

〈調査資料〉

沖縄県宮古島の石灰質土壌における 有機物施肥圃場の特徴

寺 井 敦 子

目 次

I はじめに	IV 結果と考察
II 調査地の概要	1 圃場管理状況
1 地形と土地利用	2 土壌の化学性の特徴
2 土壌の特徴	3 栽培作物の生育状況
III 調査方法	V 結論と展望

I はじめに

2006年12月に成立した「有機農業推進法」¹⁾は、国や地方自治体が有機農業を支援することを掲げる。農林水産省が策定した基本方針²⁾に則して、各都道府県は有機農業推進計画を定め、実施に向けて努力するよう求められている。食の安全や自然環境の保全に対する国民の関心を背景に進んできた、有機農業³⁾または環境保全型農業⁴⁾に対する取り組みが、新たな段階を迎えているようにみえる。これまで、各地の農家が固有の地域特性の中で培ってきた技術を、引き出して一般化していく作業が今後必要とされるであろう。

沖縄県の宮古島諸島は、サトウキビ生産が地域経済の重要な柱となってきた地域である。糖業振興の諸政策のもとに、栽培面積の拡大と生産の増大が進められ、沖縄県下でも典型的なサトウキビ・モノカルチャーが展開したが、やがて、価格の下落と収益性の低下とともに農家の生産意

1) 農林水産省『有機農業の推進に関する法律』（平成18年法律第112号）

<http://www.maff.go.jp/soshiki/nousan/nousan/kanpo/pdf/d-1.pdf>

2) 農林水産省『「有機農業の推進に関する基本的な方針」の概要』

<http://www.maff.go.jp/soshiki/nousan/nousan/kanpo/pdf/d-3.pdf>

3) 2007年9月現在で、JAS法に基づく有機農業認定農家はわずか2,870戸が報告されるのみで、全国農家（約285万戸）の0.1%である（http://www.maff.go.jp/j/jas.kikaku/pdf/yuuki_nintei_a.pdf）。ただし、検査機関による認証を受けていないが、実際の農産物はJAS法の有機生産基準に準拠している農業者を含めると、「有機農業」に携わる農業者はさらに多いと考えられる。

4) 環境保全型農業とは、「環境に対する負荷を極力小さくし、さらには環境に対する農業の公益的機能を高めるなど、環境と調和した持続的農業」と定義されている。（農林水産省『環境保全型農業推進憲章』）。なお、有機農業についても環境保全型農業のひとつの形態として位置づけられている。

欲は失われつつある。栽培面積の減少が進むなか、農地の集積と機械化による生産の効率化が求められている。一方、近年の宮古島農業は、県外出荷へ向けた冬春期の野菜類や、マンゴーなど熱帯果実、または葉タバコといった農産物の作付けが増え、サトウキビの単一作付けから生産の多角化へ向けて進んでいる。また、地下水を飲料水に用いる宮古島では、農業に由来する硝酸態窒素による地下水汚染⁵⁾への島民の関心がとりわけ高く、緩効性肥料の使用推奨や、緑肥栽培による化学肥料の使用削減などが取り組まれている⁶⁾。

このように、農業生産の多角化および農産物流通の多様化や、島の環境への配慮などの状況を背景とする宮古島において、有機農業または環境保全型農業は、今後積極的に展開され得るだろうか。市場性の高い新たな作物への作付け転換や、化学肥料主体から有機質肥料を含む栽培へ転換しようとするなかで、農家らにおいては、試行錯誤とともに新しい生産技術への関心がみられる。これまで、ごく一部の農業者による取り組みでしかない「有機農業」が、地域の中で認められ、推進されるために、栽培情報・技術の蓄積と検証が求められていると思われる。

今回の調査は、宮古島の石灰質土壌において、おもに有機質肥料によって野菜栽培を行う農家圃場で実践されている土壌管理について把握、検討することを目的として行った。農家による有機質肥料を主体とする栽培の状況、土壌の化学性における有機質肥料の施用効果、および栽培作物の生育状況について報告する。農家が日々の試行錯誤を経て選択し、実践している栽培技術の一端を明らかにしたい。

Ⅱ 調査地の概要

1 地形と土地利用

宮古島諸島は、琉球弧の中間あたり、北緯24度から25度および東経125度から126度に位置する（第1図）。亜熱帯海洋性気候に属する当地の年平均気温は23.3度であり、冬の最低気温も15度を下回らない。

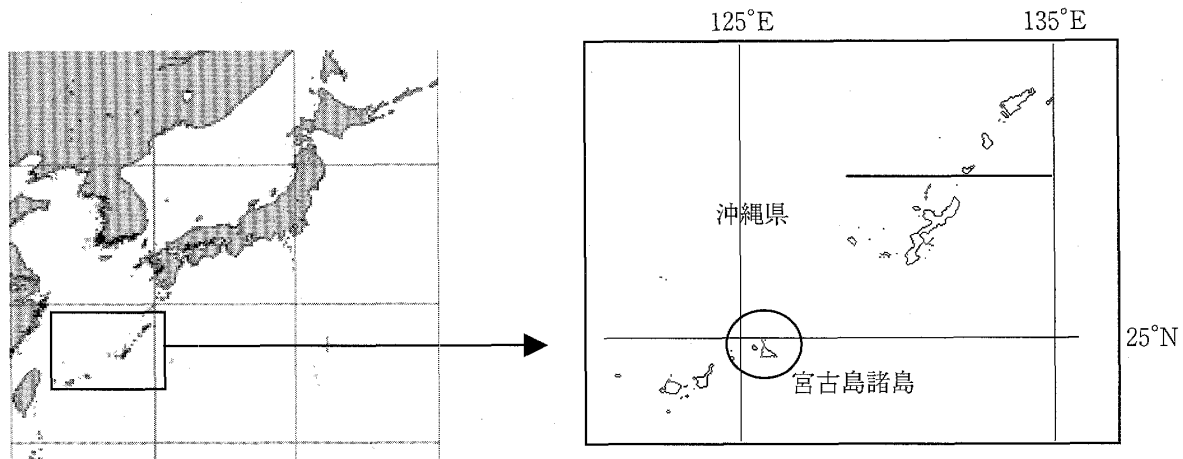
珊瑚環礁に浮かぶ、大小合わせて8島の島々の総面積は22,640ヘクタール（226.4平方キロメートル）。島全体に分布する隆起石灰岩から成る地層は、透水性がきわめて高く、地表に河川や湖沼をもたない一方、平坦な地形は農耕に適し、総面積の約53%（11,900ヘクタール）が農地として利用されている⁷⁾。基幹作物であるサトウキビは農地の37%に作付けされ、葉タバコ、野菜および果樹がこれに次ぐ。2004年の宮古島諸島における農業産出額は126億円であり、産出額

