

風蝕に関する研究 (第1報) 作物収量と土壌におよぼす影響について

古野昭一郎・土山豊・茂木惣治・大島佑一

I 緒言

風蝕は地域的、時期的に限定されるため土壌肥料学的研究は少ない。しかし、全国的にみると海岸の砂地や内陸の火山灰土で強風の多い地域では風蝕は問題となり、小原¹⁾によれば風蝕激甚地では肥沃な表土は消失し地力は低下するという。那須²⁾は青森県下の台風による風蝕の実態を調査し、風蝕による表土の飛散は恐るべきものがあり、土壌中の粘土膠質物や有効成分が飛散し損失が大きいと報じている。風蝕防止対策として防風林、防風垣の設置をはじめ前作物の刈株利用、不整地播き、ドリル播き、牧草などの帯状栽培導入、ベントナイトなどの客土、灌水、畑の水田化などがあげられているが、これらの対策が作物生産におよぼす効果を総合的、かつ、長期にわたって検討した試験研究はきわめて少ない。

関東地方は軽しような火山灰土の分布が広く風蝕をうける畑地が広いといわれ、とくに北関東は冬季の季節風が卓越して全国的にも風蝕の著しい地域である³⁾。北関東のなかでも栃木県北部の那須山麓地域は受蝕畑地が広くこの地域で

は、すでに田中らの防風垣を中心とした研究、国分の風蝕に関する土壌肥料的研究があるが、筆者らは研究目標として第1に火山灰土畑を対象に風蝕と作物生産の関係を長期にわたって追求して、地力におよぼす影響を検討し、第2にその結果より風蝕防止対策を明らかにすることに努めた。昭和38年より開始し現在も継続しているが、設計した第1期輪作が終了し一応の成果をえたのでその結果を総括して報告する。本報告は農林省による地力保全調査事業のなかの地力変動観測調査結果からえられたものである。

本研究の実施にあたり新飛土捕集器の考案を農業技術研究所久保祐雄室長、上村賢治技官に御願した。両氏に深く感謝の意を表する。

II 調査期間および調査地の概況

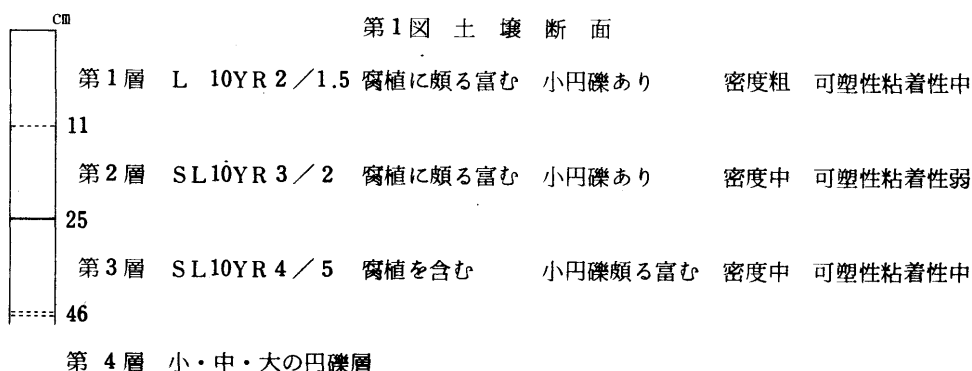
(1) 調査期間

昭和38年冬から開始し43年まで6ヶ年つづけた。

(2) 調査地の概況

a 位置

栃木県那須郡黒磯町埼玉 栃木県農業試験場



黒磯分場 標高343m

b 気象概況

年平均気温12.8℃ 年降水量1470mm

冬期の降雨量は月平均約20～40mmで少なく北西季節風が吹き風速5%以上ある日が40日前後ある。

C 試験圃場の概況

試験区総面積12a，試験区周辺の草生地面積43a，合計面積55a

昭和37年秋から38年にかけて雑木林地を人力で開墾した圃場であり，土壌は第1図に示した土壌断面にみられるように，表土は腐植質火山灰土で下層は洪積世堆積の円礫層となるが，場所によって礫層までの厚さはやゝ異なる。

Ⅲ 調査方法

試験圃場内に12処理の試験区を設置し，風の変化・飛土の捕集，地表面の変化・土壌の理化性および栽培作物の収量を調査した。

(1) 試験区および試験区の配置

試験区の処理内容は第1表に示したとおりである。第2図に試験区の配置と周辺の状況を示した。図でみられるように試験区は草生地内に設置されているのは周辺より試験区内にはからの飛土や土壌の混入を防止するためである。第2図に示した防風垣配置は第2年以降であり第1年は一部未完成であった。

(2) 供試作物と耕種概況

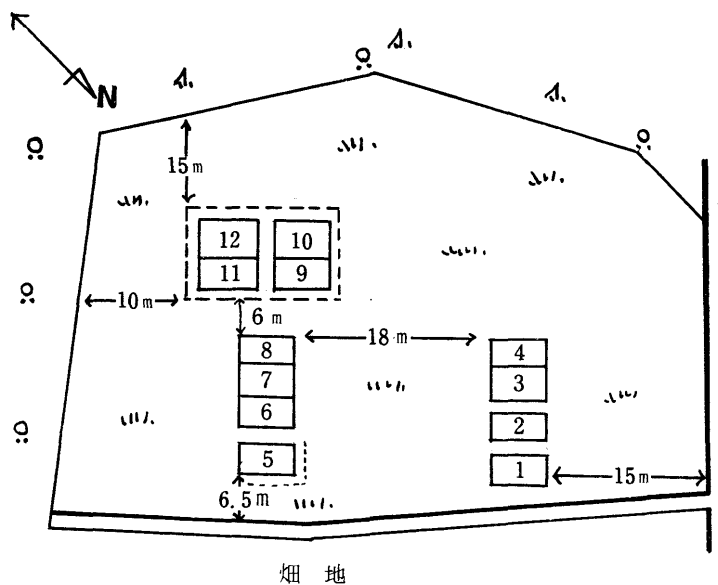
牧草区以外は第2表に示した作物および耕種方法によって栽培した。第1作エン麦と第2作陸稻は地力均一栽培を行なった。第3作以降は第1表に示した処理を行なって栽培をつづけた。

