「ライ太郎」で約34%、「春一番」では約17%であった。その後植被速度が上昇し、収穫調査時の3月3日時点ではライムギ「ライ太郎」で93%、ライムギ「春一番」で74%まで達したが、土壌飛散をもたらす強風は1月以降に多く吹くことから、11月下旬播種は植被速度が遅く、土壌飛散対策として不十分となる可能性があるとして推定された。また、2020年度では2019年度と比較して全体的に生育が劣った。これは、2020年度は2019年度と比較して12月の平均気温が低かったことや、降水量が少なかったことが原因として考えられる。以上の結果から、10月播種には生育が良好で、出穂しにくい「春一番」が、11月上旬播種では、植

被速度が速く、生育量が多い「ライ太郎」が有用であると考えられる。一方、11月下旬播種は、年によっては植被速度が遅く、土壌飛散をもたらす強風が吹く1月時点での植被が十分ではなく、土壌飛散対策としては不十分となる可能性がある。

### 4. 土壌飛散防止策の検証

土壌飛散しやすい状況下で土壌飛散抑制策がどの程度効果あるか検証することを目的として送風試験で使用した実験系を用いて送風試験を行った。送風後の土壌水分は耕起区以外では約10%で、土壌飛散が起りやすい条件であったのに対し、耕起区では23.8%となり土壌飛散が起りにくい条件であった。これは、試験前日に処理区内を耕起したことで表層土と下層土が混和され一時的に土壌水分が上昇したためと考えられる。なお、3. 圃場条件と飛散量の把握の送風試験では土壌表面の水分が23%程度でも飛散が起っていた。表層土壌の採取は、送風試験後の処理区全体から表層の乾燥した土壌のみを採取していたが、採取者ごとのハンドリングの違いにより下層土の湿った土が混入してしまった可能性や土壌深さ別の乾燥程度に違いがあった可能性があるため、土壌水分を飛散の指標とするには採取法について更なる検討が必要である。また、緑肥や障壁の設置によりどの程度地表面付近の風速を抑えられたか確認するため、処理区出口での風速を測定した。耕起区で測定した風速を100%とすると、緑肥全面区や緑肥垂直区、緑肥平行区、障壁垂直区では風速が90%以上抑えられていた。緑肥区と障壁区では、緑肥区の方が風速を抑える効果が高く、不耕起と団粒促進剤区は耕起区との違いは見られなかった。団粒促進剤区は団粒促進剤を処理区に散布することで土壌表面の団粒化を促進し、細かい粒子を少なくすることを目的として処理を行ったが、送風試験後の団粒分析において耕起区と100 $\mu\text{m}$ 以下の細かい粒子の量に差はなく効果は判然としなかった。耕起区と不耕起区では不耕起で管理をすることにより、耕起区と比較して土壌飛散が抑えられると予想して試験を行ったが、実際は耕起区の土壌水分が他の試験区より高くなったため、耕起区の飛散量のほうが少ない結果となった。一方、障壁平行区は土壌飛散量が最も多くなり、不耕起区と比較して8倍以上の飛散が確認された。しかし、障壁平行区の処理区出口の風速は、耕起区と比較して10%程度抑えられており、障壁付近で局所的に風が強くなり飛散量が多く

なった可能性がある。実際、圃場にて防風壁を設置する際は、圃場を囲むように設置し、風の向きに対して様々な入射角の障壁が存在することとなるため、全体としての土壌飛散は抑えられると考えられるが、今後更に検討する必要がある。本試験では緑肥全面区と緑肥垂直区での風速抑制効果が高く、土壌飛散防止策として特に有用であると考えられる。圃場に土壌飛散防止を目的として緑肥を導入する際には、圃場全体に播種することで土壌飛散防止に加えて土壌物理性の改善効果も見込めるが、労力や費用がかかる。都内における冬季の平坦な土地での最多風向は北北東であるため、今回の結果から、東西方向にすじ播きをすることで、土壌飛散防止に効果があると推定される。また、クリーンシーダー等を用いて条間1m程度ですじ播きをすることで、全面播種より省力化でき、十分な防風効果が見込めると考えられる。