5) 宮古島の地下水の硝酸態窒素汚染源については、化学肥料、家畜排泄物、生活排水などがあるが、このなかで化学肥料による負荷が最も高いことが報告されている（中西康博『沖縄県宮古島における農業が地下水汚染に及ぼす影響とその対策に関する研究』東京農業大学博士論文、1997年、96～101頁）。

6) 沖縄県農業研究センター『宮古地域におけるさとうきびに対する緑肥の効果』第34回サトウキビ試験成績発表会、平成19年8月。

7) 沖縄県『農業関係統計』2005年。総面積に占める耕地面積の割合は、日本の平均約13%、沖縄県の平均約18%と比べると非常に大きく、農地利用率の高さがわかる。

第1図 調査地位置図



の上位は、サトウキビ44億円、肉用牛34億円、葉タバコ25億円、マンゴー 6 億円、カボチャ 2 億円などとなっている⁸⁾。

2005年の農家戸数は5,159戸で総戸数の24.6%を占めている。1戸あたりの平均耕作面積は、0.5ヘクタールから3.0ヘクタール以下が総農家戸数の4分の3を占めている⁹⁾。

2 土壌の特徴

宮古島諸島の地質は、第三紀鮮新世（500～200万年前）の泥岩、シルト岩、砂岩などで構成される島尻層群を基盤として、その上に堆積した第四紀更新世（180～1万年前）の琉球石灰岩から成る。土壌の多くは、この琉球石灰岩を母材として生成発達した「暗赤色土」、または「島尻マージ」と呼ばれる土壌であり、農耕地の80%以上を占める¹⁰⁾（第2図）。

島尻マージの土色は赤褐色で、亜熱帯気候により有機物の分解が速いため、一般に腐植含量が少ない。反応は微酸性からアルカリ性である¹¹⁾。通気性や透水性がきわめて良好で耕運しやすい反面、保水力が乏しく旱魃の影響を受けやすい。母岩である石灰岩の影響を受けてカルシウム分を非常に多く含む。これは、土壌中でカルシウムが溶け出す量が多いために、カルシウムがリン酸と結合して、植物によるリン酸の吸収を阻害したり、またはマグネシウムやカリなど他のミネラルの吸収を妨げる可能性を持つ。また、アルカリ性土壌の特徴として、鉄やマンガン、亜鉛、ホウ素など、植物の成長に必要な微量元素類が不足する傾向がある。土地利用は、前述のようにおもにサトウキビ畑であり、一部野菜畑にも利用されている。

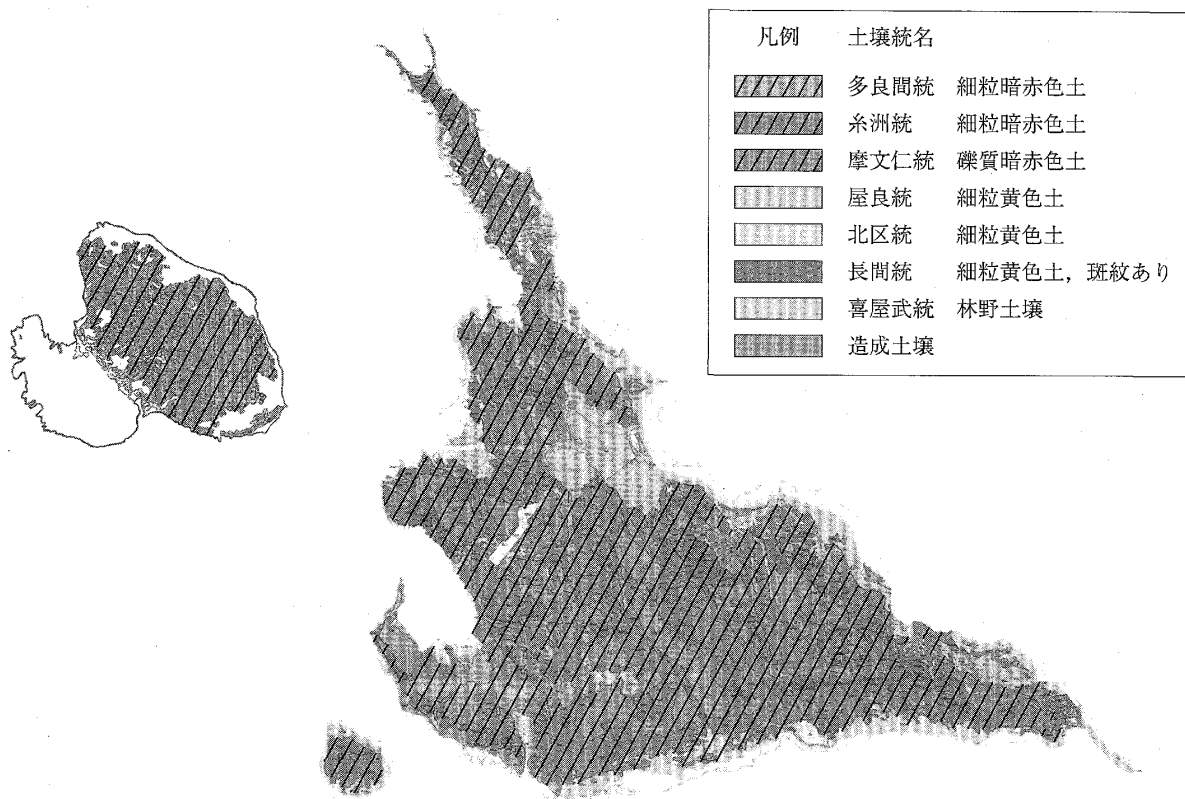
8) 内閣府沖縄総合事務局農林水産部『第34次沖縄農林水産統計年表』平成18年3月。

