

# ほ場内に生じた土壤特性の差が夏秋キャベツの収量に及ぼす影響

山田浩之\*・斎藤祐一\*・剣持えり<sup>2\*</sup>・鹿沼信行\*

## 要 旨

嬭恋村では侵食などによってほ場内で土壤特性の著しい差異がみられる。ほ場内の斜面上部、中腹、下部で土壤断面、土壤化学性およびキャベツ収量を調査した結果、侵食などの影響を最も受けている斜面上部で作土の可給態リン酸、石灰、CECが最も低く中腹、下部の順に高くなった。可販収量は斜面上部で対照区に比べ60%減少し、中腹、下部の順に高かった。斜面下部では一部、クラスト(土膜)の形成による排水不良が原因と思われる湿害が発生していた。また、土壤断面調査の結果、斜面上部はより水食を受けやすいとされる「礫質淡色アロフェン質黒ボク土」に変化していた。

## 結 言

嬭恋村の畑地の多くは黒ボク土が分布しており、作土は腐植含量が多い黒土、下層には腐植の少ない褐色ローム層、軽石層、火山砂層が堆積しており、それぞれ性質が異なる土層からなる。

嬭恋村の畑地面積の約22%が水食を受けやすい傾斜8°以上の傾斜地に分布しており<sup>1)</sup>、作土の腐植含量は水食等の影響により1979年と比較し13%減少し、特に傾斜が6°以上の傾斜畑では黒土層の厚さも減少していた<sup>2)</sup>。傾斜の大きい畑ではほ場を均平にしようと、斜面上部の表土をはぎ取り傾斜を緩くする対策がとられることもある。このように、水食や人為的な土の移動により、一枚のほ場内で作土の特性に差異が現れている場合がある。一方、嬭恋村では根こぶ病などの土壤病害が度々発生するが、黒ボク土の下層土は根こぶ病が発生しにくいという報告<sup>3)</sup>にもあるように、下層土露出が有利に働く場合もあった。

しかし、近年では極端な水食を引き起こす短時間強雨が増加傾向にあり<sup>4)</sup>、嬭恋村のキャベツ産地においても水食などによる地カムラが問題視されつつある。嬭恋村のキャベツ栽培では一斉収穫のために、生育をそろえる必要がある。ほ場内に生育差が生じると重い肥料袋を担いで傾斜畑を歩いて追肥することになる。このように地カムラの多いほ場では、多

大な労力がかかるだけでなく、資材コストの増加も無視できない。しかしながら、水食などによる土壤特性の変化がどの程度キャベツの収量に影響を与えているのか明らかとなっていない。下層土がキャベツ収量に与える影響は、農家が水食対策を検討するうえで重要な情報の一つである。

本研究の目的は、ほ場内の土壤特性の差異がキャベツの収量に及ぼす影響についての実態を把握することである。現地の傾斜畑において、キャベツの生育に地カムラによる影響が出ている畑で土壤特性とキャベツの収量の関係について詳細な調査を行ったので報告する。なお、調査にあたり協力いただいた黒岩茂雄氏には、ここに記して謝意を表する。

## 試験方法

### 1 調査地概要

調査地は嬭恋村大笹の傾斜キャベツ畑(約80 a)である。傾斜は図1の傾斜方向に示した通りで西側から①斜面上部、②斜面中腹、③斜面下部として調査区を設定した。図1のドローン画像からもわかるとおり、斜面上部や斜面中腹は表土が移動し、下層土が露出しているため、表土がやや明るい色となっている。対照として傾斜が少なく土の移動が少ないと考えられる位置に④対照区を設置した。日本土壤インベントリー<sup>5)</sup>の縮尺5万分の1相当の土壤図において当地の土壤は多腐植質厚層アロフェン質黒ボク土に分類される。

\* 農業技術センター

2\* 吾妻農業事務所担い手・園芸課

## 2 耕種概要

栽培に用いたキャベツの品種は①～③が「愛輝」、④が「葵」である。基肥量は全区同量でN、P、K=18、18、18 (kg/10a) である。ほ場管理は農家が慣行の方法で行った。防除時に毎回カルシウム剤の葉面散布が行われた。施肥定植は2019年6月中旬ころで収穫は8月中～下旬であった。