第1表 試験区の処理内容

試験区名	処 理
標準区	南北畦の標準栽培を行う（南北畦は主風向に対して直角となる）畦巾は70cm
灌水区	標準区と同じ栽培し、冬作時に地表乾燥すると散水する
裸地区	夏作は標準区と同じ栽培し、冬作は休む
牧草区	オーチャドグラスとラジノクローバーによる全面草生とする
防風垣区	標準区と同じ栽培し、冬作ではNW～NEの風を防風垣で防ぐ
夏作高刈区	標準区と同じ栽培し、夏作物の刈取を地際より10～15cmから高刈し、畦部を耕起しない
深耕密植区	冬作前に30cm深耕し、冬作は30%増肥・畦巾35cmのドリル播とする。 夏作は標準区と同じ栽培を行う
異方向畦区	標準区と同じ栽培であるが、畦方向は東西畦とする（主風向に対して平行畦となる）
防風標準区	防風垣で周囲をかこみ、標準区、灌水区・深耕密植区・裸地区と同じ処理とする
防風灌水区	
防風深耕密植地	
防風裸地区	

註1）処理は冬作時のみであり、夏作は均一栽培である

註2）試験区面積 9.8m × 9.8m (0.9604a)



- No. 試験区名
- 1 灌 水 区
 - 2 標 準 区
 - 3 裸 地 区
 - 4 牧 草 区
 - 5 防 風 垣 区
 - 6 夏 作 高 刈 区
 - 7 深 耕 密 植 区
 - 8 異 方 向 畦 区
 - 9 防 風 灌 水 区
 - 10 防 風 標 準 区
 - 11 防 風 深 耕 密 植 区
 - 12 防 風 裸 地 区
- は防風垣

第2図 試験区配置図

第2表 耕種概要 (牧草区を除く)

	作 物	品 種	播 種 期	播 種 様 式	施 肥 量 (a)				収 獲
					推肥	N (追肥)	P ₂ O ₅	K ₂ O	
第1作	エン麦	前 進	年 月 日 37. 10. 19	畦間70cm 0.4kg 条播	0	0	0	0	
第2作	陸 稻	農 林 22 号	38. 5. 10	" 0.5kg "	0	0.6(0.2)	0.8	0.72	月 日 9. 20
第3作	ラ イ 麦	ベ ト ク ザ ー	38. 10. 18	" 1.1kg "	75	0.8(0.3)	1.0	0.9	4. 13 5. 20
第4作	大 豆	兄	39. 5. 21	畦間70cm株間15cm 1本立	80	0.3	1.1	0.8	10. 29
第5作	小 麦	農 林 50 号	39. 10. 31	畦間70cm 0.6kg 条播	80	0.65	0.85	0.6	7. 6
第6作	とうもろこし	ホワイトデントコン	40. 7. 14	畦間70cm 株間25cm	80	0.6(0.3)	1.2	1.2	9. 17
第7作	ビ ール 麦	ニ ュ ー ゴ ー ル	40. 10. 22	畦間70cm 0.6kg 条播	100	0.8(0.3)	1.0	0.9	6. 18
第8作	陸 稻	農 林 22 号	41. 5. 16	" 0.5kg "	80	1.0(0.2)	1.4	0.84	10. 14
第9作	小 麦	農 林 50 号	41. 10. 25	" 0.6kg "	80	0.78	1.02	0.72	7. 4.
第10作	大 豆	兄	42. 5. 30	畦間70cm株間15cm 1本立	75	0.3	1.0	0.9	10. 21
第11作	ラ イ 麦	ベ ト ク ザ ー	42. 10. 27	畦間70cm 1.1kg 条播	75	0.8(0.3)	1.0	0.9	4. 17 5. 6
第12作	とうもろこし	ホワイトデントコン	43. 5. 14	畦間70cm株間40cm 1本立	80	1.0	1.3	0.9	9. 30

が第11作ライ麦には処理を行っていない。牧草区は第2作陸稻収穫後の38年9月にオーチャ

ードグラスとラジノークローバーを混播し毎年アール当たり窒素2.5kg, 磷酸3.0kg, 加里2.5kg

(播種時に堆肥 1 屯施用) を施肥して 4 回刈 (42 年は 3 回刈) をつづけ、第 11 作開始前の 42 年 10 月に耕起整地して同じ耕種方法で第 11 作ライ麦、第 12 作とうもろこしを栽培した。第 1 作エン麦播種前に PH (KCL) 5.5 矯正量の炭カルアール当たり 50~70kg を各試験区に 10cm の深さに混和したがそれ以後石灰質資材は施用していない。

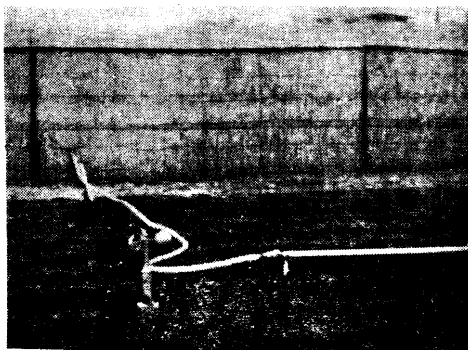
(3) 調査施設および装置

a 灌水

灌水区の灌水はアクメ式噴射パイプを使用して散水方式で行なった。第 3 図の右側はこの方式で灌水している状況である。

b 防風垣

第 3 図に防風垣の一部がみえるが、3 m 間かくに 1 インチ L 型の鉄骨を立て金鋼を張り片面にヨシズを固定して張った。ヨシズの位置は試験区より 2 m はなれ高さは防風垣区は 1.5 m、防風区は 2 m であり第 1 年目はヨシズを 2 枚張りとしたが第 2 年目以降は 1 枚張りにした。

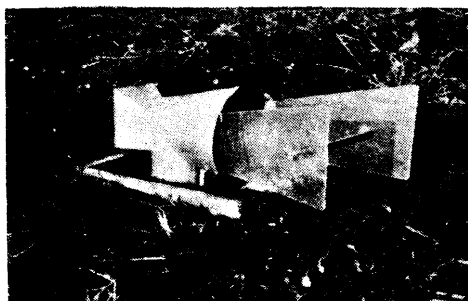


第 3 図 防風垣と灌水状況

c 飛土捕集装置

(a) 飛塵計 (第 3 年目まで使用)

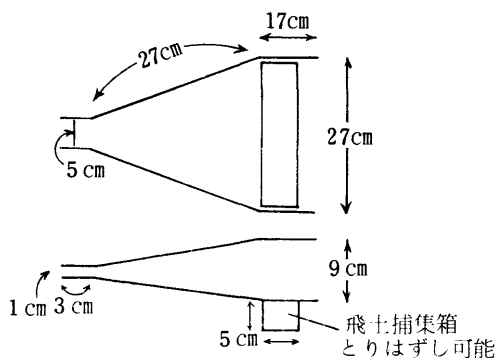
第 4 図にこの装置を示した。受風口は 10cm² で中央円筒の内部に 200cc 容のビーカーを入れておき受風口から入った飛土を捕集する。



