

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 15 日現在

機関番号：17102

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2016

課題番号：26660282

研究課題名(和文) 方法論のパラダイムシフトによる優れた有機農法のプロファイリング

研究課題名(英文) Profiling of professional organic farming by methodology paradigm shift.

研究代表者

比良松 道一 (HIRAMATSU, MICHIKAZU)

九州大学・持続可能な社会のための決断科学センター・准教授

研究者番号：30264104

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：有機栽培野菜の品質の安定性を左右するといわれる有機物の分解過程を、土壤水分の制御によって変化させることにより、有機栽培における有機物の分解過程と土壤微生物の多様性との関係、および、栽培土壌における土壤微生物の多様性と野菜の品質との関係を明らかにし、有機農業の成否を左右する栽培環境要因を考察した。土壤水分含量が過多になると、土壌に投入した有機物の土壤微生物による分解過程に大きく影響し、土壌の団粒構造、栄養条件、野菜の味を変化させた。その一方で、過剰な土壤水分は、土壤微生物の多様性・活性や野菜の糖度や抗酸化成分には影響しないことも明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：By controlling the soil moisture, which is said to influence the decomposition process of organic matter and the stability of the organic vegetable quality, relationship between the decomposition process of organic matter, the diversity of soil microorganisms, and quality of cultivated vegetables was clarified, and cultivation environmental factors influencing the success of organic agriculture were examined. Excess of the soil moisture content largely affected the decomposition process of organic matter by soil microorganisms, and changed aggregate structure of soil, nutritional condition, vegetable taste. On the other hand, it was also revealed that excessive soil moisture does not affect the diversity and activity of soil microorganisms, the sugar content and antioxidant components of the vegetables.

研究分野：園芸学

キーワード：有機栽培 土壤水分 土壤微生物 野菜 抗酸化成分 味

## 1. 研究開始当初の背景

「食の安全や安心」というキーワードを頻繁に耳にする今日、消費者の有機農業に対する関心は高まる傾向にあるが、その一方で、我が国の有機農家比率は0.6% (有機JAS認定農家数で5000~6000戸)と海外のそれに比べると非常に低い数値に留まっているのが現状である。

有機農業の普及を妨げる生産側の要因は、有機農業の土台となる有機肥料やそれを施用した土壌環境を安定的な状態に保つことの難しさと、理想的な土壌環境の形成に大きな影響を与える生物的指標、すなわち、土壌微生物の群集としての振る舞いを把握する汎用技術の欠落にあった。このため、有機栽培に関する研究の大多数は、栽培作物の成長や品質が、慣行栽培と比べてどの程度の優劣があるかを評価するに留まっており、その優劣が、土壌のpHや無機栄養、種類、含水率、硬度といった、とりあえず測定できる非生物的特性とどのような関係があるかを考察するだけで、「こうすれば上手く行く」といった有効な情報を提供するに至っていない(武田, 2010)。その結果、安定的な有機農法を理解する上で最も重要な手がかりであるはずの、土壌微生物群集の動態と栽培植物の成長との関係性は不明なままであり、有機栽培は、農家各々の経験や勘に基づきながら失敗するリスクを承知でおこなうもの、あるいは、科学的論理が通用しない複雑系の問題として、多くの農業従事者や農業研究者に認知されるに至った。

有機栽培のような複雑系の問題を論理的に解析するためには、方法論に関するパラダイムシフトが要求される。近年、これまでブラックボックスとなっていた土壌微生物の多様性を、分類に依存せずに迅速かつ低コストで解析する画期的な手法が国内の研究者らによって確立され(Yokoyama, 1993; Sakuramoto et al., 2010)、土壌微生物を研究するための方法論に大きな発想転換が起こりつつある。

一方、卓越した有機農法の確立は、必ずと言っていいほど失敗が土台になっており、その失敗には必ず理由がある。有機農業の達人たちは、異口同音に「未分解の有機物は土壌水分が多すぎると必ず腐敗臭がし、そういう状態での栽培は必ず失敗する」と言い、その土壌を「腐敗型」と表現する。これは、有機栽培野菜の品質の安定性が、有機物の分解時の土壌水分含量によって大きく左右されることを示唆しており(Hennig, 1994)、その差異を再現できる実験系の確立が、理想的な有機栽培条件の解明を可能にすると考えられる。

## 2. 研究の目的

本研究では、以上のような方法論的ブレイクスルーを組み合わせることにより、1)有機栽培における有機物の分解過程と土壌微

生物の多様性との関係、および、2)栽培土壌における土壌微生物の多様性と栽培作物の品質との関係を明らかにすることを目的とする。これにより、有機農業の成否を左右する栽培環境指標を考察し、これまでの農学研究において敬遠されがちだった、複雑な生態系に支えられる有機農業の発展に資する。

