

堆肥連用による土壌環境の変化と 作物生育



平成 22 年 3 月

(財)日 本 土 壌 協 会
(財)畜産環境整備機構

はじめに

堆肥利用を今後、一層促進していくためには、作物生産農家のニーズを把握して堆肥を生産していくことが重要である。(財)日本土壌協会において平成 18 年度に特別栽培農家等に対して行ったアンケート調査結果によると、堆肥の利用目的としては「主に土壌改良用途」で利用している農家が多く占めていた。

こうしたことから、今後堆肥の土壌改良効果を具体的に把握するとともに、土壌改良を速やかに行っていくための効果的堆肥利用等について明らかにしていく必要がある。

堆肥連用による土壌改良の効果については平成 2 年の農林水産省土壌環境基礎調査の基準点調査中間とりまとめの中で解析している。

これによると堆肥連用による土壌物理性の変化として、最も明確に出てくるのが土壌硬度の低下であると指摘している。この他、土壌の仮比重についてもやや低下が認められるが、孔隙率については余り変化が認められなかったとしている。

また、土壌の種類によっても大きく土壌改良効果は異なり褐色森林土、赤黄色土、灰色低地土で堆肥連用の効果が高いが、もともと土が軟らかい黒ボク土では大きな効果が認められないとしている。

この調査試験成果は、県の試験場の協力の下に昭和 50 年代において行われたもので、以前多く利用されていた稲藁堆肥等を用い 8 年間という比較的短い堆肥連用期間の基に行ったものである。

最近においては堆肥の種類、成分等も多様となっており、また、年間作付回数の多いハウス栽培等も多くなってきたり、営農形態、施肥体系などが異なっている。

特に最近では堆肥の肥料効果も考慮した施肥が求められており、堆肥の肥料成分等に応じた施肥や堆肥連用した場合の施肥など堆肥の効果を発現するための適正施肥法の検討がなされている。

こうした中で、土壌条件等の異なる現地の農家圃場において堆肥施用による物理性改良等の効果が同様に発現しているのかどうかを確認するとともに、堆肥施用の効果をより発現するための留意点があるのかどうかなどを明らかにしていくことが重要である。

このため、土壌の種類、堆肥施用期間等の異なる農家圃場において、土壌の物理性や化学性の変化とともに、作物の生育等についても合わせて調査した結果をまとめてみた。

本調査結果が関係農家の方々や指導者の方々の参考になれば幸いである。

最後に本調査に多大なご協力いただいた農家の皆様方には心から感謝申し上げます。

平成 22 年 3 月

(財)日本土壌協会

(財)畜産環境整備機構

目 次

1. 作物生産農家の堆肥利用の現状	1
(1) 堆肥利用の目的と堆肥への期待	1
(2) 作物の種類別堆肥利用の用途	3
2. 堆肥連用による土壌物理性等の変化(全国の基準点調査結果)	4
(1) 畑作における堆肥連用圃場の土壌の物理性、化学性の変化	4
1) 堆肥施用区と化学肥料区との比較	4
2) 堆肥施用区の土壌物理性、化学性の経年変化	4
(2) 畑作における化学肥料単用圃場土壌の経年変化	6
3. 現地事例に見る堆肥連用による土壌環境の変化と作物生育	7
(1) 対象農家圃場の選定	7
(2) 調査項目	7
(3) 現地事例調査結果の概要	8
1) 土壌物理性	8
2) 化学性	8
3) 作物生育等	9
4) 堆肥施用量等と作物生育	9
(4) 土壌の種類別堆肥施用効果の個別事例	10
1) 黒ボク土圃場	10
2) 灰色低地土圃場	36

1.作物生産農家の堆肥利用の現状

(1) 堆肥利用の目的と堆肥への期待

堆肥利用を今後、一層促進していくためには、作物生産農家のニーズを把握して堆肥生産していくことが重要である。作物生産農家の堆肥利用の実態と堆肥に対するニーズを把握するため、平成 18 年度に農林水産省の支援により(財)日本土壌協会が今後堆肥の需要が見込まれる特別栽培農家、有機栽培農家に対して堆肥利用の現状と今後の意向に関して調査を行った。

その結果、堆肥の利用目的としては「主に土壌改良用途」で堆肥を利用している農家が多く全体の 62%を占めていた。

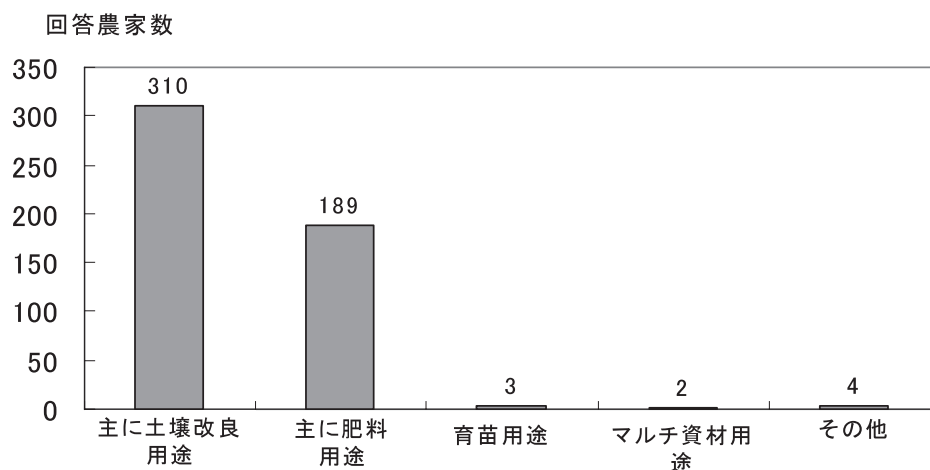


図 1 堆肥の利用用途

資料:「特別栽培農産物等の家畜ふん堆肥利用の現状と意向調査」

(H19.3(財)日本土壌協会) (以下同じ)

また、現在利用している堆肥に「満足」及び「おおむね満足」としている農家は 92%を占めていたが、これらの農家が現在利用している堆肥に満足している点として最も多かったのも「土壌改良効果が高い」ことであった。