第 4 図 飛塵計

(b) 集土器 (第 4 年以降使用)

この器は農業技術研究所微細気象研究室久保らが考案したものであり、第 5 図に横および縦断面図を示し第 6 図は圃場に配置した状況である。久保ら⁴⁾によれば理論的には粒径約 15 μ の微細な粒子まで捕集できるという。



第 5 図 集土器の横縦断面模型図



第 6 図 集土器の配置状況

(4) 試験圃場の風速調査

試験圃場を風が均一に吹くか、その状況を検討するために風速分布の調査を行なった。10～15m 間かくに12地点を選定し、1日4地点測定とし地点の組合せを異にして37年3月24日から4月26日にかけて高さ1.2 mの風速を30分毎に測定した。

(5) 地表面比高測定

各試験区について1.65m 間かくに碁盤の目のように区分した位置25ヶ所について、原点（試験圃場中央に設けたコンクリート製台）からの比高を水平測定器を用いて39年11月13日と42年11月14日の2回測定した。

(6) 試験区土壌の理化学性調査

調査開始直前の37年9月と、第10作大豆収穫後の42年10月に、各試験区の地表下2～15cmの部分を採土してPH(H_2O)、全炭素、全窒素、粒径組成を常法により分析し、置換性の石灰、苦土、加里を42年10月採土について規定醋酸アンモン溶液の浸漬法によって分析した。ち密度を42年10月に深さ別に山中式硬度計で測定した。

IV 経過概要

37年10月に均一栽培のエン麦を無肥料で播種したが、初期より生育が劣り枯死茎が続出して、38年2月にはほとんど消滅した。このあと標準施肥量で陸稲を供試して均一栽培を行ない、第3作ライ麦より調査を開始し、第12作とうもろこしまで調査をつづけた。第3作ライ麦では灌水区の灌水を1週間ごとに30mmとした結果、1～2月にかけて霜柱の発生が多く凍上害をうけたので、この後の灌水は地表面乾燥時のみの灌水とし、39年は1回20mmの7回、40年は1回10mmの6回、41年は1回10mmの5回灌水を行なった。第5作小麦は低温で出穂が平年より10日遅れた。第6作とうもろこしは9月7日の台風で一部倒伏した。第7作ビール麦は初期に干寒害

をうけた。第8作陸稲は初期は低温のため生育が不良であり、6月28日および9月25日の台風によって倒伏害をうけた。第9作以降は生育障害は認められなかった。

39年は例年に比べて冬季の降水量が少なく、季節風がよく吹き全般に風蝕が多かった。このため裸地区では飛土の発生が多く、使用していた飛塵計では完全捕集が困難であったので、農業技術研究所微細気象研究室に新飛土捕集装置の考案を依頼した。その結果、集土器が作成され40年に性能実験を行ない41年から使用した。

牧草区の牧草は40年春以降衰退しラジークローバーが急減して秋には皆無状態になった。追播したが発芽が不良であった。

V 結果および考察

(1) 試験圃場における風の均一性

第3表は各測定日について4地点を30分毎に同時刻に風速を測定した結果、4地点間で最大と最小の風速差を測定した時刻の合計数で示したものである。第3表をみると3月24・25日のように強風の日には3%差を生ずるようなときもあるが、ほぼ1%前後の風速差とみてよい。4地点が同時刻同風速のことは皆無であり、均一な風が吹いてはいないが、一般に、風蝕がはじまるといわれている風速5～6%^{5) 6)}では4地点間の風速差はほぼ1%以下であるので、試験区間に乱れを生ずるような不均一な風は吹入しないものと思われる。

(2) 地表高20cmの風速

標準区、裸地区、夏作高刈区、防風標準区について南側の区境界より50cm離れた位置に風力計を地表高20cmに配置して、風蝕をおこす北側の風速を調査した。20cmとした理由は、中野⁷⁾、田中ら⁸⁾によれば飛土の90%程度は地上20cm以下から捕集されるという。筆者らも予備的実験で同じ結果をえているので、この高さの風速を調

第3表 地点間の風速差を時刻数で表わした表 (1日当48時刻:30分毎調査)

月・日 最大風速	3. 24	3. 25	3. 29	3. 30	4. 4	4. 6	4. 9	4. 21	4. 24	4. 26
風速差	16.1	20.5	13.7	9.6	8.2	3.6	9.1	6.7	6.9	6.7
差なし	時刻 0	1	3	10	0	8	2	3	2	0
1 m/s 以下	30	27	32	34	39	40	29	38	36	37
1 ~1.5m/s	8	11	10	4	9	0	13	5	9	11
1.5~ 2 m/s	6	2	3	0	0	0	4	2	1	0
2 ~2.5m/s	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0
2.5~3.5m/s	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0

査して試験区ごとの飛土発生におよぼす影響を検討することにした。結果は第4表のとおりであり、これによると裸地区の風速比は標準区対比で100~176%であり、1%以上の風速になると差を生じて平均20~30%程度の風速増加となり、とうもろこしを高刈した夏作高刈区は40~50%、防風垣のある防風標準区は30~40%それぞれ風速が減少している。裸地状態での風速増加、風除けとしてのとうもろこし程の高刈、防風垣による風速の減少については多くの実験

結果が報じられているが、実験場所、地表面の粗度、風の状況、測定高など実験方法のちがいに必ずしも一定していない。そのなかで筆者らの調査方法と比較的似ていると思われる試験としては、田中ら⁸⁾はしやへい度75%高さ1mの板べい垣を用いて耕地で防風効果範囲を検討しており、それによれば6~8.5%の風速で垣風下の垣高8倍の位置では測定高50cmで風速比が58~65%となり、筆者らの防風標準区では垣高8.2倍の位置では測定高20cmで風速比が30

第4表 方向NWよりNE範囲の風速 (m/s・高さ20cm)