## 3. 研究の方法

実験1. 土壌初期条件と投入有機物の分解条件が土壌の化学、物理、生物特性に及ぼす影響

### (1)実験圃場

福岡県朝倉市の平野部に位置する福岡県立朝倉農業高等学校跡地内の耕作放棄地(A圃場)及び、そこから南東12kmほどの平野部に位置する福岡県立朝倉光陽高校内のサツマイモ栽培圃場(B圃場)の2カ所で実験をおこなった。これらの圃場の大きな違いは排水性にあり、A圃場では、降雨後の雨水がすみやかに浸透するが、B圃場では、降雨後に雨水が表面に滞水し、土壌中への浸透が遅い。

### (2)投入有機物の分解処理

圃場に投入する有機物として朝倉市内の農家が生産した野菜の廃棄物を使用した。2m<sup>2</sup>(2mx1m)に、細断後、米ぬかばかし3kgを混合した野菜廃棄物20kgを投入後、防水シートで雨の侵入を防ぎながら2~3ヶ月かけて分解させた有機栽培水分適量区(有機水分適量区)、同量の有機物を投入後に30Lの水をさらに加え、同じ日数をかけて分解させた有機栽培水分過多区(有機水分過多区)を1区ずつ設け、有機物を全く投入せずに耕耘して畝を立て、防水シートで被服しただけの無処理区と比較した。以上の処理は、A圃場では2016年10月6日に、B圃場では2016年11月1日に開始した。

### (3)有機物投入後の土壌の化学、物理、生物特性の分析

土壌水分・温度センサー(DECAGON社製5TE)と5chデータロガー(DECAGON社製Em50)を表層から10cmの深さに、1処理区当たり3本設置し、有機物投入後の土壌の温度と体積含水率の変化を1時間ごとに、2016年1月12日まで計測した。

温度と体積含水率の測定終了日には、各処理区の3地点で表層から深さ15cmの土壌を採集し、pH、EC、および、土壌100g当たりのアンモニア態窒素、硝酸態窒素、有効態リン、交換性カリウム含量を、それぞれ、インドフェノール青吸光光度法、ナフチルエチレンジアミン吸光光度法、モリブデン靑法、カリボール法により測定した。さらに、デジタル貫入式土壌硬度計(大起理化学工業社製DIK-5532)を用いて、各処理区4地点の貫入抵抗値を測定し、土壌の深度別硬度を評価した。

各処理区における土壌微生物群集による有機物分解能力は、株式会社DGCテクノロ

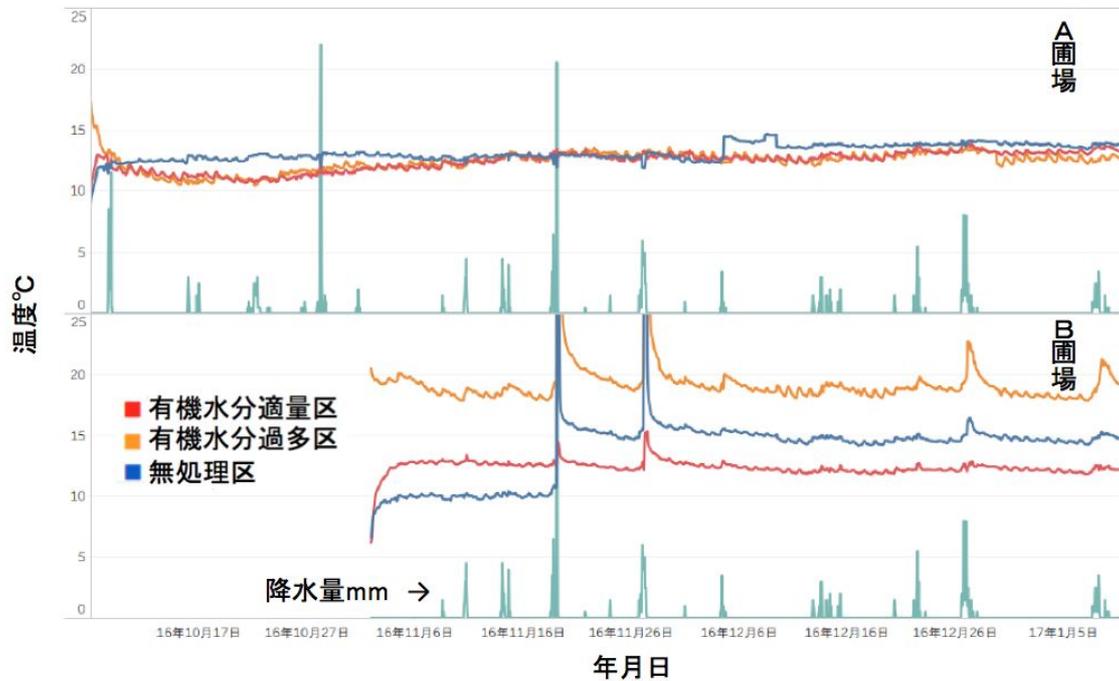


図1. 降雨が土壤水分含量の推移に及ぼす影響.