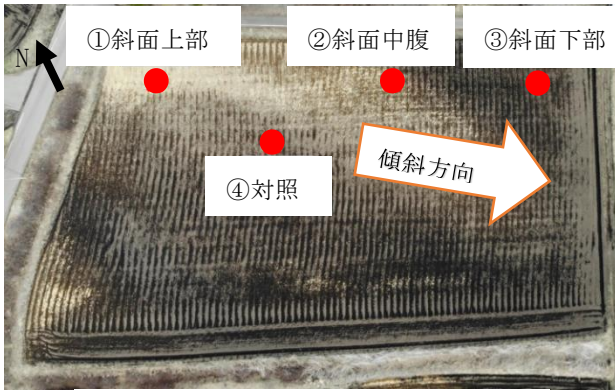


図1 調査区の位置関係 (嬭恋村大笹)

画像提供：技術支援課普及指導室

## 3 調査項目

### 土壌調査

①斜面上部、②斜面中腹、③斜面下部では2018年11月13日に土壌断面調査を行った。調査は土壌調査ハンドブック<sup>6)</sup>に準じた。また、収量調査時に各調査区から作土を採取し、風乾後に2mm篩を通し、

pH(H<sub>2</sub>O)、EC、陽イオン交換容量(CEC)及び交換性塩基の一般分析項目を測定した。土壌分析は土壌標準分析・測定法<sup>7)</sup>に準じて行った。

### 収量調査

2019年8月19日に収量調査を行った。収穫率は各区連続する100球を目視で調査し、小球、株腐れ、裂球、生理障害による黒変を除いた球数の割合を算出した。規格は各区、目視で収穫可能と判断した10球を調査し1,000g～2,000gを規格内、1,000g未満と内部腐敗を規格外とした。平均結球重は上記10球のうち規格内(2L～M)の球の平均である。可販収量は平均結球重に栽植密度(株間30cm 畝間45cm)から求めた10a当たり株数と収穫率と規格内割合を乗じて求めた。

## 結 果

### 土壌調査

図2に深さ1mまでの土壌断面写真、表1に土壌断面記載、表2に各層の土壌理化学性を示した。①斜面上部は黒土と褐色ローム層の多くが移動しており、土色は10YR4/4で②斜面中腹、③斜面下部と比べ明るい。作土の化学性は全炭素含量やCECが他の2地点と比較して低い。深さ35～40cmに軽石層が

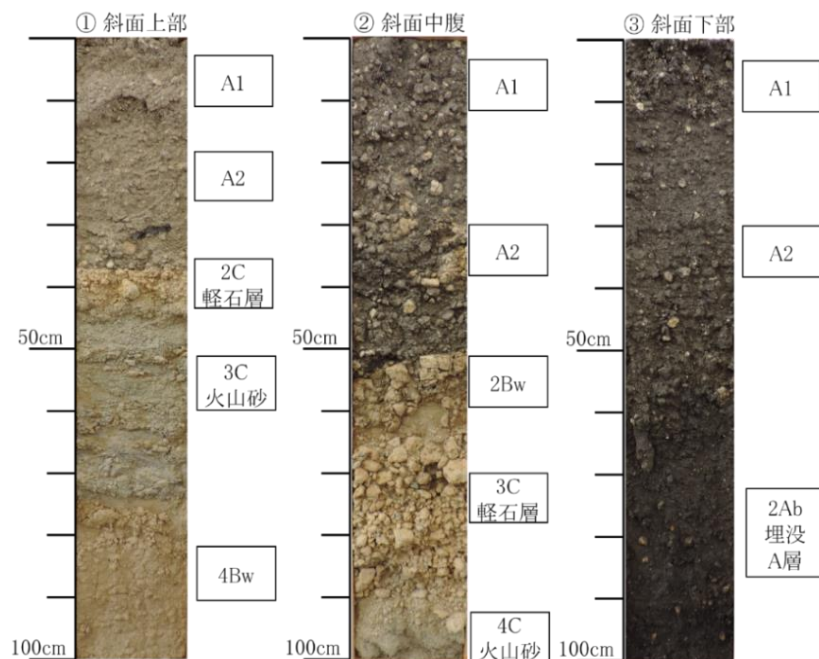


図2 深さ1mまでの土壌断面写真

(図中の数字とアルファベットの組み合わせは土層名を示している。土層名の命名法は土壌調査ハンドブック<sup>6)</sup>を参照。)