調査 期間月・日・時	平均風速 (m/s)				標準区との風速比 (%)		
	標準区	裸地区	夏作高刈区	防風標準区	裸地区	夏作高刈区	防風標準区
12・21・11 ~12・21・21	2. 2.1	3.7	0.8	0.7	176	338	33
12・28・19 ~12・29・9	0.7	0.7	0.0	0.0	100		
12・30・17 ~12・31・4	2.0	2.4	1.2	1.0	120	60	50
1・8・11 ~1・8・17	1.8	2.3	0.9	0.8	128	50	44
1・9・11 ~1・9・21	1.8	2.3	0.7	0.6	128	44	33
1・11・15 ~1・11・21	1.0	1.2	0.3	0.3	120	30	30

註) 調査期間は無降雨、夏作高刈区はとうもろこし程15cm高さで残り地表面は波状

40%となりかなり近似した結果であった。坪井⁹⁾がとうもろこし稈を60cm高さで風除けにした調査では風下50cmの位置で風速比が54.5%となり筆者らの結果もほぼ同程度である。

風速は高さの自乗に比例して高くなるにしたがって風速を増すが地表面に障害物があると地表近くの風速は減じ比例関係は失われるという。¹⁰⁾高さ20cmの風速調査時は裸地区以外は草丈15cm程度のビール麦があり試験処理による減風効果のみでなくビール麦による効果も加算されるものと考えられる。麦が茎立ちすると地表近くの吹風が少ないことは観察されることであり、この時期で裸地区と比較するとさらに風速比は減少すると思われる。気象庁の報告では麦類の草丈が30cm以上になった時を風蝕の終了期としている。

(3) 飛土量

飛塵計および集土器を試験区南側境界の中央に受風口を北側にむけて配置し飛土を捕集した。捕集期間は年次によって異なるが12月から4月までの5ヶ月である。結果は第5表のとおりであり、この結果によると標準区に比べて裸地区は38年が38.8倍、40年が9.39年が11.8倍、8倍、41年が25cm高で3.3倍、1cm高で39.2倍となり各年次とも大差で多い。異方向畦区、深耕密植区、防風裸地区の3区も標準区より毎年飛土量が多いが2倍前後であり裸地区のように著しく多くない。裸地区は毎年合計量のみならずどの捕集時期でも多く、38年2月25日から3月10日の期間には121.4倍も飛土量があった。このときの異方向畦区は14.0倍、深耕密植区は7.0倍の飛土量である。異方向畦区、深耕密植区、防風裸地区では捕集時期によって標準区と同量あるいは少ない量の場合があり、とくに、弱風時にはこの傾向がみられた。以上の4試験区以外は各試験区とも毎年標準区より飛土量が少なく40~70%程度の量であった。試験区別に

傾向をみると年次によって異なるので明らかでないが、牧草区がもっとも少ないように思われる。38年の牧草区は56%の飛土量で39年の16%に比べると多いのは牧草は不揃で空地部分があったためであり、39年は完全被覆状態となり飛土量も無視できる微量であった。38年の防風垣区が87%、防風標準区が78%とそれぞれ標準区に近い飛土量であったのは防風垣が未完成のためとみられる。38年の灌水区は41%で39年以降に比べて少ないのは灌水回数が多かったためであらう。防風灌水区と防風深耕密植区は41年のみの飛土量であるが49%、77%とそれぞれ標準区より少ないが、防風標準区に比べると防風灌水区は約80%で少なく防風深耕密植区は約130%で増加し灌水区や深耕密植区と傾向が似ている。

一般に飛土の捕集は正方形の角筒に集土部として布袋などをつけて使用するものが多い。久保ら⁴⁾は既存の捕集器について風洞実験を行ないこれらが空気力学的に欠点があることを実験し、微粒子の捕集が少なく実際に飛塵する粒子の組成を代表していないと指適し、集土器を考案したが、飛土を捕捉するには真空ポンプなどを用いて吸引採集するのが理想的であるとして今後の問題とした。飛土捕集器の配置場所は主風向にむけて中央部に固定する事例が多いが明らかになっていない。捕集時間も強風時のみの事例が多い。長期にわたって飛土を捕集した成績はない。このように飛土の捕集については方法など、なお検討を要する面がある。

約5ヶ月にわたって捕集した飛土量の結果、裸地区が著しく多く平均すると5~30倍量となり強風時はど多く捕集された。防風裸地区も裸地区ほど多くはないが麦が作付されている標準区に比べると多かった。このことは防風垣を設けても裸地にすると飛土の発生の阻止が困難であり、一方、麦が作付されていると飛土の発生を阻止し風蝕防止に役立っていることが指摘で

第5表 飛 土 量 (乾土g)

項 目 区	飛 塵 計 (地表高 0~10cm、100cm当量)						集 土 器 (5cm当量)			
	38年		39年		40年		41年			
	合計量	同比	合計量	同比	合計量	同比	高さ25cm 合計量	同比	高さ1cm 合計量	同比
標準区	37	100	135	100	88	100	2.2	100	6.0	100
灌水区	15	41	81	60	53	60	2.2	100	4.6	77
裸地区	1,435	3,878	1,588	1,176	858	975	7.3	332	234.9	3,915
牧草区	22	59	21	16	30	34			1.8	30
防風垣区	32	87	46	34	46	52			5.1	85
夏作高刈区	15	41	62	44	58	66	1.9	87	3.7	62
深耕密植区	81	219	325	241	106	120	2.3	104	6.2	103
異方向畦区	169	457	292	216	178	202	4.7	214	15.8	263
防風標準区	29	78	52	38	49	56.5	1.7	78	3.5	58
防風灌水区									2.9	49
防風 深耕密植区									4.6	77
防風裸地区			243	180			3.9	178	16.0	267

註1) 38年は12月31日より4月30日まで連続捕集

註2) 39年は12月1日より5月1日まで "

註3) 40年は12月1日より4月30日まで "

註4) 41年は11月15日より5月2日まで "

きる。異方向畦区と深耕密植区も飛土が多いが異方向畦区は北側方向に畦を設けたことが風道をつくる結果となり、深耕密植区は毎年深耕したため表土が膨軟になったことが飛土を多く発生する原因になったものと考えられる。

(4) 地表面高の変化

結果は第6表に示したとおりである。これによると牧草区以外は39年に比べて42年は負となり地表面が低下したが、標準区とのt検定では裸地区、牧草区、防風標準区以外は有意の差は認められない。裸地区は平均で8cm低くなり

試験区内が1ヶ所を除いてほぼ全面低下となった。これは5~30倍の飛土が毎年発生したことによるとみられる。牧草区は42年が高い結果になったのは普通畑えの転換のために、比高測定の前25日前に耕起したためと思われる。防風標準区は0.1cmの低下であり防風垣の効果とも考えられる。有意の差はなかったが、深耕密植区も平均3.8cmの低下となった。これは飛土が多かったことも原因になるが、毎年深耕したので地表面の乱れも考えられる。異方向畦区と防風裸地区の2区は風上側は全面的に低くなったが