ジーに委託し、土壤微生物多様性・活性値により評価した。

実験 2. 有機物の分解条件が野菜品質に及ぼす影響

長崎県佐世保市の標高 340m の中山間地に位置する有機農家の有機栽培圃場 (C 圃場) にて実験をおこなった。この圃場は、降雨後の雨水がすみやかに浸透する、排水性良好な圃場であり、実験前はソラマメを栽培していた。

2016 年 6 月 13 日、3 m<sup>2</sup>(2mx1.5m)の区画に、細断後、3kg の米ぬかぼかしと混合した野菜・魚介廃棄物 24.3kg を投入後、防水シートで雨の侵入を防ぎながら 80 日間かけて分解させた有機栽培水分適量区 (有機水分適量区)、同量の有機物を投入後に 30L の水をさらに加え、同じ日数をかけて分解させた有機栽培水分過多区 (有機水分過多区)、および、化成肥料 (NO<sub>3</sub>、P、K、各 10kg/m<sup>2</sup>) をは種時に投入した同面積の化成水分適量区を、乱塊法により 3 反復ずつ設置した。

8 月 31 日にニンジン (*Daucus carota*、'黒田五寸')、キャベツ (*Brassica oleracea*) をは種して翌年 1 月 5 日まで 18 週間育成し、ニンジンの肥大根およびキャベツの結球葉の活性酸素消去活性、糖度、ビタミン C 含量、硝酸イオン含量を、それぞれ、スーパーオキシド消去活性法、ヒドロキシラジカル法、一重項酸素消去活性、Brix メーター、RQ フレックスにより測定し、さらに、官能評価法により食味を評価した。

#### 4. 研究成果

実験 1. 土壤初期条件と投入有機物の分解条件が土壤の化学、物理、生物特性に及ぼす影響

(1) 土壤水分含量から見た実験圃場の排水性

A 圃場の土壤体積含水率は、実験開始 3 日を過ぎると、試験区間で大きな違いが見られず、試験終了時までほぼ一定の値を示した (図 1)。これに対して、B 圃場の土壤水分は、防水シートで被覆しているにも関わらず、試験区間で大きな違いが見られた。すなわち、有機水分過多区と無処理区の土壤含水量は、雨天によるまとまった量の降水の後、急激に高くなり、その後も、発酵区土壤の含水量よりも高く保持され続けた。

A 圃場の土壤は、上層が壤土、下層 (深さ 50cm 付近) が砂利土で構成されており、降水が速やかに垂直方向に移動しやすく、排水性が良好であると考えられた。一方、B 圃場の土壤は、水田上に 60cm 以上客土された均質で緻密な砂壤土であり、周辺の降水が水平方向に移動しやすく、排水性が悪いと考えられた。

(2) 有機水分標準区の土壤の化学、物理、生物特性

地中温度は、どの処理区においても気温と同じように上下しながら、気温より高く推移する傾向が見られた (図 2)。加えて、各処理区に特徴的な土壤温度の変化が見られ、有機水分適量区の土壤温度は、A 圃場で実験開始直後から 10 日間ほど、B 圃場で 5 日間ほど、他処理区より高く推移した。有機物が分解された後、土壤中の EC、アンモニア態窒素、硝酸態窒素、有効態リン、交換性カリウムの値は上昇し、その変化は有機水分適量区で最も大きかった (表 1)。また、土壤貫入硬度 500kPa よりも低い値を示す土壤の深さが、他の処理区よりも深くなる傾向がみられた (図 3)。