なお、その他の項目として多かったのは「作物の品質が向上する」、「品質が安定している」、「価格が安い」、「肥料効果が高い」、「取扱性が良い」、「腐熟度が高い」であった。

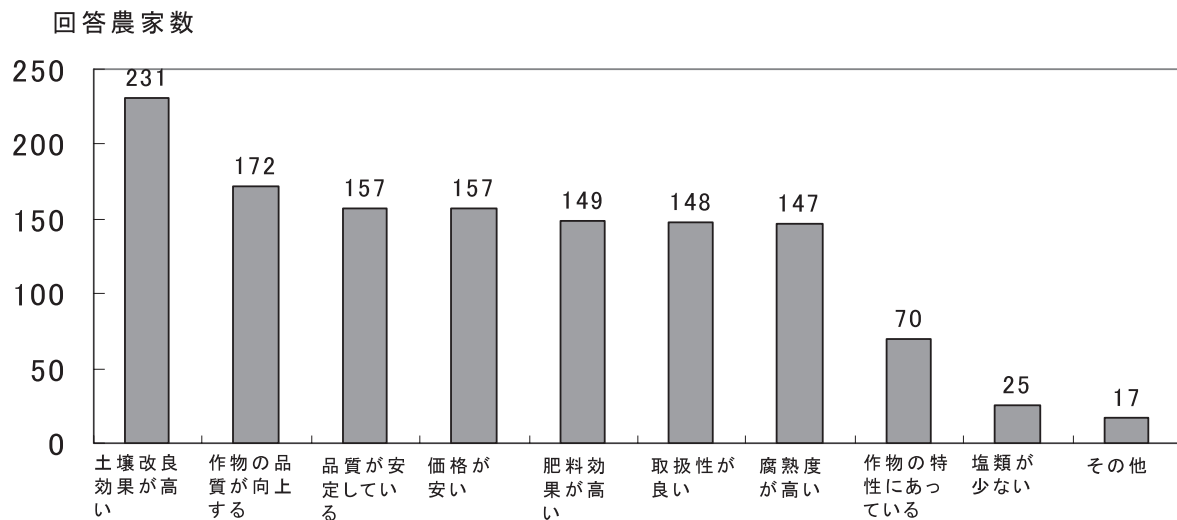


図 2 現在利用している堆肥に満足している点

今後、これらの農家が堆肥に期待する点について最も多かったのは「土壌改良効果」が高いことであった。

堆肥の持つ特性である「土壌改良効果」は、肥料では達成できないことからこれに対する期待が大きい。

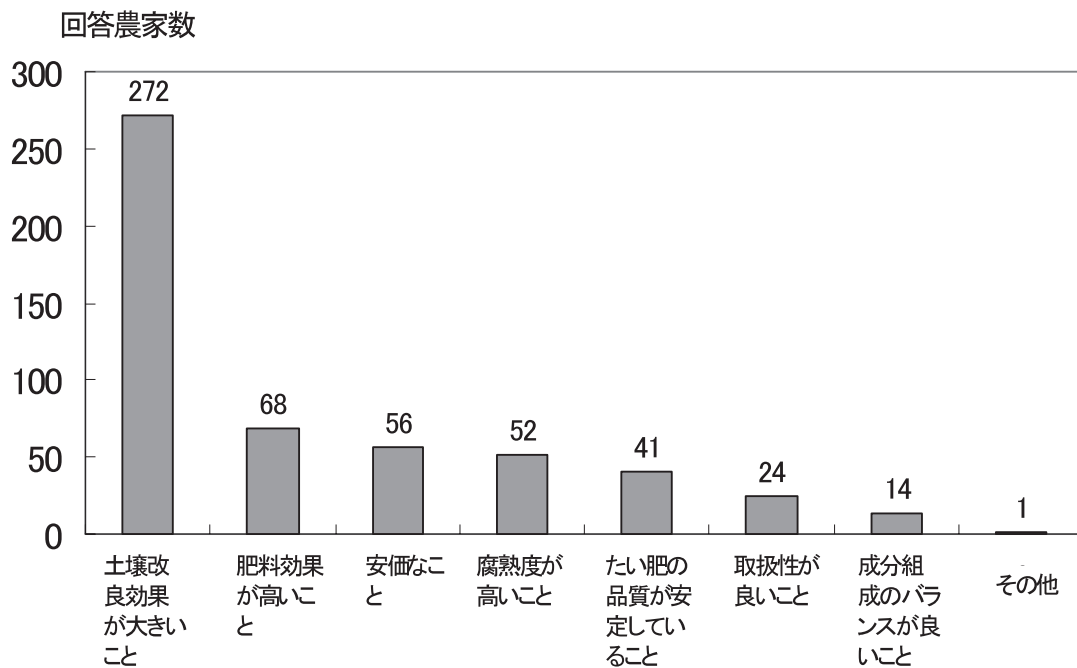


図 3 今後堆肥に期待する点

(2) 作物の種類別堆肥利用の用途

作物の種類ごとに「土壌改良効果」の重視度合いを見てみた。

これについては、作物の施肥特性との関係があり、少肥を好むトマト、イチゴ等やサツマイモ等で特に堆肥に土壌改良効果を期待する傾向が見られる。

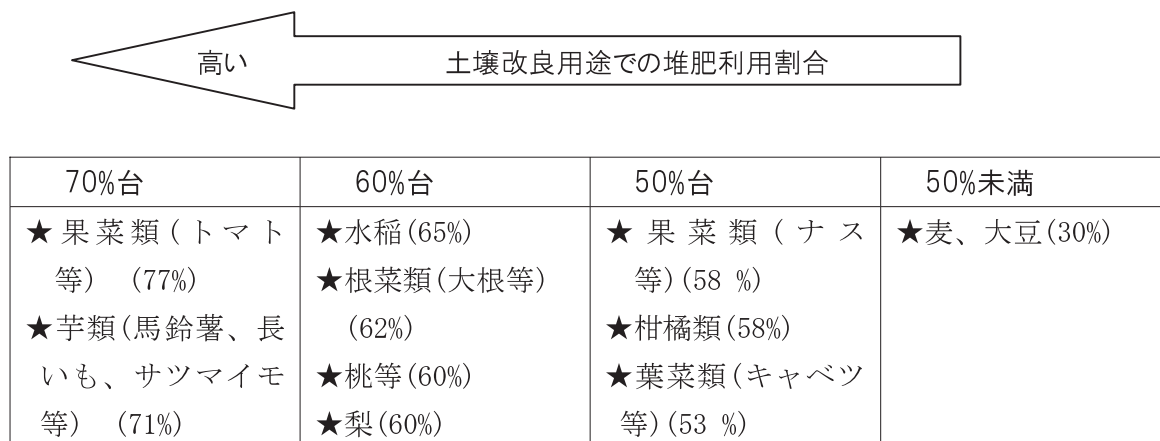


図 4 作物の種類別の土壌改良用途での堆肥利用割合

作物別の傾向は以下のとおりである。

- ★果菜類(少肥を好む) (イチゴ、メロン、トマト、スイカ、カボチャ)が特に「土壌改良効果」を期待している。
- ★葉菜類(多肥を好む) (キャベツ、白菜、小松菜、レタス、ネギ、タマネギ、ホウレン草、水菜、春菊)、果菜類(多肥を好む) (ピーマン、ナス、キュウリ)については比較的たい肥に「肥料効果」も期待している。
- ★麦、大豆、芋類(馬鈴薯等)のように価格的に安い作物は「価格が安い」を期待している。

2.堆肥連用による土壌物理性等の変化(全国の基準点調査結果)

堆肥連用による土壌物理性や化学性の変化については平成 2 年の農林水産省土壌環境基礎調査の基準点調査中間とりまとめで解析している。

農林水産省では有機物施用の効果等を把握するため都道府県の農業試験場の協力を得て昭和 51 年から 8 年間全国で組織的に調査試験を行なった。

調査試験は全国の水田 91 地点、畑 68 地点で化学肥料単用区、有機物施用区などを設け調査した。有機物施用については、畑では一作当たり概ね堆肥 1,500 kg/10a 施用した。

この調査試験結果から今回、畑作について堆肥連用の土壌物理性等の変化の特徴を見てみると以下のとおりである。

(1)畑作における堆肥連用圃場の土壌の物理性、化学性の変化

1)堆肥施用区と化学肥料区との比較

畑土壌の堆肥施用の効果について調査試験結果では主な指標ごとに化学肥料単用区を 100 とした場合の堆肥施用区の比率(平均)を見ている。

これによると土壌物理性の変化については、土壌硬度の低下が特徴としてあげられる。仮比重についてもやや低下が認められるが、孔隙率については余り変化が認められない。主な土壌の種類別に土壌硬度の低下状況を見てみると特に褐色森林土、赤黄色土、灰色低地土で化学肥料単用区より 10%程度低下しているが、もともと土が軟らかい黒ボク土ではやや低下している程度となっている。