第6表 3ヶ年(39年より42年)経過後の地表面比高の変化

区	項目	平均 cm	低くなったヶ所数	同高か高くなったヶ所数	t 検 定
標準区		-1.7±1.4	21		
灌水区		-1.3±1.1	20	5	0.600
裸地区		-8.0±3.2	24	1	11.306※※
牧草区		2.3±1.8		25	4.788※※
防風垣区		-1.4±1.7	20	5	0.388
夏作高刈区		-0.2±3.9	13	12	0.597
深耕密植区		-3.8±4.3	19	6	0.700
異方向畦区		-0.4±4.1	12	13	0.577
防風標準区		-0.1±1.6	8	17	2.025※
防風灌水区		-1.2±1.6	18	7	0.708
防風深耕密植地		-0.8±4.0	17	8	0.480
防風裸地区		-0.5±4.0	13	12	0.795

註) 25ヶ所調査

t 50 0.05 → 2.008
0.01 → 2.678

風下側は高くなり平均すると地表面高の変化は認められない結果になった。

風蝕の程度を知るのには飛土の捕集か、風堆土の多少、表土の厚さの変化によって判定するのが一般的である。風の動きが複雑であり土粒の飛散も一定の状況でおくとは限らない。地表面は飛散や埋積がくりかえされて変化しているのが実情であろう。筆者らは圃場全体の風蝕程度を定量的に判定する目的で水平測定器を使用して地表面高を測定した。39年と42年の2回測定しその差は39年冬、40年冬、41年冬の3ヶ年に生じた風蝕による変化量とみなした。この変化量は風蝕のみならず水蝕および作物栽培にともなう耕起などによる地表面の変化も加算されるが、試験圃場が平均傾斜1°で周辺が草生になっているため水蝕はほとんどないものとし、耕起などによる地表面の変化は各試験区とも共

通程度とみて考慮しなかった。しかし、測定時期、測定ヶ所数および位置とともに今後の検討は必要と考えている。

(5) 作物収量

a. 冬作物

冬作物収量は第7表に示したとおりである。第3作ライ麦および第5作小麦の深耕密植区と防風深耕密植区はドリル播により増収しているが、ほかの試験区収量は区間差が明らかでなく第7作ビール麦は各区とも均一な収量状況であったが第9作小麦になって処理効果を認めるような収量結果となった。すなわち、標準区に比べて子実収量は深耕密植区が46%、夏作高刈区が29%、灌水区が22%、防風垣区が10%の増収となり、防風標準区も標準区より6%近く増収した。防風深耕密植区が34%、防風灌水区が10%それぞれ防風標準区より増収している。しか

第7表 冬作物収量 (a当kg)

作物 区	青刈ライ麦(第3作)				小麦(第5作)		ビール麦(第7作)		小麦(第9作)		青刈ライ麦(均一栽培・第11作)			
	第1回	第2回	計	同比	子実重	同比	子実重	同比	子実重	同比	第1回	第2回	計	同比
標準区	92	166	258	100	31.0	100	31.4	100	27.5	100	171	22	193	100
灌水区	84	162	246	96	32.7	105	31.6	100	33.5	122	167	27	194	100
裸地区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	167	22	189	98
牧草区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	132	28	160	83
防風垣区	137	129	266	103	24.1	78	30.1	96	30.2	110	170	22	192	99
夏作高刈区	137	117	254	99	24.3	78	30.7	98	35.4	129	176	20	196	102
深耕密植区	108	191	299	116	32.8	106	32.3	103	40.3	146	164	16	180	93
異方向畦区	133	127	260	101	32.1	104	32.3	103	32.0	116	173	18	191	99
防風標準区	125	127	252	100	28.7	100	32.1	100	29.2	100	170	26	196	100
防風灌水区	142	151	293	116	35.8	125	32.2	100	32.1	110	185	28	213	109
防風 深耕密植区	126	182	308	122	35.7	125	33.1	103	39.1	134	169	18	187	95
防風裸地区	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	162	25	186	95

し、翌年の均一栽培した第11作ライ麦(青刈)では防風灌水区以外は標準区と同程度の収量か、減収となり処理効果が認められない。とくに牧草区は17%減で減収程度が大であり、ついで深耕密植区が7%減となった。飛土が多く地表面高が低下した裸地区も2%減にとどまったことからみると、ライ麦の生育収量におよぼす風蝕の影響は少ないようにみられる。

b 夏作物

夏作物は試験処理を行わず均一栽培をつづけていた。収量は第8表に示したとおりである。第2作の陸稲均一栽培の精収重収量をみると、標準区に比べて防風標準区と防風灌水区が10%内外、深耕密植区が8%、異方向畦区が5%とそれぞれ多かったが、防風垣区が2%、裸地区が5%とそれぞれ減収した。第4作大豆は生育前期の不良な気象条件のため生育不良で経過し

て低収量となり区間の傾向が明らかでない。第6作とうもろこし(青刈)になってほぼ均一な生育状況となり収量は接近してきたが、裸地区は生育中期より葉色が淡くなった。防風の4区は倒伏がやゝ多く減収した。第8作陸稲は台風で倒伏が多く収量は乱れたが、前作ビール麦の間作にならなかった裸地区と防風裸地区は初期生育が良好であった。深耕密植区と防風深耕密植区がともに10%以上減収したのは遅れて移植したためとみられる。第10作大豆では裸地区、深耕密植区、防風深耕密植区、防風裸地区がともに生育が不良で子実収量が10%以上の減収となった。最終の第12作とうもろこし(実収)では、とくに増収が明らかとなった試験区はなく、裸地区、牧草区、深耕密植区が15%以上の減収となった。

第8表 夏作物収量 (a 当kg)