これらの結果は、土壤水分が適切な土壤で

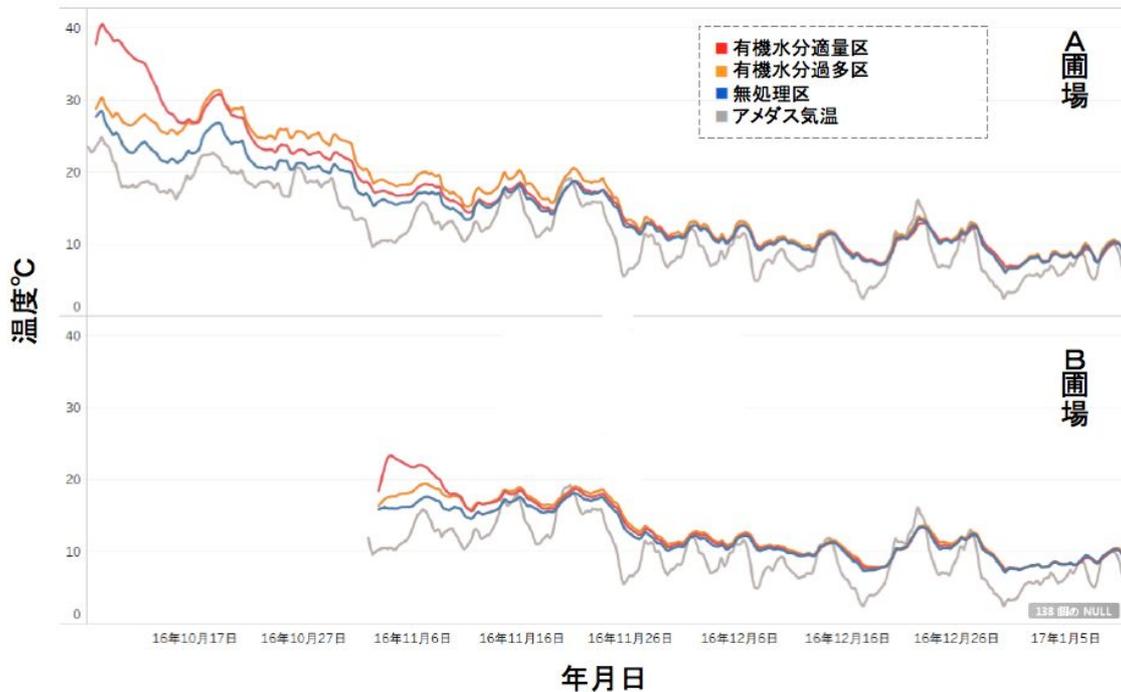


図2. 土壤水分環境が、有機物投入後の土壤温度の推移に及ぼす影響.

表1. 土壤水分環境が有機物分解後の土壤の化学特性および生物特性に及ぼす影響.

圃場	処理	pH	EC (mS/cm)	アンモニア態窒素 (mg/100g)	硝酸態窒素 (mg/100g)	有効態リン (mg/100g)	交換性カリウム (mg/100g)	微生物多様性・活性値 (x10 <sup>6</sup> )
A圃場	無処理区	5.10	0.13	0.75	7.16	12.30	63.66	0.71
	有機水分適量区	5.73	1.02	47.53	42.43	79.66	276.00	1.41
	有機水分過多区	5.96	0.70	16.70	29.10	35.66	275.66	1.83
B圃場	無処理区	6.63	0.04	0.87	1.18	88.00	11.90	0.97
	有機水分適量区	6.50	0.67	1.29	24.15	252.00	194.00	1.52
	有機水分過多区	7.00	0.15	1.82	4.33	120.00	91.33	1.99

は、有機物を分解する土壤微生物の活動が有機物投入直後から活発となり、投入した有機物の分解が速やかに進んだことを示唆している。土壤排水性が悪い B 圃場であっても、有機水分適量区では、団粒構造が他の処理区よりも深い位置まで速やかに発達し、これにより、周囲の降水の影響を受けにくい土壤に改善されたと考えられた。

### (3) 有機水分過多区の土壤の化学、物理、生物特性

有機水分過多区土壤の温度の推移は、圃場間で異なり、排水性の良い A 圃場では、実験開始 10 日後から、有機水分適量区の温度より少し高く推移し、排水性の悪い B 圃場では、実験開始 5 日後から、有機水分適量区の温度とほぼ同じ温度で推移した (図 2)。有機物が分解された後の土壤中の EC、アンモニア態窒素、硝酸態窒素、有効態リン、交換性カリウムの値は上昇したものの、その変化は有機水分適量区よりも小さく (表 1)、さらに、土壤貫入硬度は、排水性の良い A 圃場で悪化し、排水性の悪い B 圃場で改善が見られなかった (図 3)。一方、有機水分過多区の土壤微生物多様性・活性値は、有機水分適量区よ