9) 農林水産省『2005年農林業センサス』、総務省統計局『2005年国勢調査』。

10) 山田裕・本村悟・松阪泰明・加藤好武「石垣島・宮古島および与那国島の農耕地の土壌調査と分類」『農業技術研究所報告B』第24号、1973年、265～365頁。宮古島の土壌統では、多良間統、糸州統、摩文仁統が島尻マージにあたる。

11) 高温多湿地域である沖縄では、風化作用の進んだ酸性土壌「国頭マージ」も多く分布するが、石灰質を多く含む島尻マージはアルカリ傾向を呈することが多い。

第2図 調査地土壌図



(出所) 沖縄総合事務局, 沖縄県農業研究センター。

Ⅲ 調査方法

宮古島諸島内の島尻マージ土壌において, おもに有機質肥料によって野菜栽培を行っている農家の圃場を対象とし, 2006年1月から10月にかけて参与観察を行った。宮古島5か所および伊良部島1か所について, 栽培作物の種類, 肥料の種類と施用量の履歴, 作物の収量, 栽培上の課題など, 期間中の栽培に関する情報を農家への聞き取りによって得た。2007年7月に, 調査圃場6地点の作土(0~15 cm)土壌と, 圃場において使用されている自作堆肥4点を採取した。採取した土壌と堆肥は, 沖縄県糸満市の沖縄県農業研究センターにおいて, 化学性の分析を行った。

なお, この間における筆者の立場は, フィリピン大学大学院農学部土壌学科修士課程に籍を置く傍ら, 宮古島において調査対象農家と青果物を取引する有限会社^{まはえ}真南風のスタッフとしてのものであった。以下に述べる土壌および堆肥の分析にあたっては, 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 九州沖縄農業研究センター南西諸島農業研究チームにおける技術講習生として, 指導と助言を得ながら, 筆者自らが実験を行った。

土壌分析は, 風乾後, 粉碎機で2 mmのふるいを通したものを試料とした。全炭素, 全窒素, および有機態炭素の分析には, さらに0.5 mmのふるいを通すか, 磨砕した微粉碎試料を供した。pHは2.5倍希釈, ECは5倍希釈で蒸留水を添加し, 30分攪拌後に測定した。全炭素, 全窒素は

CN アナライザーを使用し乾式燃焼法により定量した。有機態炭素はチューリン法、無機態窒素はブレムナー法、有効態リン酸はトルオーグ法、CEC はセミマイクロショールンベルガー法、交換性カリ、カルシウム、マグネシウムは ICP 発光分析法によりそれぞれ測定した。可給態窒素は保温静置法により、無機化してくる窒素量を測定した。つまり、風乾土 20 g をガラス瓶にとり、最大容水量の 60% の水分を添加しポリエチレンフィルムでふたをし、30 度で 4 週間培養した。培養終了後、2M 塩化カリウム液で振とう後濾過し、濾液に含まれる無機態窒素をブレムナー法により定量した。培養をしない風乾土についても同じ条件で無機態窒素を定量し、培養前後の差から、無機化した窒素量を求めた。

堆肥分析は、通風乾燥機で乾燥後、粉碎機で 2 mm のふるいを通したものを試料とした。全炭素および全窒素の分析には、さらに 0.5 mm のふるいを通した微粉碎試料を供した。pH は 10 倍希釈で蒸留水を添加し 30 分攪拌後に測定した。全炭素、全窒素は CN アナライザーを使用し乾式燃焼法により定量した。全リン酸、カリ、カルシウム、マグネシウムの分析には、堆肥試料 0.2 g に硝酸 15 ml を添加し湿式燃焼法によって分解後濾過し、濾液を ICP 発光分析法により測定した。

IV 結果と考察

1 圃場管理状況

調査圃場の概要を第 1 表に示した。調査を行った 6 圃場のうち 4 か所が施設栽培、2 か所が露地栽培であった。調査圃場における有機質肥料の施用年数には、有機施肥への転換後 1 年めの新規借地圃場から、25 年間連続して有機質肥料が施用されている圃場まで、施用年数に大きな差があった。有機施肥へ転換する以前には、サトウキビや葉タバコなどが作付けされ、長期間にわたって化学肥料や土壌消毒などの化学農薬が使用されていた。栽培作物は、サヤインゲン（つる性）、ピーマン、ゴーヤーなどの果菜類、およびカボチャ、タマネギなどの根菜類ともに、本土の冬季の端境期における春夏野菜の作付けがされている。施設においては、連作障害を避けるため作付けごとに作物を変える輪作が行われている一方、露地の作付けでは連作がみられた。土壌はすべて島尻マージであるが、推定される土壌統は「多良間統」と「摩文仁統」に分かれた。多良間統の土層は比較的深く、一方の摩文仁統は浅い土層内に石灰岩の礫層が混ざるなどの特徴がある。ただし、1985 年から始まった圃場整備事業における客土によって、もとは摩文仁統に属する圃場でも、現在は 50~60 cm の有効土層が確保されていた。