出現し、40～70 cmにち密度が非常に大きい火山砂 層が出現した。包括的土壌分類第1次試案<sup>8)</sup>で

表1 各調査区の土壌断面記載（調査日：2018年11月13日、調査項目は土壌調査ハンドブック<sup>6)</sup>に準じた。）

土層	深さ (cm)	土色 湿	土性	構造		可塑性	粘着性	ち密度	孔隙			礫			根の状態	湿り	反応 A1	備考	
				区分	発達				大きさ	形	量	風化度	大きさ	形					量
①斜面上部																			
A1	0-18	10YR4/4	SL	亜角塊	弱	弱	弱	16	細小	小泡、 菅	富む	半風化	細小	軽石 (亜角)	富む	細小 含む	半湿	+++	
A2	18-35	10YR4/4	SL	亜角塊	弱	弱	弱	23	細小	小泡、 菅	富む	半風化	細小	軽石 (亜角)	富む	細小 含む	半湿	+++	
2C	35-40	-										半風化	細小中	亜角	すこぶる 富む	細 あり			軽石層
3C	40-70	10YR5/1	S	壁				29	細小						なし	まれに あり	半湿	+++	
4Bw	70-105+	10YR5/6	SL	亜角塊	中	中	中	22	細小 中	小泡、 菅	あり 富む				なし	まれに あり	湿	+++	
②斜面中腹																			
A1	0-20	10YR2/2	L	くず 粒、 亜角塊	弱	弱	弱	15	細小	小泡、 菅	富む	半風化	細小	亜角	富む	細小 含む 中 まれに あり	半湿	++	
A2	20-45	10YR2/2	L	亜角塊	弱	弱	弱	23	細小	小泡、 菅	富む	半風化	細小	亜角	富む	細小 あり	半湿	++	
2Bw	45-55	10YR4/6	CL	亜角塊	中	弱	中	25	細小	小泡、 菅	富む	半風化	細小	亜角	あり	細小 あり	湿	+++	
3C	55-97	-										半風化	細小中	亜角	すこぶる 富む	細 あり			軽石層
4C	97-116	10YR5/1	S	壁		弱	弱	28	細小	小泡、 菅	富む				なし	なし	湿	+++	
5Bw	116-125+	10YR5/6	CL	亜角塊	中	中	中	20	細小 中	小泡、 菅	富む あり				なし	なし	湿	+++	
③斜面下部																			
A1	0-19	10YR 2/1 (50%) 10YR 2/2 (50%)	L	くず 粒、 亜角塊	弱	弱	弱	11	細小	小泡、 菅	富む	半風化	細小	軽石	富む	細小 含む 中 あり	半湿	++	
A2	19-55	10YR 2/1	L	くず 粒、 亜角塊	弱	弱	中	22	細小	小泡、 菅	富む	半風化	細小	軽石	富む	細 あり	半湿	++	
2Ab	55-110+	10YR1.7/1	CL	亜角塊	中	中	中	22	細小	小泡、 菅	富む	半風化	細小	軽石	あり	細 あり		++	

表2 各層の土壌理化学性（土壌採取日：2018年11月13日）

土層	深さ (cm)	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (mS/cm)	可給態リン酸 (mg/100g)	CEC (me/100g)	交換性塩基 (mg/100g)			リン酸 吸収係数 (mgP <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100g)	全炭素 (%)	飽和透水係数 (20°C, cm/hr)
						Ca0	Mg0	K <sub>2</sub> O			
①斜面上部											
A1	0-18	5.8	0.1	3.9	11.8	76.5	7.2	46.3	1,650	1.2	14.4
A2	18-35	5.8	0.1	4.6	11.5	74.4	8.1	30.3	1,650	1.1	4.2
2C	35-40										
3C	40-70	6.2	0.1	0.6	5.5	27.8	3.7	10.5	1,140	0.3	40.5
4Bw	70-105+	6.1	0.1	0.8	20.8	119.9	19.6	43.8	2,480	1.1	-
②斜面中腹											
A1	0-20	5.7	0.1	5.5	17.0	125.2	7.2	16.4	1,830	3.5	13.8
A2	20-45	5.7	0.1	4.9	15.4	128.4	10.7	14.5	1,780	2.9	0.4
2Bw	45-55	5.8	0.1	0.5	11.9	61.7	9.0	15.7	2,250	1.1	70.0
3C	55-97										
4C	97-116	5.8	0.1	0.6	5.1	16.8	3.5	5.2	1,130	0.3	0.1
5Bw	116-125+	5.8	0.1	0.9	15.2	70.6	11.7	36.1	2,170	1.0	-
③斜面下部											
A1	0-19	5.9	0.1	5.0	25.0	227.9	16.2	17.3	2,060	5.5	17.6
A2	19-55	5.8	0.1	6.2	25.2	211.0	17.0	19.5	2,050	5.5	0.8
2Ab	55-110+	6.0	0.1	7.6	40.2	526.4	60.2	18.9	2,260	10.1	3.0

表3 収量調査後の作土の化学性 (調査日: 2019年8月19日)