全窒素、全炭素は全体として 20～30%増加しており、特に褐色森林土、赤黄色土で大きく増加しているが、黒ボク土ではやや増加している程度となっている。

有効態リン酸については、全体として 40%程度と大幅に増加しており、特に黒ぼく土、赤黄色土での増加が目立つ。

交換性カルシウムについては全体として 20%程度増加しているが、交換性カリウム、や交換性マグネシウムは 40～50%と大幅に増加している。

2)堆肥施用区の土壌物理性、化学性の経年変化

調査試験結果では堆肥施用による経年変化(試験 8 年間における後期 3 作の跡地分析値の平均値を前期 3 作の跡地分析値の平均値で割って 100 を掛けた指数)を見ている。

これによると、全体として孔隙率がやや改善される傾向が見られるが、仮比重について経年変化は余り認められない。土壌硬度については土壌の種類別の変化が大きい。

化学性については、全炭素、全窒素については年々増加してきている。

また、有効態リン酸についても年々増加し蓄積していることが認められる。

交換性カルシウム、交換性カリウムについてはやや蓄積しているが、交換性マグネシウムについては余り変化が見られない。

表 1 畑土壌の主な土壌の種類別の堆肥施用の効果(8ヶ年平均)

	全体	黒ボク土	褐色森林土	赤黄色土	灰色低地土
孔隙率	102.5	100.0	104.4	106.6	102.9
硬度	92.8	97.8	89.5	83.5	91.4
仮比重	96.6	99.8	93.6	91.0	96.0
全炭素	131.7	105.7	181.9	160.3	123.2
全窒素	124.9	106.6	142.5	147.9	118.4
CEC	106.9	103.9	111.2	110.3	104.5
有効態リン酸	141.0	148.1	129.3	144.6	124.5
交換性カルシウム	116.8	115.7	115.6	122.5	102.3
交換性マグネシウム	142.4	153.4	132.4	137.0	107.9
交換性カリウム	155.5	167.6	150.9	147.8	129.8

注) 毎作ごとの化学肥料単用区の跡地分析値を 100 とした場合の比率の 8ヶ年平均

資料:「土壌環境基礎調査基準点調査中間とりまとめ」(H2.1 農林水産省農産課)

表 2 畑土壌の堆肥施用区における主な土壌の種類別経年変化

	全体	黒ボク土	褐色森林土	赤黄色土	灰色低地土
孔隙率	100.7	98.9	106.6	100.4	101.4
硬度	104.6	90.6	117.4	110.7	91.8
仮比重	100.0	102.0	95.4	98.7	103.6
全炭素	119.1	102.5	121.1	141.5	97.5
全窒素	123.4	111.2	125.4	137.3	106.2
CEC	103.3	96.8	104.9	108.5	101.3
有効態リン酸	166.8	167.3	110.7	186.0	131.1
交換性カルシウム	111.0	99.0	105.6	124.3	120.7
交換性マグネシウム	98.7	92.6	109.8	99.1	96.4
交換性カリウム	107.5	107.5	83.3	107.5	116.2