作物	陸 稲 (均一栽培・第2作)		大 豆 (第4作)		青刈とうもろこし (第6作)		陸 稲 (第8作)		大 豆 (第10作)		実対とうもろこし (第12作)	
	精粗重	同比	子実重	同比	茎葉生重	同比	玄米重	同比	子実重	同比	子実重	同比
標準区	23.0	100	15.9	100	510	100	16.8	100	28.3	100	44.1	100
灌水区	22.9	100	14.3	90	513	101	16.2	97	28.1	99	44.0	100
裸地区	21.9	95	13.8	87	458	90	17.8	106	24.9	88	32.1	73
牧草区	23.9	104	—	—	—	—	—	—	—	—	37.3	85
防風垣区	22.4	98	14.9	94	487	96	15.7	94	30.7	108	45.7	104
夏作高刈区	23.8	104	13.7	86	502	98	17.8	106	29.2	103	44.3	101
深耕密植区	24.7	108	17.9	113	482	95	14.7	88	23.0	81	33.0	75
異方向畦区	24.4	105	14.9	94	509	100	17.2	103	28.2	100	41.1	93
防風標準区	25.6	100	14.8	100	457	100	17.6	100	29.3	100	42.5	100
防風灌水区	25.2	99	17.4	118	484	106	18.1	103	29.5	101	43.3	103
防風 深耕密植区	23.9	93	14.2	96	463	101	15.0	85	23.2	79	42.0	99
防風裸地区	23.1	99	16.2	109	450	98	玄17.5	100	22.2	76	37.5	88

c 収量に対する考察

標準区と対比して各試験区ごとに考察するとつぎのとおりである

(a) 灌水区

第9作小麦の22%増収以外は灌水効果は明らかでない。霜柱による凍上害をおそれ水量および回数を制限して、風蝕期間に毎年合計で50～60mm程度の灌水量で、とくに飛土の発生を少なくもしていないためと考えられる。第9作小麦の増収は例年地表面が乾燥しない12月下旬および1月に、この年は乾燥が著しかったために3回灌水した効果とみられる。小麦に対する冬季灌漑が好結果となった試験の事例もある。

(b) 裸地区：

第8作陸稲の6%増収以外は各夏作物の収量は減収した。風蝕の影響を冬作物で査定した試験の例はあるが、冬季あるいは春季におこった風蝕の影響が夏作物で査定した試験の例はきわ

めて少ない。夏作物の減収は冬季間に風蝕をうけて飛土が多く表土が失われた結果と考えられ、小原¹⁾、国分¹¹⁾、那須²⁾が指摘している肥沃度の低下に原因するとみられる。裸地区の収量状況はしだいに減収割合が高く第12作とうもろこしでは27%も減収した。これは冬作の休閑をつづけて風蝕を毎年うけた結果と考えられるが、堆肥や金肥の投下量が少なく根株や落葉など圃場に残す作物残査量も少なく地力の培養にならなかったことも原因すると思われる。第8作陸稲の増収は間作の影響がなかったことのほかに土壌が酸性化したことも考えられる。第11作青刈ライ麦がほとんど減収しなかったのは作物特性によるものとみられる。

(c) 牧草区

最終年次の均一栽培をしたライ麦と、とうもろこしだけであるがともに17%、15%の減収となり、牧草栽培により風蝕は阻止したが負の結

果となった。牧草区の牧草収量が39年がアール当たり 777kg, 40年が 437kg, 41年が 340kg, 42年が 331kgと漸減して41年からは荒廃草地的状況になり、土壌分析結果からも石灰、加里含量の減少が認められるなど地力の消耗化が跡作収量を減収したものとみられる。

(d) 防風垣区

北側のみの風除けであり他方向からの風の吹入を阻止しなかった結果、飛土の阻止効果は充分でなく、作物収量も4年目の第9作小麦および第10作大豆になって増収となったが、第8作までは効果は明らかでなく、この方法による防風垣については検討が要するものと思われる。

(e) 夏作高刈区：

第7作ビール麦までは効果は明らかでないが、第8作陸稲からは夏作物、冬作物とも増収し処理効果が認められる収量状況となった。第9作小麦では29%の増収になったが、この年は陸稲の高刈処理であって飛土の発生をよく阻止しているので好影響をもたらしたものと思われる。夏作物を高刈して冬作物を栽培するため、地表風が弱められ微気象の変化も考えられ、防風垣が地温および垣内温度を高める⁶⁾と同じように温度の上昇もあって冬作物に好影響となることも推測される。夏作物は冬季の風蝕防止効果により増収となったと思われるが増収要因の解析はしていない。

(f) 深耕密植区：

冬作物はドリル播きによる茎数の増加により増収したが、生育状況は毎冬作物とも葉色はやや淡く草丈もやや低く施肥不足を思わせる生育状況であった。ドリル播きをしない最終のライ麦は7%の減収となり、夏作物も第6作から減収し最終のとうもろこしは25%の減収となり、効果は必ずしも認めらず地力的には消耗した結果になった。ドリル播きは風蝕防止に効果があるとわれているが、深耕条件ではなを検討の必

要がある。深耕することによって根系域の拡大をはかりドリル播きの効果を高めることをねらったが、下層土の堀上げによる表土の肥沃度の低下、さらに飛土も多くて地表面高が低くなるなど、ねらいとは相反する結果になった。

(g) 異方向畦区：

最終年次の均一栽培をした、ライ麦と、とうもろこしは少差で減収したが、それまでは標準区と同程度の収量が少差でも増収することが多く、飛土量が裸地区ほどではないが、標準区より多かったことは相反する収量状況になった。とくに、冬作物では第9作小麦の16%増をはじめほとんど減収していない。この理由は明らかでないが、地表面高が風下側が高くなっていることから推測すると、風土側で受けた風蝕が風下側に堆積しており、裸地区でみられるような全面低下となる強度の風蝕を受けていないことも関係していると思われる。麦類の畦方向は東西畦（この試験区の畦方向）がよいという事例もある。

防風の各試験区は、防風標準区と対比して考察した。

(h) 防風灌水区：

第7作ビール麦が同程度であった以外は、各作物とも増収し灌水区が効果が認められなかったことからみると、この試験区の増収理由としては防風効果¹²⁾があげられる。田中は防風しよう影響下の小麦収量は風下5倍区（防風しようの高さ1m）では無保護区の1.5倍となり、増収要因として気温の上昇、土壌水分の保持、蒸散量の抑制をあげて同化作用が有利になるなど微気象の総合的好影響によると推論している。41年のみの飛土量の測定ではあるが、飛土の発生をよく阻止していることからみると、田中のいう好気象条件とともに風蝕防止も作物収量に好影響をもたらしているものと考えられる。

(i) 防風深耕密植区

第9表 ち 密 度 (山中式硬度計読み値)