区名	pH (H <sub>2</sub> O)	EC (mS/cm)	可給態 リン酸 (mg/100g)	CEC (me/100g)	交換性塩基 (mg/100g)		
					CaO	MgO	K <sub>2</sub> O
①斜面上部	5.8	0.1	4.3	11.5	78.5	6.0	30.9
②斜面中腹	5.5	0.1	7.7	18.5	127.0	7.0	18.9
③斜面下部	5.5	0.1	12.9	24.8	174.3	12.6	21.9
④対照	5.9	0.1	11.6	27.0	278.7	19.9	19.1

「礫質淡色アロフェン質黒ボク土」に分類された。

②斜面中腹では作土の黒土の多くが流出し、黒土に褐色ロームと軽石が混じっている。深さ55~97cmに軽石層が現れ、その下に火山砂層が見られた。土壤分類としては①傾斜上部と同じく「礫質淡色アロフェン質黒ボク土」に分類された。③斜面下部は上部から移動してきた黒土が再堆積しており、表層の土色は3地点で最も暗く土壤炭素含量も多い。深さ55cm以降に炭素含量が10%と多い本来の表土である埋没した表層(A層)が出現する。「腐植質厚層アロフェン質黒ボク土」に分類される。

作土の土壤化学性については、可給態リン酸、石灰、CECは斜面上部が最も低く、中腹、下部の順に高くなっていた(表2、表3)。一方で、加里は②斜面中腹、③斜面下部、④対照で16.4~19.9mg/100gと低かったが、①斜面上部で30.9~46.3mg/100gと最も高かった(表2、表3)。

### 収量調査

収穫率は斜面上部で55%と大きく低下していた。一元配置分散分析の結果、調査区間で平均結球重(規格内)に有意な差は無かった。可販収量は火山砂が露出している斜面上部で対照区に比べ60%減少し、斜面中腹、斜面下部の順に高くなった(表4)。

表4 調査区の収量調査の結果

区名	収穫率 (%)	規格(%)		平均 結球重 (g)	可販収量 (kg/10a)
		規格内 (2L~M)	規格外		
①斜面上部	55	70	30	1,316	3,752
②斜面中腹	90	90	10	1,242	7,450
③斜面下部	86	100	0	1,425	9,075
④対照	96	90	10	1,448	9,269

### 考 察

可販収量は、対照区と比べ①斜面上部で60%、②斜面中腹で20%減少していた(表4)。フィリピンの火山性土壤の傾斜畑において、土壤養分の差異などが原因となり傾斜上部で傾斜下部に比べキャベツ収量が56%<sup>9)</sup>減収したことが報告されている。これは本試験の①斜面上部の減収率とほぼ一致しており、侵食等により斜面上部で収量に負の影響が現れている点でも共通している。本試験では、①斜面上部は、チップバーン等の生理障害による葉先の枯死部分から二次的に菌が侵入したことによる腐敗や小玉による収穫率の低下が目立った。①斜面上部では深さ40cmと非常に浅いところに火山砂層が出現していた。土壤分析の結果、火山砂はCECが低く塩基類が少なく貧栄養である。固結して密度が非常に高く、根の伸長が著しく抑制されたことなどが生理障害の発生要因として考えられた。土壤化学性を見ると、生育不良のために追肥を重点的に行ったことが、斜面上部で加里が高い原因として考えられた。斜面上部ほど下層が露出しているためにCECが低下しており(表2、表3)、生理障害が出やすい状況であると言える。塩基バランスに配慮した土壤改良が必要である。一方、③斜面下部では可給態リン酸、石灰、CECと可販収量だけをみれば対照区と同等であった(表3、表4)。しかし、収量調査区外で冠水により、生育が著しく制限されている株が一部で観察された。これは、観察の結果からクラストの形成(図3)による土壤表面の透水性の低下が一因として推測された。クラストは土壤が裸地状態の時などに雨滴の衝撃などで、孔隙が目詰まりすることで発生しやすい<sup>10)</sup>。クラスト層は数ミリと非常に薄いのが、仮比重が高く、透水係数が1~2オーダー単位で、直下の土層よりも低くなることが報告されている<sup>11)</sup>。比較的傾斜が緩やかな③斜面下部で、キャベツ定植直後など土壤が裸