注) 経年変化は試験 8 年間における後期 3 作の跡地分析値の平均値を前期 3 作の跡地分析値の平均値で割って 100 を掛けた指数である。

資料:「土壌環境基礎調査基準点調査中間とりまとめ」(H2.1 農林水産省農産課)

(2) 畑作における化学肥料単用圃場土壌の経年変化

畑土壌の化学肥料単用による物理性の経年変化について、特に土壌硬度が高まってきているのが特徴として挙げられる。土壌硬度は全体として10%程度増しやや土が固くなっているが、特に褐色森林土、赤黄色土で20～30%土壌硬度が増している。

土壌孔隙率、仮比重について大きな変化はないが、全体として孔隙率はやや低下、仮比重についてはやや増加している。

化学肥料のみを利用しては土壌の物理性が悪くなるという指摘を裏付ける結果となっている。

畑土壌の化学性については、堆肥連用圃場と同様有効態リン酸が40%程度増加し蓄積してきている。

交換性カリウム、交換性マグネシウムについては、やや減少している。

表3 畑土壌の化学肥料単用区における主な土壌の経年変化

	全体	黒ボク土	褐色森林土	赤黄色土	灰色低地土
孔隙率	98.4	99.4	103.2	95.6	100.2
硬度	111.3	94.1	127.3	125.1	94.6
仮比重	104.6	106.6	102.4	103.3	105.6
全炭素	99.4	97.5	108.3	99.9	88.8
全窒素	102.8	104.0	127.2	93.4	90.1
CEC	99.8	95.0	100.0	102.0	100.3
有効態リン酸	141.9	156.7	99.5	133.9	138.0
交換性カルシウム	104.3	95.7	111.1	98.8	125.9
交換性マグネシウム	95.9	83.1	108.6	107.7	101.9
交換性カリウム	94.8	97.2	99.6	87.6	101.8

注) 経年変化は試験8年間における後期3作の跡地分析値の平均値を前期3作の跡地分析値の平均値で割って100を掛けた指数である。

資料:「土壌環境基礎調査基準点調査中間とりまとめ」(H2.1 農林水産省農産課)

3.現地事例に見る堆肥連用による土壌環境の変化と作物生育

「土壌環境基礎調査基準点調査中間とりまとめ」では土壌の種類によって土壌の物理性改善等堆肥の施用効果の発現に相違は見られるものの、全体として堆肥施用によって土壌の物理性等が改善されている。

こうした調査試験成果は県の試験場において、以前一般的であった稲藁堆肥等を用い昭和 50 年台に 8 年間という比較的短い堆肥連用期間の基に行ったものである。

最近においては堆肥の種類、成分等も多様となっており、また、作付回数の多いハウス栽培等も多くなっており営農形態、施肥体系などが異なっている。

特に最近では堆肥の肥料効果も考慮した施肥が求められており、堆肥の肥料成分等に応じた施肥や堆肥連用していった場合の施肥など堆肥の効果を発現するための適正施肥法の検討がなされている。

こうした中で、土壌条件等の異なる現地の農家圃場において堆肥施用による物理性改良等の効果が同様に発現しているのかどうかを確認するとともに、堆肥施用の効果をより発現するための留意点があるのかどうか等を明らかにしていく必要がある。

このため、土壌の種類、堆肥施用期間等の異なる農家圃場において、土壌の物理性や化学性の変化とともに、作物の生育等についても合わせて調査した。

(1)対象農家圃場の選定

堆肥施用による物理性等の改善効果は、それが現れるまでに年数がかかることから、堆肥の施用期間の異なる圃場で比較する必要がある。

また、比較対象圃場が堆肥施用開始時点での地力が極力同じ水準であって、しかも同じような土壌条件、栽培条件で営農が営まれてきていることが望ましい。

現実にこうした対象圃場を選定することはかなり困難であるが、有機農業の圃場の場合には比較的そうした条件に近い圃場を選定しやすい。

有機農家の中には、耕作放棄地を借りて堆肥による土づくりを行っている農家も多く、そうした耕作放棄地を借りた時期の相違により堆肥施用年数が異なり比較しやすい。また、慣行栽培圃場と異なり、耕作放棄地の地力は一般に低く、堆肥施用の効果を見やすい。

こうしたことから、今回、黒ボク土と灰色低地土の有機農家で極力同じ栽培条件で行っている圃場を選定し、堆肥の施用効果の比較を行った。

(2)調査項目

畑作における堆肥施用による土壌改良効果を把握することが今回の主たるねらいであるが、農家は堆肥施用による土壌改良と作物の生育、収量等との関係を重視する。

こうしたことから、今回、物理性とともに化学性についても調査するとともに、作物の生育状況についても調査した。

具体的には次のような項目について調査を行った。

1) 土壌物理性

土壌硬度、仮比重、三相分布、易有効水分

2) 化学性

pH、CEC、磷酸吸収係数、腐植含量、全窒素、有効態リン酸、置換性加里、置換性石灰、置換性苦土

3) 作物生育等

聞き取りと写真、一部測定

(3) 現地事例調査結果の概要

全体として黒ボク土、灰色低地土の圃場とも堆肥連用期間、施用量にほぼ比例して物理性、化学性とも改善していくことが認められた。

この点では前述の「土壌環境基礎調査基準点調査中間とりまとめ」の結果とほぼ同様の傾向が見られた。

しかし、堆肥施用量の多いハウス栽培や堆肥連用期間の長い野菜畑の中には、有効態リン酸や塩基類が過剰に蓄積している圃場もあった。

1) 土壌物理性

①作土層の土壌硬度については黒ボク土、灰色低地土の圃場とも殆どのところで堆肥施用の効果が見られ、土が柔らかかになっていた。

②仮比重、易有効水分については、土壌硬度ほどではないが、黒ボク土、灰色低地土の圃場とも堆肥施用による効果が見られる圃場が多かった。

易有効水分はコマツナ、ニンジンのように播種して作物を栽培するものについて、発芽率の向上に影響してくる。土づくりが出来てくると発芽揃いが良くなるというのは易有効水分が向上してくることが影響していると考えられる。