区 深さ	標準区	灌水區	裸地区	牧草區	防風垣區	夏作高刈區	深耕密植區	異方向畦區	防 風			
									標準区	灌水區	深耕密植區	裸地区
5 cm	7.3	7.7	8.0	10.4	6.8	7.0	5.7	7.2	6.5	7.2	5.6	6.9
15cm	15.7	15.7	19.0	14.8	15.4	15.5	12.9	15.1	15.2	15.6	11.9	15.5
25cm	15.6	16.0	18.6	14.7	16.7	15.9	12.4	16.4	17.6	17.0	15.1	18.2
35cm	15.6	15.6	17.8	14.0	15.7	15.0	15.7	15.3	21.4	21.6	19.0	22.0

(註) 区当20ヶ所測定の平均値 42年10月調査

深耕密植区と同じように深耕して冬作をドリル播きとし、さらに、防風処理を行なった結果茎数の増加で増収したが、ドリル播きをしない最終のライ麦は5%の減収となった。夏作物は第8作から減収割合が高くなった。収量傾向は深耕密植区と同じであり、深耕の負効果があらわれて防風の効果が認められない結果となった。しかし、深耕密植区に比べると、最終のライ麦およびとうもろこしの減収割合が少ないことからみると深耕密植区ほどの地力の低下はなかったと考えられる。

(J) 防風裸地区：

裸地区のように第1年目から冬作の休作が夏作物の収量に影響をおよぼすことはなく、4年目の第10作大豆から減収が認められた。これは裸地区ほど飛土量が多くなかったためと考えられる。第10作大豆の最終のとうもろこしでは生育がむらな状況を示した。

この理由は明らかでないが、地表面高が風上側と風下側と異なり風下側が高くて作物生育も風下側がやゝ良好の傾向であった。

(6) 試験区土壌の理化学性

a ち密度

調査の結果を第9表に示したが、これによると深耕密植区と防風深耕密植区は5 cm, 15 cm, 25cmの深さは値が小さく、裸地区は各深さとも値が大きい。これは深耕密植区と防風深耕密植区は毎年深耕を行なったためであり、裸地

区は風蝕により膨軟な作土が消失して、かわりに下層土が作土化、あるいは作土下部を占めるようになったと思われる。試験区設定時に各試験区ごとに調査していないため前後関係は明らかでないが、裸地区内を歩行しても、ほかの試験区に比べて硬密であることが感じとれる。

b 粒径組成

調査結果を第10表に示したが、これによると調査開始時に比べて各試験区とも粘土含量が0.6～3.0%の範囲で減少し、そのなかで裸地区がもっとも多く減少したが、粗砂・細破・シルトの含量には明らかな傾向は認められない。風蝕による堆積土は原土に比べて粗砂が増加し、粘土あるいはシルトが減少して土性は粗になる^{2) 11)}といわれ、堆積土の結果より原土圃場の粒径組成や土性の変化を推定し、その程度より風蝕が地力におよぼす消耗の尺度の一つとしているが風蝕激甚地は別として、筆者らの試験圃場のように毎年作物栽培をつづけている場合は著しい変化はないものと思われる。飛土の粒径組成が¹³⁾原土に比べて粗砂が少なく粘土が多いことからみて裸地区の粘土含量の減少は飛土量が多かったためとみられる。

C 土壌のPH(H_2O)、置換性石灰、置換性苦土、置換性加里

調査結果を第11表に示したが、これによるとPH(H_2O)は調査開始時に比べて裸地区と深耕密植区が低下し、置換性石灰は裸地区、牧草

第10表 粒 径 組 成 (%)

区 項 目	標 準 区	灌 水 区	裸 地 区	牧 草 区	防 風 垣 区	夏作高刈区	深耕密植区	異方向畦区
粗 砂	42.0	41.9	41.1	39.5	43.1	41.9	39.6	41.7
	41.3	40.1	41.4	42.4	42.2	39.4	39.9	37.5
細 砂	24.8	25.6	24.2	26.3	25.9	25.7	26.6	24.3
	25.7	25.8	24.4	24.6	27.2	27.1	28.5	30.5
サルト	22.8	22.0	22.5	22.7	21.3	23.2	24.0	23.6
	25.3	24.5	25.1	24.4	22.2	24.9	23.9	23.6
粘 土	10.4	10.5	12.2	11.5	9.7	9.2	9.8	10.4
	9.7	9.6	9.2	8.6	8.4	8.6	7.7	8.4
土 性	S L	S L	S S	S L	S L	S L	S L	S L
	S L	S L	S L	S L	S L	S L	S L	S L

註) 上段は37年9月、下段は42年10月に3ヶ所より採土して分析した平均値

第11表 $P^H(H_2O)$ 置換性石灰、苦土および加里

区 項 目	$P^H(H_2O)$				CaO		MgO		K ₂ O	
	範 囲	平 均	変異係数	調査開始時 (37年9月)	平	変異係数	平 均	変異係数	平 均	変異係数
標 準 区	6.01~6.70	6.20±0.17	2.7	6.17	248±32	12.9	15±4.0	26.7	24±4.6	19.2
灌 水 区	6.18~6.50	6.30±0.14	2.2	6.48	219±30	13.7	16±4.1	25.0	19±2.7	14.2
裸 地 区	5.12~6.55	5.52±0.60	10.8	6.08	176±62	35.3	23±9.1	39.1	14±3.5	25.0
牧 草 区	5.67~6.60	6.08±0.32	5.2	5.73	188±45	23.9	12±5.2	41.7	6±0.5	8.3
防 風 垣 区	6.10~6.68	6.43±0.15	2.3	6.36	257±30	11.7	17±4.0	23.5	17±3.0	17.7
夏作高刈区	6.10~6.58	6.25±0.17	2.7	6.29	258±62	24.0	33±10.0	30.3	18±2.1	11.8
深耕密植区	5.61~6.10	5.76±0.18	3.1	6.51	152±30	19.7	16±3.0	18.7	17±2.1	12.4
異方向畦区	5.88~6.60	6.10±0.19	3.1	6.30	234±12	5.1	43±10.2	23.7	17±2.2	12.9
防風標準区	6.17~6.60	6.40±0.18	2.8	6.50	313±25	7.9	33±3.6	10.9	18±4.0	22.2
防風灌水区	5.78~6.78	6.30±0.19	3.0	6.45	275±72	26.2	29±6.1	21.0	21±3.1	10.5
防風 深耕密植区	5.60~6.70	6.25±0.19	3.0	6.32	178±30	16.9	21±3.3	15.7	13±2.7	20.7
防風裸地区	5.94~6.52	6.32±0.20	3.1	6.55	257±70	27.3	27±6.1	22.8	8±3.0	37.5