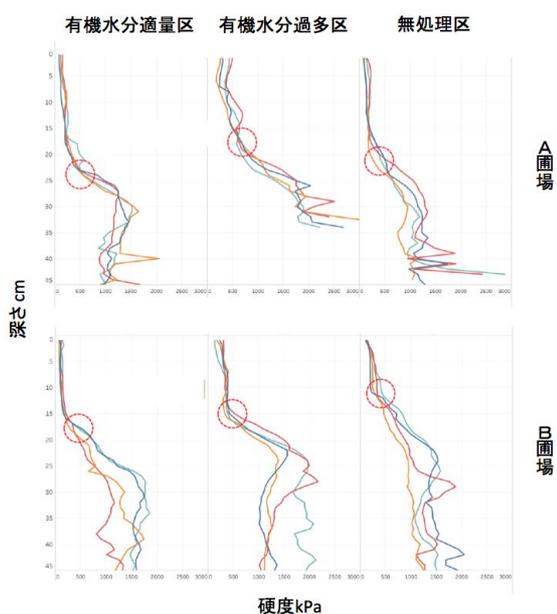


図3. 土壤水分環境が有機物分解後の深度別土壤硬度に及ぼす影響.

りも大きかった (表 1)。

これらの結果から、土壤水分が多すぎる土壤では、分解微生物の多様性や活性は上昇す

表2. 土壤水分環境が有機栽培のニンジンとキャベツの可食部品質に及ぼす影響.

野菜の種類	処理	糖度 (%)	ビタミンC 含量 (mg/100g)	硝酸イオン 含量 (mg/kg)	スーパーオキシド 消去活性 (units SOD/g)	ヒドロキシラジカル 消去活性 ( $\mu$ mol DMSO/g)	一重項酵素 消去活性 ( $\mu$ mol Histidine/g)
ニンジン	化成水分適量区	9.8	10.4	104	55.2	1773	79.2
	有機水分適量区	8.9	8.6	497	36.1	1347	47.3
	有機水分過多区	8.6	8.4	255	32.5	1017	54.2
キャベツ	化成水分適量区	8.3	48.2	311	123.3	2080	439.7
	有機水分適量区	7.4	50.2	257	150.0	2140	397.3
	有機水分過多区	7.4	47.0	221	94.9	1900	246.3

るものの、有機物の分解は緩やかに進行し、  
 土壤の栄養条件は、土壤水分が適切な土壤と  
 は異なると考えられた。

実験 2 . 有機物の分解条件が野菜品質に及ぼ  
 す影響

ニンジン肥大根重量、及び、キャベツ結球  
 葉重量の処理区間差は認められなかった。ニ  
 ンジンの肥大根およびキャベツの結球葉の  
 活性酸素消去活性、糖度、ビタミン C 含量、  
 硝酸イオン含量のうち、有意に大きかったの  
 は、化学肥料で育成した化成水分適量区ニン  
 ジン肥大根の糖度のみであり、それ以外の測  
 定項目は、有意な処理間差が認められなか  
 った(表 2)。

一方、食味には違いが感じられた。すなわ  
 ち、有機水分適量区のニンジンは、香りがよ  
 り強く、有機水分過多区と化成水分適量区  
 のニンジン肥大根にえぐみが強く感じられ、有  
 機水分過多区と化成水分適量区のキャベツ  
 結球葉は、甘みとみずみずしさが強く感じら  
 れた。

以上の結果より、適切な水分管理下で有機  
 栽培されたニンジンとキャベツは、化成肥料  
 で栽培されたものや、不適切な水分管理下で  
 有機栽培されたものに比べると、味の違いが  
 歴然としているものの、糖度、硝酸イオン含  
 量、抗酸化力指標にはほとんど違いがないこ  
 とが示唆された。

#### 結論

圃場排水性や降雨によって左右される土  
 壌水分含量は、土壤に投入した有機物の土壤  
 微生物による分解過程に大きく影響し、土壤  
 の団粒構造、栄養条件、野菜の味を変化させ  
 た。その一方で、土壤微生物の多様性・活性  
 や野菜の糖度や抗酸化成分には影響しない  
 ことも明らかとなった。有機栽培野菜の品質  
 の向上や安定を図るためには、有機栽培野菜  
 の味の違いがどのような内生成分の変化に  
 よって起こるのか、その成分変化がどのよう  
 な土壤微生物の存在によって引き起こされ  
 るのかをさらに明らかにする必要がある。

5 . 主な発表論文等  
 なし

#### 6 . 研究組織

(1)研究代表者

比良松 道一 (HIRAMATSU Michikazu)

九州大学・持続可能な社会のための決断科

学センター・准教授

研究者番号 : 3 0 2 6 4 1 0 4