地に近い時期に強い雨を受けたことでクラストが形成し水溜まりとなり、湿害につながった可能性がある。

また、①斜面上部と②斜面中腹では腐植質の表土が移動し、炭素含量の低い下層が露出したために、土壌亜群は「淡色アロフェン質黒ボク土」となっていた。土壌流亡予測式 (USLE) で土壌の水食の受けやすさを表す土壌係数 (K 値) は炭素含量が少ない土壌種ほど大きくなることが知られており<sup>12)</sup>、斜面上部や斜面中腹は水食のリスクがより高まっていることが考えられる<sup>13)</sup>。これまで以上に土壌理化学性の悪化が早まることが懸念されるため、キャベツ栽培後にカバークロープとしてエンバクやライムギ<sup>14)</sup>を作付けするなど、より一層の水食対策が求められる。カバークロープはキャベツ栽培後に土壌表面が裸地となるのを防ぎ、直接的に水食を抑制する<sup>15)</sup>、<sup>16)</sup>だけでなく、すき込みにより有機物を補給する効果<sup>17)</sup>もあるため、USLE の K 値の改善も期待できる。



図3 斜面下部の調査区外の湿害とクラスト

### 引用文献

- 1) 鹿沼信行. 2021. 孺恋村の畑地における傾斜区分図の作成. 群馬県農業技術センター研究報告. 18:21-22
- 2) 鹿沼信行ら. 2022. モニタリング調査における群馬県の主要品目の土壌理化学性. 日本土壌肥料学雑誌. 93 巻 4 号:185-189
- 3) 木村康夫ら. 1983. キャベツ根こぶ病発生と土壌の種類および土壌水分との関係. 群馬園試報. 11 :79-81
- 4) 気象庁. 2024. 気候変動監視レポート 2023: pp. 57-61
- 5) 農研機構. 日本土壌インベントリー.

<https://soil->

[inventory.rad.naro.go.jp/figure.html](https://soil-inventory.rad.naro.go.jp/figure.html). 2024 年 8 月閲覧

- 6) 日本ペドロロジー学会編. 2021. 改訂新版 土壌調査ハンドブック:pp. 1-183
- 7) 土壌標準分析・測定法編集委員会編. 2003. 土壌標準分析・測定法. 博友社. 東京:pp. 70-160
- 8) 小原洋ら. 2011. 包括的土壌分類 第 1 次試案. 農業環境研究所資料. 第 29 号:1-73
- 9) Poudel et al. 1999. Erosion and productivity of vegetable systems on sloping volcanic ash-derived Philippine soils. Soil Science Society of America Journal. 63:1366-1376
- 10) 土壌物理学学会編. 2002. 新編 土壌物理用語集: pp. 41-42
- 11) 西村拓ら. 1990. 室内人工降雨装置による土壌クラストの形成と侵食との関連性. 農業土木学会論文集 146:101-107
- 12) 谷山一郎. 2003. 2. 農地における土壌流出. 農林水産業及び農林水産物貿易と資源・環境に関する総合研究. 414 号:pp.146-152
- 13) Takata et al. 2023. Digital soil mapping using drone images and machine learning at the sloping vegetable fields in cool highland in the Northern Kanto region, Japan. Soil Science and Plant Nutrition. 69(4):221-230
- 14) 岡村成章ら. 2021. 孺恋村の夏秋どりキャベツ栽培に適応した緑肥作物の選定. 群馬県農業技術センター研究報告. 18:13-19
- 15) 宮丸直子ら. 2008. 赤土流出防止のための緑肥作物の生育特性と防止効果. 日本土壌肥料学雑誌. 79 巻 5 号:496-499
- 16) 若林正吉ら. 2018. カバークロープによる傾斜畑でのセシウム-137 流出抑制効果. 日本土壌肥料学雑誌. 89 巻 1 号:19-25
- 17) 小松崎将一. 2004. 畑作でのカバークロープ利用. 農作業研究. 39(3):157-163

(Key Words : Cabbage yield, Sloping fields, Soil profile, Soil properties, Erosion)

## The Effect of Soil Property Differences on Summer and Autumn Cabbage Yield

Hiroyuki YAMADA, Yuichi SAITO, Eri KENMOCHI and Nobuyuki KANUMA

### Summary

Significant variations in soil properties within fields have been observed due to erosion and other factors in Tsumagoi Village. An investigation of soil profiles, soil chemistry, and cabbage yields across different positions on slopes—upper, middle, and lower—revealed that the upper slopes, most affected by erosion, had the lowest levels of available phosphorus, lime, and cation exchange capacity. These levels increased progressively from the upper to the middle and lower slopes. Cabbage yield was lowest there on the upper slopes, and was reduced by 60% compared to the control area. Cabbage yield increased from the upper to the middle and lower slopes. Additionally, some lower slope areas experienced waterlogging stress due to poor drainage from crust formation. Soil profile analysis indicated that the upper slopes had transformed into a ‘Low-Humic Andosol,’ which is more prone to erosion.