註) $P^H(H_2O)$ は12ヶ所、 $CaO \cdot MgO \cdot K_2O$ は8ヶ所の平均値 42年10月調査

区、深耕密植区、防風深耕密植区が少なく、置換性加里は牧草区と防風裸地区が少ないが、置換性苦土は明らかでない。試験区内の変異をみると裸地区は $\text{PH}(\text{H}_2\text{O})$ 、石灰、苦土、加里ともに大であり、このことは試験区内の地力を不均一にしたものと推測できる。小原によると¹⁾風蝕の結果肥沃な表土が消失し置換性石灰は減少したという。宮城県農試でも蔵王山麓の開拓地で風蝕により養分が減少したと報じ、筆者らの裸地区も同じ結果となった。しかし、筆者らの結果は置換性石灰の減少と酸性化に加えて、地力の不均一化を推定した。裸地区が陸稲以外の供試作物が減収したのも、これら養分の減少と酸性化、さらに地力の不均一化が影響したものと考えられる。防風裸地区も裸地区に似て $\text{PH}(\text{H}_2\text{O})$ 以外は変異が高い傾向にある。深耕密植区と防風深耕密植区は風蝕の結果よりも深耕による下層土の作土化が置換性石灰を減少し

たものと思われる。牧草区は荒廃草地とした施肥管理の不備が石灰および加里を減少させたものと考えられる。石灰、苦土、加里含量の変異が各試験区で異なるので明らかにできないが、防風標準区、防風灌水区、夏作高刈区は石灰、苦土含量が多い傾向にある。

d 全炭素、全窒素

調査結果を第12表に示したが、これによると各試験区とも全窒素が減少しているが、調査開始時は山林開墾後1ヶ年経過時であり有機物の蓄積が多く全窒素も多かったためと考えられる。裸地区の全炭素、全窒素はともに調査開始時より減少して、ほかの試験区より少ない。風堆土^{1) 16)}は原土に比べて全炭素、全窒素は少なく、風蝕の結果表土の腐植は減少するという。飛土は¹³⁾全炭素、全窒素が多い点からみても裸地区の減少は風蝕の結果とみられるが、冬作の休作をつづけて堆肥の投下量や落葉、根株など作物残査量

第12表 T-C、T-N

項目 区	T - C (%)			T - N (%)		
	範 囲	平均	調査開始時 (37年9月)	範 囲	平均	調査開始時 (37年9月)
標準区	7.8~11.2	9.2	9.1	0.54~0.59	0.57	0.83
灌水区	8.8~9.6	8.9	9.8	0.55~0.61	0.57	0.76
裸地区	6.4~7.9	7.2	8.7	0.50~0.58	0.53	0.84
牧草区	7.3~9.4	8.2	8.3	0.53~0.66	0.61	0.73
防風垣区	7.8~9.4	8.6	9.0	0.55~0.60	0.57	0.78
夏作高刈区	7.8~13.3	9.9	9.5	0.57~0.67	0.63	0.75
深耕密植区	7.1~9.4	8.3	8.9	0.50~0.60	0.55	0.69
異方向畦区	6.5~11.0	9.0	8.5	0.50~0.64	0.60	0.76
防風標準区	8.2~10.6	9.3	9.3	0.60~0.66	0.63	0.75
防風灌水区	8.6~10.6	9.3	9.3	0.58~0.64	0.60	0.73
防風深耕密植区	7.2~9.2	8.3	8.4	0.52~0.64	0.55	0.64
防風裸地区	7.7~10.2	8.8	8.4	0.48~0.61	0.55	0.75

註) T-C、T-Nともに6ヶ所の平均値 42年10月調査

が少ないことも関係すると思われる。牧草栽培跡地は腐植など有機物が増加するのが一般的であるが、牧草区は全炭素、全窒素の増加は認められなかった

VI 摘要

1. 牧草草生地内に試験圃場を設置し、風蝕と作物収量および土壌におよぼす影響について、昭和38年より43年にわたって検討した

2. 冬作を休閑して裸地にすると、麦茎立ち時期までの地表高20cmの風速は20~30%増加し、飛土は5~30倍量になり、地表面高は3ケ年で8cm低下した。その結果、土壌はち密度が高まり粘土、炭素、窒素、置換性石灰が減少して酸性化になり、陸稲を除く供試した夏作物の収量は減収となった。ヨシズ張りの防風垣を四方にめぐらしても裸地では飛土の発生は阻止できない。

3. ヨシズ張りの防風垣、夏作物の15cm高刈により風速は減じ、乾燥時の灌水とともに飛土の発生は軽減するが、これらの処理を4ケ年経続しても地表面高に著しい変化はなく、土壌および作物収量への影響は大きくない。

4. ドリル播きをして地表被覆度を高めても毎年深耕をつづけると飛土の防止にはならず下層土の影響をうけて負効果となる

5. 牧草で全面被覆すると風蝕防止になるが荒廃草地になると地力は減退する

6. 北側の風に平行して畦立てすると飛土はほぼ2倍増加し、風下側の地表面高が高くなるが、4ケ年経続しても土壌および作物収量への

影響は認められない

7. 単独の対策よりも、防風灌水のように複合対策が風蝕防止に効果的である。単独の対策では夏作高刈が簡易である。

参 考 文 献

1. 小原道郎・武田実(1953) 土壌侵蝕に関する研究集録Ⅱ
2. 那須曠正・白戸剛・佐藤健一(1963) 東北農業研究5
3. 田中貞雄・谷沢恒夫・佐野洋・柿沼計(1958) 農業気象14-3
4. 久保祐雄・上村賢治(1968) 農業気象22-3
5. 久保時夫・金沢芳宏(1953) 土壌侵蝕に関する研究集録Ⅱ
6. 田中貞雄・谷沢恒夫・伊佐山悦治(1951) 関東東山農業試験場研究報告Ⅰ
7. 中野尊正(1943) 科学8
8. 田中貞雄(1957) 関東東山農業試験場研究報告10
9. 坪井八十二(1953) 土壌侵蝕に関する研究集録Ⅱ
10. 農学大事典
11. 国分欣一(1963) 農事試験場研究報告5
12. 田中貞雄・鈴木季雄・谷沢恒夫(1951) 関東東山農業試験場研究報告Ⅰ
13. 古野昭一郎・土山豊・茂木惣治・大島佑一(1968) 日本土壌肥科学会講演要旨集14
14. 大内勇(1968) 農林省農地局 開拓計画基準調査資料