本試験での成果をまとめると、現地実態調査で用いたコップ型土壌採取器を用いることで、現地圃場における土壌飛散の実態をモニタリング可能である。地上1mの高さで風速10m/s以上の風が吹くと土壌飛散は起こり、土壌表面の水分と100 $\mu$ m以下の土壌粒子の量が影響している。また、土壌飛散抑制対策の効果はトンネル型の送風試験により評価できる。緑肥等の植物を風の向きに対して垂直に植えると風を抑える効果が発揮され、土壌飛散抑制効果が見込まれる。土壌飛散の抑制を期待して緑肥を植える場合は、11月下旬以降に播種すると十分に生育しないこともあるため、11月上旬までに播種する必要がある。

## 謝 辞

本研究を行うにあたり、現地実態調査について多大なるご協力をいただいた中央農業改良普及センターの佐々木愛氏、松屋美穂氏、東京都病害虫防除所の菅原優司氏および生産者の皆様には、この場を借りて御礼申し上げます。

## 引用文献

Kenta IKAZAKI, Hitoshi SHINJO, Ueru TANAKA, Satoshi TOBITA, Shinya FUKUKAWA and Takashi KOSAKI (2010) Performance of an Aeolian Materials Sampler for the Determination of Amount of Coarse

- Organic Matter Transported during Wind Erosion Events in the Sahel, West Africa. *Pedologist*, 126-134
- 関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所 (2007) 利根川水系土地改良調査管理国営土地改良事業地区調査 榎挽地区 砂塵状況調査その他業務報告書
- 気象庁 (2023) 気象庁ホームページ「過去の気象データ検索」<https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php>, 2023年9月28日確認
- 小松崎将一 (2008) 農耕地における土壌風食の実態とカバークロープ利用によるその抑制. *農業および園芸* 83 : 1081-1090
- T. A. James, R. L. Croissant and G. Peterson (1994) Controlling Soil Erosion From Wind. <https://extension.colostate.edu/docs/pubs/crops/00518.pdf>
- 東京都農業試験場 (1978) 地力保全基本調査総合成績書. 東京都農業試験場. 東京. pp118-119
- 土壌物理性測定法委員会編 (1972) 土壌物理性測定法. 養賢堂. pp59-65, 429-437
- 東久留米市 (2016) 東久留米市農業振興計画. 東久留米. 東京. pp21
- 真木太一 (1985) 農地の保全と防災 (その3). *農土誌*53 : 713-719
- 真木太一 (1987) 風害と防風施設. 文永堂. 東京. pp20-21, 60-69
- 溝口 勝・三石正一・伊藤 哲・小島悠揮・深津時広・安川雅紀・喜連川優 (2009) フィールドサーバーによる土埃モニタリング. *ARIC 情報* No94 : 30-37
- A. E. MOHAMMED, O.D.VAN DE VEER, H. J. OLDENZIEL and C.J.STIGTER (1996) Wind tunnel and field testing of a simple sand catcher for sampling inhomogeneously saltating sand in desertified environments. *Sedimentology*. 43: 497-503.

## Soil dispersal contributing factors in Andosol fields in Tokyo and evaluation methods

Sayumi Shibata<sup>1</sup>, Saori Akagami<sup>2</sup>, Kosuke Sakamoto<sup>1</sup>, Seiya Chikamatsu<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center

<sup>2</sup>Tokyo Metropolitan Foundation for the Promotion of Agriculture, Forestry and Fisheries

<sup>3</sup>Tokyo Metropolitan Oshima Island Branch Office

### Abstract

A cup-type soil sampler can be used to monitor soil dispersal in field plots. Soil dispersal occurs when wind speeds at a height of 1 m above the ground reach 10 m/s and is affected by the soil surface moisture content and the number of soil particles less than 100  $\mu\text{m}$ . The effectiveness of soil dispersal control measures can be evaluated using a tunnel-type air blast test. Soil dispersal control can be expected when green manure is planted perpendicularly to the wind direction. Green manure should be planted in early November because it may not grow well if planted after late November.

Keywords: Soil dispersal, andosol, wind erosion, green manure, Urban Farmland

Bulletin of Tokyo Metropolitan Agriculture and Forestry Research Center, 19: 15-29, 2024

\*Corresponding author: s-shibata@tdfaff.com