調査圃場において施用されている有機質肥料の内容を第 2 表に示した。圃場に直接施用される有機質肥料の種類は、牛ふん、鶏ふん、魚かすなど動物性有機物が主体であり、それにマグネシウム資材を合わせて施用する内容が多くみられた。牛ふんは、宮古島島内の肉用牛畜産農家から、生糞が比較的廉価で入手できる有機質肥料である。肥料効果としては緩効性のため、元肥として播種・定植前に施用し、鶏ふんや魚かすを、より即効性の有機質肥料として、元肥の一部または

第1表 調査圃場の概要

調査圃場	地目	有機質肥料 施用年数	栽 培 作 物			土 壌 統 (推定)
			2004～2005年	2005～2006年	2006～2007年	
1	施設	1年			サヤインゲン (10月～3月)	多良間統
2	施設	2年		モロッコインゲン (11月～3月)	ピーマン (11月～6月)	多良間統
3	露地	2年		カボチャ (11月～2月)	カボチャ (11月～2月, 3月～5月)	摩文仁統
4	露地	8年	タマネギ (11月～3月)	タマネギ (11月～3月)	里芋 (11月～7月)	摩文仁統
5	施設	15年	サヤインゲン (10月～3月)	サヤインゲン (12月～4月)	長ナス (12月～7月)	多良間統
6	施設	25年	ピーマン (11月～6月)	キュウリ(12月～4月), ソルゴー(7月～9月)	ゴーヤー (3月～6月)	摩文仁統

作物生育中の追肥として施用するやり方がみられた。マグネシウム資材の施用は、調査期間中に各農家によって積極的に試みられていたもので、葉緑素の構成要素であるマグネシウムを意識的に補うことによって、植物の光合成能力を高めるといふねらいがあった。宮古島においては、1月から2月頃にかけて気温低下と曇天が続き、栽培作物に生育不良が出やすい時期に、マグネシウムの施用によって葉色が良くなるなどの効用が、サヤインゲンやキュウリの圃場の一部でみられた。

おもな栽培作物における施肥量についてみると、サヤインゲンは、沖縄県による10アール (= 10,000 m²) あたりの施肥基準¹²⁾が、「窒素 (N) : リン酸 (P) : カリ (K) = 40 : 31 : 31 キログラム/10アール (kg/10a) + 堆肥2.5トン (t)」であるのに対して、調査圃場では NPK = 22 : 13 : 14 kg/10a と減肥であった。ピーマンは、施肥基準「30 : 29 : 26 kg + 堆肥3t」に対して調査圃場では 32 : 34 : 19 kg であり、堆肥を除く施肥基準相当量の施用であった。ゴーヤーは、施肥基準「28 : 33 : 27 kg + 堆肥3t」に対して調査圃場では 12 : 8 : 5 kg + 堆肥4t、カボチャは、施肥基準「28 : 26 : 22 kg + 堆肥2.5t」に対して調査圃場では 4 : 2 : 3 kg + 堆肥3t などとなっており、施肥基準と比較して堆肥量が多めで、即効性肥料の施用量は少なめであった。

農家による自作堆肥の材料と成分の分析結果を第3表に示した。堆肥の材料としては、牛ふん、鶏ふん、米ぬか、酒粕 (泡盛粕)、雑草木、または伊良部島では鰹の加工場から入手した魚の加工残渣などが用いられていた。これらを混合し、2ヶ月から3ヶ月間かけて攪拌・醗酵させたものを元肥として、施設およびカボチャ圃場で10aあたり3～4t、里芋圃場では10tの自作堆肥

12) 『沖縄県野菜栽培要領 平成15年6月 沖縄県農林水産部』(施肥抜粋)。

<http://www.maff.go.jp/sehikijun/09okinawa/0947okinawa/094701yasai/09470100contents.html>

第2表 調査圃場における施用有機質肥料の種類, 施用量, 成分

調査圃場	栽培作物	施用有機質肥料						
		名 称	施用量 (kg/10a)	成 分 (%)				
				N	P	K	Ca	Mg
1	サヤインゲン	牛ふん堆肥	1,000	2.3	2.3	1.8	1.8	0.8
		鶏ふん	500	3	4	2	—	—
		キーゼライト (原料: 海水)	90					24
2	モロッコインゲン	オーガニック 742(魚滓)	200	7	4	2		
		米ぬか	400	2.5	4.5	1.8		
		過リン酸石灰**	20		17			
		キーゼライト (海水)	120			3	2	27
	ピーマン	オーガニック 853(魚滓)	180	8.1	5.5	3.6		
		牛ふん堆肥	300	2.3	2.3	1.8	1.8	0.8
		鶏ふん	100	3	4	2	—	—
		米ぬか	300	2.5	4.5	1.8		
3	カボチャ	オーガニック 742(魚滓)	60	7	4	2		
		麦芽発酵肥料	60	4	5	2.9		
		鶏ふん	400	3.2	4.1	3	6.5	1.0
		キーゼライト (海水)	60				2	27
		ブルーマグ (水鉱石)	180			2.1	1	40
	カボチャ	自作堆肥 No. 4 化成804**	3,000 20	3.1 18	2.0 10	2.1 14	20.9	2.6
	カボチャ	自作堆肥 No. 4	3,000	3.1	2.0	2.1	20.9	2.6
4	タマネギ	オーガニック 742(魚滓) ブルーマグ (水鉱石) ケルプペレット (海藻: Fe 1%, Mn 1%, ホウ素 0.5%)	320 100 40	7	4	2	1	40
	里芋	自作堆肥 No. 2	10,000	1.8	1.8	4.5	29.7	1.8
5	サヤインゲン	オーガニック 742(魚滓) キーゼライト (海水)	320 260	7	4	2 3	2	27
	長ナス	自作堆肥*	4,000					
		オーガニック 853(魚滓) 鶏ふん	160 240	8 3	5 4	3 2	—	—
6	キュウリ	オーガニック 742(魚滓) キーゼライト (海水) アイアンケーミン (キレート鉄: Fe 11%)	350 200 12	7	4	2 3	2	27
	ソルゴー		—					
	ゴーヤー	自作堆肥 No. 3 オーガニック 853(魚滓) ブルーマグ (水鉱石)	4,000 150 150	1.9 8	2.6 5	5.1 3	36.9 1	2.3 40