③固相率については、特に黒ボク土で堆肥連用の効果が不明確な圃場が多かった。

この点では「土壌環境基礎調査基準点調査中間とりまとめ」の結果とほぼ同様の傾向となっている。

2) 化学性

①腐植含量、全窒素含量の地力関係項目については、全ての事例で堆肥施用により増加していた。

②有効態リン酸も増加している事例が多いが、堆肥連用期間の長い圃場では過剰なところも見られた。

③交換性加里、交換性苦土、交換性石灰についても増加している事例が多いが、肥料

施用との関係があり、バラツキが多い。

堆肥連用年数の長い圃場等では、有効態リン酸、塩基類が過剰な圃場も見受けられた。

3) 作物生育等

堆肥施用期間の長い圃場で野菜等の安定生産が図られている圃場が多かった。

特に堆肥施用量等の異なる区画で赤カブの生育や日持ち性を調査したところ、堆肥施用量の多い区画で収量とともに、日持ち性が良好であった。

また、一部の圃場ではやや肥沃になり過ぎていて、レタス等が軟弱気味に生育しているところも見られた。

4) 堆肥施用量等と作物生育

今回、調査対象とした圃場はこれまで堆肥等有機物を施用していなかった圃場に堆肥を施用して野菜などを安定生産できるようにしたところを調査した。

この点で、作物生育等との関係でどのような地力水準になると安定生産が可能になるのかを推定することが可能である。

こうした点から地力として腐植含量と全窒素含量を指標として作物生育等との関係を見てみた。

黒ボク土の場合、今回調査した事例から見ると、大まかに見て野菜等が安定生産できている圃場の腐植含量は 8%以上のところが多い。

また、全窒素含量では 0.45%以上の圃場で安定生産しているところが多い。

灰色低地土では腐植含量で 4～5%、全窒素含量 0.3%以上のところで野菜等が安定的に生産できている圃場が多い。

一方、全窒素含量が 0.6%を超している圃場はやや軟弱気味の生育となっている。

こうした野菜類が安定して生産出来る腐植含量、全窒素含量を目標として堆肥を施用していくことも考えられる。

堆肥施用量や年数との関係では今回の事例から見ると地力の低い耕作放棄地に堆肥施用して野菜等が生産できるためには大まかにいって 3～4 年で堆肥 10t/10a 程度が必要としているところが多い。そうした圃場の腐植含量、全窒素含量を調査してみると黒ボク土で腐植含量が 7～8%、全窒素含量で 0.4～0.45%、灰色低地土については腐植含量が 4～5%、全窒素含量で 0.3%程度となっている。

(4) 土壌の種類別堆肥施用効果の個別事例

1) 黒ボク土圃場

事例調査の対象農家としては全て野菜生産を主体とした有機栽培農家である。

下表のとおり黒ボク土の露地野菜が4事例、ハウス野菜を2事例調査した。

表4 現地事例農家と堆肥連用効果の概要(黒ボク土)

地 域	比較対象	堆肥連用区の物理性の変化	堆肥連用区の化学性の変化	堆肥連用区の作物生育等の特色
栃木県中山間 有機農家 A (露地) (H20 年調査)	①堆肥 5 年間 9~10t/10a ②堆肥 5 年間 2t/10a ③無堆肥	△固相率やや低下 ○作土層硬度低下 △仮比重やや低下 ○易有効水分向上	○腐植含量、全窒素含量増加 ○加里、苦土、石灰含量増加 △リン酸やや増加	○赤カブの収量向上 ○日持ち性向上
栃木県中山間 有機農家 A (露地) (H20 年調査)	①堆肥 6 年連用 (当初 3t その後 2t/10a) ②堆肥 1 回施用 (3t/10a) ③無堆肥	×固相率高まる △仮比重変化なし ○作土層硬度低下 ○易有効水分向上	○腐植含量、全窒素含量増加 ○加里、苦土、石灰含量増加 ○リン酸増加	○多くの葉物野菜が安定して生産できる
栃木県中山間 有機農家 A (露地) (H21 年調査)	①堆肥 6 年連用 (当初 3t その後 2t/10a) ②堆肥 1 回施用 (2t/10a) ③無堆肥	△固相率やや低下 △作土層硬度やや低下 △仮比重やや低下 ○易有効水分向上	○腐植含量、全窒素含量増加 ○加里、苦土、石灰含量増加 ○リン酸増加	○多くの葉物野菜が安定して生産できる
群馬県中山間 有機農家グループ(露地) (H20 年調査)	①堆肥 30 年連用 ②堆肥 21 年連用 ③堆肥 8 年連用 ④堆肥 1 年施用	○固相率低下 ○作土層硬度低下 △仮比重やや低下 ○易有効水分向上	○腐植含量、全窒素含量増加 △加里、苦土、石灰含量過剰 △リン酸過剰	○品質の良いハウレン草が生産できている
千葉県平地 有機農家 B (ハウス) (H20 年調査)	①堆肥 11 年連用 (年間約 5t/10a) ②堆肥 2 年連用 (年間約 5t/10a)	○固相率低下 ○作土層硬度低下 ○仮比重低下 ○易有効水分向上	○腐植含量、全窒素含量増加 ○加里、苦土、石灰含量増加 △リン酸やや過剰	○慣行栽培に見劣りしないレタスが生産(品質、収量極めて良好)
千葉県平地 有機農家 B (ハウス、露地) (H21 年調査)	①堆肥 12 年連用 (年間約 5t/10a 最近 1t/10a) ②堆肥 4 年連用 (年間約 5t/10a) ③堆肥 18 年連用 (露地年間 3t)	×固相率高まる ×易有効水分低下 △作土層硬度同じ ○仮比重低下	○腐植含量、全窒素含量増加 △加里、苦土、石灰含量やや過剰 △リン酸やや過剰	○レタス、コマツナ品質の良いものの生産(やや大きすぎ) ○堆肥 4 年連用の野菜収量改善