* 成分不明。

** 補助的に施用された化学肥料。

第3表 調査堆肥の材料と化学性

堆肥 No.	材 料	水分	pH 1 : 10	全炭素	全窒素	C/N 比	リン酸 P ₂ O ₅	カリ K ₂ O	カルシウム CaO	マグネシウム MgO	ナトリウム Na ₂ O
		%		%			%				
1	鶏ふん 90%, 米ぬ か 10%	27.0	8.4	17.8	1.8	9.9	2.38	3.65	29.2	2.04	0.43
2	鶏ふん 50%, バガ ス 50%	41.7	7.4	23.9	1.8	13.4	1.81	4.45	29.7	1.76	0.56
3	生 6 割 (鶏ふん 70%, 牛ふん20%, 酒粕10%), 戻し堆 肥 4 割 (草木50%, 鶏ふん 25%, 牛ふ ん25%)	49.3	7.4	21.3	1.9	11.5	2.60	4.19	26.4	1.41	0.58
4	刈草 + 魚滓, 醗酵 菌	62.8	6.8	33.5	3.1	10.8	2.02	2.14	20.9	2.57	1.02

(注) 成分はすべて乾物あたりの含有率。

がそれぞれ施用されていた。

堆肥の pH は 6.8~8.4 の範囲にあり、堆肥材料における畜ふん、とくに鶏ふんの配合割合が大きいほどアルカリ傾向が強くみられた。土壌 pH が高い圃場においては、投入堆肥の pH に注意する必要がある。有機物に含まれる炭素 (C) と窒素 (N) の比率をあらわす C/N 比は 10~13 であり、堆肥中に含まれる窒素成分の無機化率としては申し分ない数値である¹³⁾。サトウキビの絞りかすであるバガスや刈草がおもな材料である堆肥 (堆肥 No.2 または No.4) においても、鶏ふんまたは魚滓を混合することによって C/N 比が低く抑えられたものと思われる。これは、栽培作物の生育に対する肥料効果としては、土壌へ投入後、比較的初期から効果があらわれてくる可能性が高い一方、窒素成分が高いふん過剰施用に注意する必要がある。なお、腐植の少ない宮古島においては、より炭素率の高い堆肥の活用も考慮され得るだろう。カルシウム含有量は、堆肥すべてにおいて 20% 以上と非常に高くなった。鶏ふんの配合割合が大きいほどカルシウムが高いのは、養鶏の飼料に含まれる石灰分によるものと思われる。土壌における交換性カルシウムがすでに高い宮古島においては、投入する堆肥に含まれるカルシウムが、土壌の交換性塩基バランスをさらに崩す原因になることが懸念される。

なお、調査圃場に施用された有機質肥料のなかで、牛ふんと一部の鶏ふんを除く資材の多くが九州や本州など宮古島外のメーカーから購入されていた。一般に、化学肥料に比べて有機質肥料の肥料成分あたり価格は非常に高くつく¹⁴⁾ ことに加えて、高騰が続く輸送費の負担は農家の施肥

13) 有機物の腐熟に関する堆肥の推奨基準として、水分 70% 以下、C/N 比 30 以下、全窒素、全炭素、リン酸、カリなどの肥料成分は 1% 以上とされている。(藤原俊六郎「堆肥の品質分析について 腐熟度についての考え方」日本土壌協会編『堆肥等有機物分析法』日本土壌協会、2000年、1~13頁)。

14) 例えば、一般的に施用される「隣安」は窒素 18% 含有で 20 kg あたり 1,800 円であるのに対し、調査圃場でよく施用されていた魚滓肥料の「オーガニック 853」は窒素 8% 含有で 20 kg あたり 2,900 円である。

計画における悩みであった。島内で入手できる材料によって自家堆肥をつくる技術をもつかどうかは、農家の経営面からみても、とりわけ離島における「有機農業」成否の鍵を握るように思われる。

2 土壌の化学性の特徴

調査圃場における土壌の化学性の分析結果を第4表に示した。土壌 pH は 7.2~8.4 の範囲にあり、宮古島における島尻マージの平均 pH 7.6~7.7 に比べると¹⁵⁾、圃場 2 を除くすべての圃場でアルカリ傾向が強くみられた。調査圃場のなかで有機質肥料の施用年数による差異はみられないものの、一般に pH が高い畜ふん堆肥の施用が、土壌のアルカリ度を上げた可能性がある。アルカリ性土壌では、鉄やマンガン、亜鉛、ホウ素など、微量元素類が土中で不溶性となり、植物に欠乏症状があらわれやすい。

EC (電気伝導度) は、土壌溶液中の塩類濃度を計るもので、過剰施肥の目安となる。すべての圃場で基準値内であり、濃度障害の心配はない。

CEC (陽イオン置換容量) は、土壌がプラスの荷電をもつ養分を保持する能力を計り、保肥力の指標となる。調査圃場では、11.7~19.9 cmolc/kg の幅があり、有機質肥料の施用年数が長い施設圃場 No.5 および No.6 において、CEC 値が高くなった。同じ傾向が、全炭素率および有機態炭素率にみられた。CEC 値が、全炭素、有機態炭素、および全窒素の値と高い相関性を持つことは、Gao ら¹⁶⁾ による、牛ふん堆肥連用試験でも報告されている。島尻マージは、一般に腐植が少なく CEC が低い傾向にあるなかで、有機質肥料の施用により、陽イオン保持能を持つ有機態炭素の量が増加した結果、有機質肥料を長く連用してきた圃場で CEC が高くなったと推定される。

全窒素率は 0.14~0.34%、これは不足~適度な窒素量の範囲にあり、有機質肥料の施用年数が長い施設圃場において、やや高い傾向がみられた。有機質肥料に含まれる窒素成分は、アミノ酸や腐植酸など、窒素を含む有機質化合物のかたちで土壌中にとどまる。

アンモニア態窒素および硝酸態窒素は、前作の残肥量を反映していると思われる。有機質肥料の施用年数による差異はみられなかった。

可給態窒素は、土壌中の有機物を微生物が分解し、有機態窒素が無機化される量を計るもので、「地力窒素」とも呼ばれる。調査圃場では、3.0~10.9 mg/kg の幅があり、無機化窒素の生成量は、有機質肥料の施用年数が長い施設圃場で高くなった。山田ら¹⁷⁾ は、神奈川県灰色低地土における施肥試験によって、土壌の可給態窒素は「牛ふん堆肥単用区が経年的に増加したのに対し、化学肥料単用区はやや減少傾向にあった」と報告している。畑土壌における可給態窒素の基

15) 沖縄県農業研究センター『平成18年度 土壌機能増進対策事業 土壌機能実態モニタリング調査』。

16) Gao, G. and Chang, C., "Changes in CEC and Particle Size Distribution of Soils Associated with Long-term Annual Applications of Cattle Feedlot Manure", *Soil Sci.* 161 (2), 1996, pp. 115-120.

17) 山田裕・鎌田春海「有機農業の技術的評価 (第1報) ——有機栽培が野菜の収量および土壌に及ぼす影響——」『神奈川県農業総合研究所研究報告』第131号, 1989年, 1~13頁。

第4表 調査圃場の土壌の化学性

調査圃場 (有機施用年数)	pHw 1:2.5	EC 1:5	CEC	全炭素	有機態炭素	全窒素	アンモニア態窒素	硝酸態窒素	可給態窒素	有効態リン酸 P ₂ O ₅	交 換 性 塩 基				塩基飽和度
		dS/m	cmolc /100 g	%	mg/100 g									%	
					カリ K ₂ O	カルシウム CaO	マグネシウム MgO	ナトリウム Na ₂ O							
1 (1年)	8.3	0.21	12.2	1.34	0.46	0.14	1.5	0.8	3.1	4	41	1,023	69	16	339
2 (2年)	7.2	0.20	11.7	1.34	0.53	0.17	1.4	2.8	3.0	11	50	334	67	20	145
3 (2年)	8.1	0.17	13.9	2.00	0.77	0.22	1.4	1.1	6.5	12	69	858	57	12	255
4 (8年)	8.4	0.14	13.5	1.57	0.55	0.18	1.1	7.8	4.2	41	67	813	54	12	248
5 (15年)	8.0	0.17	19.9	2.36	1.01	0.26	1.8	1.5	10.6	103	86	764	90	17	172
6 (25年)	8.0	0.28	17.3	3.16	1.28	0.34	1.7	7.8	10.9	169	47	970	110	17	242
基準値 (案)*	6.0~ 7.0		>18	1.16~ 2.9						>20	18~38	420~ 560	60~100		<100

*沖縄県による。

準値はないが、例えば、調査圃場 No.6 における 10.9 mg/kg という値は、10 a あたり約 20 kg の有機態窒素が 1 ヶ月間に無機化すると推定され、前述したサヤインゲン一作分の窒素施肥量にも相当する。鳥尻マージのように地力が低い土壌において、可給態窒素の蓄積は窒素の補給源として一般に望ましいが、作物によっては草勢が強くなりすぎてコントロールしにくいということも考えられる。有機質肥料の連用圃場においては、有機態窒素の無機化率を念頭においた施肥設計が必要と思われる。

有効態リン酸は、有機栽培へ転換後 1～2 年の圃場では非常に不足しているのに対して、有機質肥料の施用年数の長さに比例して著しく高くなった。一般に、鳥尻マージのようなアルカリ性土壌においては、リン酸は土中のカルシウムに固定されるために作物に吸収されにくいと考えられるが、有機質肥料の連用圃場においては、植物による吸収量を上回る十分なリン酸が蓄積していると思われる。一方で、有機質肥料の施用年数が長いほど、リン酸の過剰蓄積に留意すべきであろう。リン酸の過剰蓄積は、鶏ふんや牛ふんなどの多量施用に起因すると考えられる¹⁸⁾。

交換性カルシウムおよび塩基飽和度の高さは、有機質肥料の施用年数に関わらず、鳥尻マージの特徴をあらわすものと考えられる。カリ、カルシウム、マグネシウムなどの塩基イオンは互いに拮抗作用が働くため、ある成分の過剰は植物による他の成分の吸収を妨げる可能性がある。森田ら¹⁹⁾は、奄美諸島の石灰質土壌においてみられるメロンの葉枯れ症は、高カルシウムによるマグネシウムの吸収抑制によって発生すると報告した。カリについては、植物体内での吸収移動が、

18) 堀兼明・福永亜矢子・浦嶋泰文・須賀有子・池田順一「有機栽培農家圃場の土壌の実態」『近畿中国四国農業研究センター研究報告』第1号、2002年、77～94頁。