凡例： ○は効果あり。△はどちらとも言えない。×は効果が認められない。

(2) 土壌の種類と堆肥連用効果の個別事例

1) 黒ボク土

事例 1 栃木県 M 氏の堆肥施用量の異なる圃場(有機栽培)での土壌改良効果
- 耕作放棄地を借地後、堆肥施用量の異なる圃場区画での比較 -

栃木県の M 氏は有機栽培を開始して 8 年になる有機農家で他産業から参入したため、農地は全て借地で、耕作放棄地を借りて有機農業を行っている。畑は地力がないため、堆肥施用による土づくりが重要で、土づくりができた圃場は安定した野菜生産が可能となっている。その中でまだ、土づくり途中の圃場区画があることから、これら圃場の土壌の改良効果を調査した。

1. 圃場の来歴と作物生育等の特色

一般に有機栽培を行う圃場は、耕作放棄地や放任栽培の農地を借用して行う場合が多い。その場合、耕作放棄地等の土壌の物理性が劣っていたり、地力がないことが多く、早く生産が安定するよう堆肥を施用し土壌改良を行っていくことが普通である。

栃木県 M 氏の圃場に有機栽培年数が同じで堆肥施用量の異なる圃場区画と有機栽培を開始したときの状態の圃場区画が隣接していたので堆肥施用量の相違による両者の土壌特性の比較を行った。

表 5 圃場別の堆肥施用量、作物生育等の比較

	土壌の種類	堆肥施用歴	栽培してきた作物	作物生育等の特色
① 堆肥を施用してきた圃場区画	黒ボク	5 年間で 9～10t/10a	野菜(前作 赤カブ)	赤カブの生育や収量が多い
② 堆肥殆ど施用していない圃場区画	黒ボク	5年間に 2t/10a	野菜(前作 赤カブ)	上記①の区画と比較して赤カブの生育や収量は劣る
③ 堆肥を施用していない圃場区画	黒ボク	栽培開始前の圃場区画 0t/10a (5年前の状況)	耕作せず	-

(1) 比較した圃場区画の栽培履歴

① 堆肥を施用してきた圃場区画(5 年間で 9～10t/10a)

5 年前に圃場借用後、美土里堆肥を約 2～3t/10a を 2 回施用してきており、H20 年 3 月に美土里堆肥を 2t/10a 施用。H20 年 12 月まで赤カブを作付けしていた。

②堆肥の殆ど施用していない圃場区画(5年間に 2t/10a)

5 年前に圃場借用後、堆肥は投入せず、H20 年 3 月に美土里堆肥を 2t/10a 施用
H20 年 12 月まで赤カブを作付けしていた。

③堆肥を施用していない圃場区画(有機栽培開始前の圃場区画)

現在、堆肥施用による有機栽培を開始する前の状態にある隣接区画であり、有機栽培を行う際、抜根せず梅園として一部残している。この区画は梅植栽部分(放任)と有機栽培圃場の間の堆肥無施用の区画でこれまで作物を作付けしてきていない。

(写真)左の生育の良い赤カブ畦が堆肥施用、右が堆肥施用が殆どなし



(2)施用した堆肥

利用している堆肥は M 町の堆肥センターの堆肥で材料は牛ふん、生ゴミ、落ち葉、籾殻、オガ粉である。

成分は下記の通りである。

表 6 美土里堆肥の成分

水分	pH	C/N 比	EC	窒素全量	リン酸全量	加里全量	発芽率
55	7.9	18.7	4.8	1.9	1.1	2.0	100

注) 成分については水分を除き乾物での%。

(3)赤カブの生育、収量

堆肥を施用してきた土壌と殆ど施用していない土壌では葉長、全重量とも堆肥を施用してきた土壌で生育した「赤カブ」はかなり大きい。

表 7 堆肥施用量の多少による赤カブの重量(3 個体平均)等

	葉長 (cm)	全重量 (g)
堆肥を施用してきた土壌	56	473
堆肥の殆ど施用していない土壌	38	145

(写真)堆肥施用量の相違による赤カブの大きさ(右堆肥施用)



2.土壌の物理性と化学性の変化

(1)土壌の物理性

(易有効水分)

作物が容易に吸収することのできる土壌中の水分である易有効水分は、①堆肥を施用してきた土壌(5年間で9~10t/10a)が最も多く15.3、次いで②堆肥の殆ど施用していない土壌(5年間に2t/10a)14.6、③堆肥を施用していない土壌(有機栽培開始前の区画)12.3となっている。(*易有効水分のpF:黒ボク圃場容水量pF1.8から毛管連絡切断点pF2.7~3)

易有効水分が高くなっていることは、ハウレンソウ等播種する野菜の発芽勢の向上に寄与していると考えられる。

(三相分布)

土壌の硬さや保水性、通気性などの物理的性質と密接に関係する指標として土壌の固相、液層、気相の容積割合(%)を示す三相分布がある。固相は粘土、砂などの無機物と動植物遺体などからできた有機物からなり、その容積割合を固相率といい、液層率と気相率をあわせて孔隙率と言う。

固相率は①堆肥を施用してきた土壌(5年間で9~10t/10a)(25.6%)と②堆肥を殆ど施用していない土壌(5年間に2t/10a)(25.2%)でほぼ同じ程度であるが、③堆肥を施用していない土壌(有機栽培開始前の区画)が最も固相率が高く(逆に孔隙率が低

い) (28.4%) になっている。

このように、堆肥を施用することによって土壌の固相率が低下してきている。

表 8 三相分布等

	三相分布			易有効水分 (%)	仮比重
	固相(%)	液層(%)	気相(%)		
堆肥を施用してきた土壌 (5年間で 9～10t/10a)	25.6	55.1	19.3	16.9	0.75
堆肥の殆ど施用していない土壌(5年間に 2t/10a)	25.2	51.7	23.2	14.6	0.75
堆肥施用していない土壌 (不作付地)	28.4	54.0	17.7	12.3	0.78

(土壌硬度)

土壌のち密度(土壌の硬軟)を表す土壌硬度については、作土層で見ると①堆肥を施用してきた土壌 (5年間で 9～10t/10a)が最も硬度が低く、次いで②堆肥の殆ど施用していない土壌(5年間に 2t/10a)、③堆肥を施用していない土壌(有機栽培開始前の区画)の順になっている。

土壌の仮比重(単位容積当たりの固相重量)は③堆肥を施用していない土壌(有機栽培開始前の区画)と比較し堆肥施用してきている①、②の圃場区画で低くなっている。

堆肥施用を行っている土壌区画では作土層の土が軟らかくなっている。

表 9 土壌硬度(山中式硬度計、単位mm)

	堆肥を施用してきた土壌	堆肥の殆ど施用していない土壌	堆肥施用していない土壌
深さ 5 cm	6	8	9
10	9	11	16
15	15	14	17
20	22	22	17
25	—	25	20
30	21	24	23

このように、土壌の三相分布、易有効水分、土壌硬度を見てくると、明らかに堆肥を施用してきた区画が望ましい土壌の状態に改善されてきていることがわかる。

(2) 土壌の化学性

土壌の化学性については、①堆肥を施用してきた土壌（5年間で9～10t/10a）②堆肥の殆ど施用していない土壌（5年間に2t/10a）が③堆肥を施用していない土壌（有機栽培開始前の区画）と比較して腐植含量、全窒素含量とともに、交換性加里、交換性苦土、交換性石灰の塩基類の含量が多くなっており確実に地力が高まってきている。

*交換性加里：土壌の陰電荷に吸着され、ほかの陽イオンと容易に交換（置換）される土壌溶液中に出てくるカリウムのことをいう。交換性石灰、交換性苦土も同様である。

表 10 土壌の化学分析結果

	pH	CEC me	磷酸吸収係数	腐植含量%	全窒素%
堆肥を施用してきた土壌	6.9	37.2	1892	7.1	0.38
堆肥の殆ど施用していない土壌	6.8	32.3	1810	7.0	0.38
堆肥施用していない土壌（不作付地）	6.0	30.1	1957	6.7	0.35

（続き）

	有効態リン酸 mg	加里 mg	苦土 mg	石灰 mg	石灰飽和度%	塩基飽和度%	苦土/加里	石灰/苦土
堆肥を施用してきた土壌	10.4	145.3	90.4	329.7	31.6	51.9	1.5	2.6
堆肥の殆ど施用していない土壌	9.2	90.0	87.4	298.7	33.0	52.4	2.3	2.5
堆肥施用していない土壌（不作付地）	5.4	56.2	20.1	158.4	18.8	26.1	0.8	5.7
栃木県土壌診断基準（葉菜類）	20～60	—	—	—	—	60～70	—	—

事例 2 栃木県 M 氏圃場の堆肥施用年数の異なる圃場(有機栽培)での土壌改良効果
(耕作放棄地借用し堆肥施用 2 年目圃場と 6 年圃場区画、借用前圃場の比較)

1. 圃場の来歴と特色

栃木県 M 氏の圃場で同一圃場内に耕作放棄地借用後において堆肥施用年数の異なる圃場区画がある。

堆肥施用年数が 6 年間の圃場区画は土づくりができていて安定して野菜生産ができているが堆肥施用 2 年目の圃場は野菜の生育が悪い。

こうした堆肥施用年数の異なる圃場区画についてそれぞれ、堆肥施用による土壌改良効果について比較調査をした。

表 11 圃場別の堆肥施用量、作物生育等の比較

	土壌の種類	堆肥施用歴	栽培してきた作物	作物生育等の特色
①堆肥を 6 年間施用してきた圃場区画	黒ボク土	初年目 3t/10a 2 年目以降 2t/10a 施用	野菜(コマツナ等)	野菜は何を作付けても良いものが収穫
②堆肥一回施用した圃場区画	黒ボク土	初年目 3t/10a 施用のみ	野菜(コマツナ)	上記①の区画と比較してコマツナの生育や収量は劣る
③堆肥を施用していない圃場区画	黒ボク土	栽培開始前の圃場区画 (5年前の状況)	耕作せず	－

(1)比較した圃場区画の栽培来歴

①堆肥 6 年施用圃場区画

当初美土里堆肥を 3t/10a 程度施用しその後毎年 2t/10a 施用している圃場で安定して品質の良い葉菜類が収穫できる。

②堆肥一回のみ施用圃場区画

2 年前まで通路として使用しており H20 年 3 月に美土里堆肥 3t/10a を施用した区画で野菜の生育は良くない。

③堆肥を施用していない圃場区画(有機栽培開始前の圃場区画)

現在、堆肥施用による有機栽培を開始する前の状態にある隣接区画であり、有機栽培を行う際、抜根せず梅園として一部残している。この区画は梅植栽部分(放任)でこれまで作物を作付けしてきていない。

(2)施用した堆肥

利用している堆肥はM町の堆肥センターの堆肥(美土里堆肥)で材料は牛ふん、生ゴミ、落ち葉、籾殻、オガ粉である。成分は下記の通りである。

表 12 美土里堆肥の成分

水分	pH	C/N 比	EC	窒素全量	リン酸全量	加里全量	発芽率
55	7.9	18.7	4.8	1.9	1.1	2.0	100

注) 成分については水分を除き乾物での%。

(写真) 安定して野菜ができる堆肥 6 年施用区画(左)と生育の劣る堆肥 1 年施用区画(右)



2.土壌の物理性と化学性の変化

(1)土壌の物理性

作物が容易に吸収することのできる土壌中の水分である易有効水分は、①「堆肥 6 年施用区画」が最も多く、②「堆肥一回のみ施用圃場区画」は低くなっている。

易有効水分の比率が高くなることはコマツナ、ホウレンソウなどのように播種して栽培する作物では発芽に必要な水分が十分保持され揃いが良くなる。

また、土壌の三相分布について、固相率は①「堆肥 6 年施用区画」と②「堆肥一回のみ施用区画」がほぼ同じ程度となっている。ただし、土壌の仮比重(単位容積当たりの固相重量)は①「堆肥 6 年施用区画」が②「堆肥一回のみ施用圃場区画」より低くなっている。