19) 森田重徳・永田茂穂・林政人「石灰質土壌におけるメロン葉枯れ症の発生原因と対策」『鹿児島県農業試験場研究報告』第19号、1991年、103～110頁。

カルシウムまたはマグネシウムよりも速いために、欠乏症状よりもむしろ、過剰施肥による他の成分の欠乏を招きやすいとされる。交換性カリは、一部の圃場で基準値よりもやや高くなっていた。積極施用を試みていたマグネシウムについては、基準値の範囲にあった。ナトリウムは、調査圃場のすべてにおいて適性値であった。

3 栽培作物の生育状況

調査圃場において栽培されていた、おもな作物の一反 (10 a) あたり収量と、宮古島諸島および沖縄県の平均反収を第5表に示した。有機質肥料による栽培において、サヤインゲンおよびカボチャについては、宮古島諸島および沖縄県の平均にほぼ相当する収穫量が得られていた²⁰⁾。ピーマン、タマネギ、キュウリ、ナスについては、有機質肥料栽培による収穫量は各圏域平均よりも低く、とくにキュウリ、ナスについては、沖縄県平均の二分の一程度であった。ゴーヤーについては、有機質肥料による収穫量のほうが勝っているようにみえるが、これは単純比較できない。なぜなら、調査圃場においては冬春季の施設栽培による収穫量であるのに対して、各圏域平均は、夏季の露地栽培を含めた数値であるためである。調査地における見聞によると、調査圃場と同じ条件での慣行栽培によるゴーヤーの反収は4t以上になると思われ、有機質肥料による収穫量よりも高い。

サヤインゲン (*Phaseolus vulgaris*) は、栽培から収穫期間が比較的短いうえ、病害虫に強く、冬季に栽培する夏野菜のなかでは、有機質肥料の施用および無農薬でも、比較的安定的な収量を得られた作物である。土壌適性としては、排水の良い土を好み、土性は、砂壤土から島尻マーグ土壌のようなカオリン粘土質まで幅広く適応する。肥沃度が比較的低い土でも、自らの根粒菌によって窒素を補うことができる利点を持つ。微量元素のなかでは、マンガンと亜鉛の欠乏に敏感である²¹⁾。調査圃場においては、残肥を考慮した減肥による栽培が成功していた。ただし、有機質肥料の施用期間が短く有効態リン酸が低い圃場においては、リンの不足によると思われる結実不良がみられ、有機質肥料では補いにくい場面があった。

ピーマン (*Capsicum annum*) は、11月から6月までと長い栽培期間中、収穫量を確保するための適切な施肥と病害虫の管理を維持することが求められる。排水が良くしかも適度な水分が保持されている土壌を好む²²⁾ので、島尻マーグ土壌の施設栽培においては、灌水の管理もとくに重要である。また、果菜類のなかでは窒素の要求量が比較的多く、生育途中で植物が肥料切れを起こさない程度の地力が必要と思われる。前述のように、調査圃場における施肥量は施肥基準相当であっても、作物の生育・収穫量が慣行栽培に追いつかない状況がみられた。

20) サヤインゲンの沖縄県平均が低いのは、作型の違いによるものかと思われる。つまり、沖縄県一般の作型は、一作一回採り (収穫期間1ヶ月間) であるのに対して、宮古島の調査圃場では、一作のなかで二回採り (収穫期間2.5ヶ月間) を行った。

21) Sys, I., Van Ranst, E., Debaveye Jr., J. and Beernaert, F., "Land Evaluation, Part3: Crop Requirements", *Agricultural Publications* 7, Brussels, Belgium, 1993.

22) Ibid.

第5表 調査圃場における栽培作物収量の圃場平均との比較

栽培作物	反 収 (t/10a)		
	調 査 圃 場	宮古島諸島平均	沖縄県平均
サヤインゲン	1.5	1.5	1.0
ピーマン	5.0	5.6	5.8
ゴーヤー	3.3	2.1	2.2
カボチャ	1.0	1.1	1.1
タマネギ	1.5	2.5	2.5
キュウリ	2.4	2.0	3.9
ナス	1.9	2.4	3.9

(出所) 宮古島諸島平均および沖縄県平均は、内閣府沖縄総合事務局農林水産部
『平成15年産 園芸・工芸農作物市町村別統計書』平成16年10月における、
宮古島郡および沖縄県の「総収穫量」を「作付面積」で除したものの。

ゴーヤー (*Momordica charantia*) は沖縄県を代表する野菜のひとつ、本来は夏野菜で高温を好み、1月～2月の低温期には生育が減退する。土層が厚く (100 cm 以上)、排水の良い砂壤土を好み、土壌 pH は中性が適している。島尻マージの重粘土の土性、および pH が 8.0 を越える場合には、ゴーヤーの生育制約要因となり得る²³⁾。調査圃場においては、ピーマンと同様、慣行栽培で得られる収量には届かなかった。

カボチャ (*Cucurbita maxima*) は、他の瓜科植物と同様に、排水の良い砂壤土を好み、適性な土壌 pH は中性である²⁴⁾。調査圃場においては、土性および pH が制約となり得るが、今のところはとくに影響は出ていなかった。サヤインゲンと並んで、有機質肥料による栽培圃場においても、慣行栽培に相当する収量が上げられた。元肥に良質の堆肥を施用することができれば、サトウキビに代わる露地作物として今後の安定生産が期待される。

V 結 論 と 展 望

本稿では、宮古島諸島に特徴的な石灰質土壌において、おもに有機質肥料によって野菜栽培を行っている農家の圃場を対象に、栽培の状況と土壌の化学的特性、および栽培作物の生育について考察し、以下の結果を得た。

調査圃場において施用されている有機質肥料は、牛糞、鶏糞、魚かすなど動物性有機質が主体であり、それにマグネシウム資材を合わせて施用する内容が多くみられた。調査圃場におけるおもな栽培作物への施肥量は、沖縄県の施肥基準に比べて減肥傾向であった。農家による自作堆肥

23) Palda, M. C. and Chang, L.C., "Suggested Cultural Practices for Bitter Gourd", *International Cooperator's Guide*, May 2003. <http://www.avrdc.org/LC/cucurbits/bittergourd.pdf>.

24) Mossler, M. A. and Nesheim, O. N., "Florida Crop/Pest Management Profile: Squash", April 2003. <http://edis.ifas.ufl.edu/pi046>.

は、牛糞、鶏糞、米ぬか、酒粕（泡盛粕）、雑草木、鰹の加工残渣などを材料とし、島内における堆肥材料調達の工夫がうかがわれた。自作堆肥の化学性は、材料における畜糞の配合割合が高いほど高 pH であり、アルカリ傾向に注意する必要があると示唆された。堆肥の C/N 比は 10~13 と低く、肥料効果として良好である一方、腐植の少ない宮古島においては、より炭素率の高い堆肥の活用も考慮され得る。堆肥のカルシウム含有量が非常に高く、土壌の交換性塩基バランスをさらに崩す原因ともなることが懸念された。

調査圃場における土壌の化学性は、有機質肥料の連用年数によって差がみられた。すなわち、CEC、全炭素、有機態炭素、全窒素、可給態窒素、および有効態リン酸について、有機質肥料の施用年数が長い圃場ほど高くなった。次のような施用効果があったと考えられる。有機質肥料の施用によって、陽イオン保持能を持つ有機態炭素の量が増加した結果、CEC が高くなり、また、有機化合物としての窒素量が増加した。さらに、土壌における有機物の増加は、土壌微生物による有機態窒素の無機化率を高め、可給態窒素の生成に寄与した。また、リン酸は、一般に石灰質土壌においてカルシウムに固定されて吸収されにくいですが、有機質肥料の連用圃場においては有効態リン酸が著しく高くなっており、植物による吸収量を上回るリン酸が蓄積していると思われる。

栽培作物の単位面積あたり収量について、調査圃場と宮古島諸島および沖縄県平均を比較したところ、有機質肥料による栽培において、サヤインゲンおよびカボチャは、圏域平均に相当する収穫量が得られていた一方、ピーマン、ゴーヤー、タマネギ、キュウリ、ナスについては、有機質肥料栽培による収穫量は圏域平均よりも低かった。

上記のように、調査圃場においてみられた有機質肥料を主体とする栽培方法または土壌管理は、宮古島における耕地土壌の化学性において、一定の望ましい影響をおよぼしていることが確認された。地下ダムの水質悪化が懸念される宮古島においては、なおさら、環境保全を重視する農業の取り組みは意義をもつのではないだろうか。しかしながら一方で、有機質肥料の施用による特定の成分蓄積や pH の偏向もみられ、土壌中の個別の成分不足を補うことが難しい有機質肥料の施用については、適切な有機物の選択がいっそう重要であると思われる。また、有機質肥料による作物栽培は、平均収量に比べて減少する事例がみられたように、農家にとっては、化学肥料から有機肥料へと転換するうえで増大するリスクがある。宮古島固有の土壌条件に調和する作物の選択とともに、生産技術の開発、普及が求められているだろう。地方行政や研究機関における、科学的知識や研究成果にもとづく知見が、農家が経験を通して培った知恵や技術と親しく向き合い、交流される機会がより多く展開することを期待したい。

参 考 文 献

沖縄県農業研究センター『平成13年度 土壌機能増進対策事業成績抄録』平成14年。

沖縄県農業研究センター『平成18年度 土壌機能増進対策事業 土壌機能実態モニタリング調査』。

沖縄県農業試験場『昭和52・53年度 地力保全基本調査成績書（八重山・宮古地域）』昭和53年。

渡嘉敷義浩「沖縄に分布する島尻マージおよびジャーガルの土壌特性」『ペドロジスト』第37巻第2号, 1993年, 99~111頁。

土壌環境分析法編集委員会編『土壌環境分析法』博友社, 1997年。

日本土壌協会編『堆肥等有機物分析法』日本土壌協会, 2000年。

農林水産省 九州農業試験場「沖縄県に分布する特殊土壌の生産的特性」『研究資料』第60号, 1981年。

山田裕・本村悟・松阪泰明・加藤好武「石垣島・宮古島および与那国島の農耕地の土壌調査と分類」『農業技術研究所報告B』第24号, 1973年, 265~365頁。

Sparks, D. L., Page, A. L., Helmke, P. A., Loeppert, R. H., Soltanpour, P. N., Tabatabai, M. A., Johnston, C. T. and Summner, M. E., eds., "Methods of Soil Analysis, Part 3. Chemical Methods", SSSA Book Ser. 5, SSSA and ASA, WI, USA: Madison, 1996.

Sys, I., Van Ranst, E., Debaveye Jr., J. and Beernaert, F., "Land Evaluation, Part3: Crop Requirements", *Agricultural Publications* 7, Brussels, Belgium, 1993.

謝辞

本稿調査における土壌と堆肥の分析は、独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構九州沖縄農業研究センター南西諸島農業研究チームにおける技術講習の機会をもって、沖縄県農業研究センター土壌環境班における実験設備の使用、および様々な助言を得て行った。宮古島の調査対象農家の皆様には、参与観察中や試料の採取にあたって、貴重な経験を共有させていただいた。調査圃場における栽培情報は、有限会社真南風のご了解を得て掲載した。関係各位に対し、心よりお礼申し上げます。

(受付 2007年12月20日)