このように堆肥の連用により①「堆肥 6 年施用区画」は土壌物理性が改善されていることが示された。

表 13 三相分布等

	三相分布			易有効水分(%)	仮比重
	固相(%)	液層(%)	気相(%)		
堆肥 6 年施用区画	27.7	57.1	15.2	15.1	0.81
堆肥一回施用区画	26.5	51.7	21.8	10.3	0.85
堆肥を施用ない区画	-	-	-	-	0.80

土壌のち密度を表す土壌硬度については、作土層で見ると①「堆肥 6 年施用区画」が②「堆肥一回のみ施用圃場区画」より土壌硬度の値が低く、柔らかになっている。

表 14 土壌硬度(山中式硬度計)

	有機栽培 6 年目 土壌	堆肥殆ど施用してい ない土壌
深さ 5 cm	8	8
10	11	14
15	17	19
20	19	21
25	19	23
30	17	20

(2) 土壌の化学性

土壌の化学性については、②堆肥一回のみ施用圃場区画と比較して①堆肥6年施用区画は腐植含量、全窒素含量、有効態リン酸とともに、交換性加里、交換性石灰の塩基類が多くなって塩基飽和度も栃木県の葉菜類の土壌診断基準値の適正領域に入っており、堆肥施用により確実に地力が高まってきている。

表 15 土壌の化学分析結果

	pH	CEC me	磷酸吸 収係数	腐植含 量%	全 窒 素%	硝 酸 態 窒素 mg	アンモニ ア態 mg
有機栽培 6 年目土壌(葉菜生育良)	6.5	39.4	1798	8.6	0.45	4.85	0.79
堆肥施用 2 年目土壌	6.6	37.3	1907	6.4	0.34	3.20	0.79
堆肥施用していない土壌(梅林)	5.7	31.9	1899	6.7	0.34	0.17	0.59

(続き)

	有効態リ ン酸 mg	加 里 mg	苦 土 mg	石灰 mg	石 灰 飽 和度%	塩 基 飽 和度%	苦土/ 加里	石灰/ 苦土
有機栽培 6 年目土壌	25.5	154.2	62.6	538.0	48.7	64.9	0.9	6.2
堆肥施用 2 年目土壌	14.9	82.2	67.6	380.8	36.4	50.1	1.9	4.0
堆肥施用していない土壌(梅林)	14.4	67.1	10.5	90.0	10.1	16.2	0.4	6.2
栃木県土壌診断基準(葉菜)	20~60	—	—	—	—	60~70	—	—

事例 3 栃木県 M 氏の堆肥施用量の異なる圃場(有機栽培)での土壌改良効果

－ 耕作放棄地を借地後、堆肥施用 6 年、2 年、無堆肥圃場区画での比較 －

栃木県の M 氏は有機栽培を開始して 8 年になる有機農家で他産業から参入したため、農地は全て借地で、耕作放棄地を借りて有機農業を行っている。畑は地力がないため、堆肥施用による土づくりが重要で、土づくりができた圃場は安定した野菜生産が可能となっている。その中でまだ、土づくり途中の圃場区画があることから、これら圃場の土壌の改良効果を調査した。

1. 圃場の来歴と作物生育等の特色

栃木県 M 氏の圃場に堆肥施用年数の異なる圃場区画と有機栽培を開始する前の状態の圃場区画（放任梅林）が隣接していたので堆肥施用量の相違による両者の土壌特性の比較を行った。

表 16 圃場別の堆肥施用量、作物生育等の比較

	土壌の種類	堆肥施用歴	栽培してきた作物	作物生育等の特色
①堆肥施用 6 年連用	黒ボク土	6 年(当初 3t 以後 2t)	白菜、キャベツ等野菜	色々な野菜が安定して生産できる
②堆肥施用 2 年連用	黒ボク土	2 年(1年目 3t、2 年目 2t)	スイスオーチャード	作物によって多肥作物でないものは比較的良好生産
③無堆肥	黒ボク土	栽培開始前の圃場区画 0t/10a (現在梅林)	耕作せず	－

2. 最近施用している堆肥

利用している堆肥は M 町の堆肥センターの堆肥で材料は牛ふん、生ゴミ、落ち葉、穀殻、オガ粉である。

堆肥成分は下記の通りである。

表 17 美土里堆肥の成分

水分	pH	C/N 比	EC	窒素全量	リン酸全量	加里全量	発芽率
55	7.9	18.7	4.8	1.9	1.1	2.0	100

注) 成分については水分を除き乾物での%。

3.土壌の物理性と化学性の変化

(1)土壌の物理性

土壌硬度は「堆肥 6 年連用圃場」が作土層の土壌の土が最も柔らかで、次いで「堆肥 2 年連用圃場」、「無堆肥圃場」となっている。

このように、堆肥連用年数の長く投入量の多い圃場と土壌硬度は密接に関連している。

表 18 土壌硬度(山中式硬度計、単位mm)

	堆肥 6 年連用	堆肥 2 年連用	無堆肥
深さ 5 cm	6	6	8
10	13	10	16
15	13	13	18
20	17	18	19
25	17	20	19
30	16	20	18

土壌の三相分布について、固相率は「堆肥連用 6 年圃場」が「堆肥連用 2 年圃場」より低下している。

また、作物が容易に吸収することのできる土壌中の水分である易有効水分は、①堆肥連用 6 年圃場が最も多く、次いで堆肥連用 2 年圃場、無堆肥圃場となっている。

堆肥連用年数の長い圃場は堆肥施用によって土壌の物理性が改善されている。

表 19 三相分布等

	三相分布			易有効水分 (%)	仮比重
	固相(%)	液相(%)	気相(%)		
堆肥 6 年連用	25.4	41.4	33.2	13.6	0.68
堆肥 2 年連用	25.1	44.0	30.9	13.3	0.68
無堆肥	27.8	47.2	25.0	12.1	0.74

(写真) 堆肥 6 年連用(白菜)



(写真) 堆肥 2 年連用(スイスオーチャード)



(写真) 無堆肥(堆肥施用前の圃場状況)(梅林)



(2)土壌の化学性

土壌の種類は黒ぼく土でリン酸吸収係数は高い。

腐植含量と全窒素含量については「堆肥 6 年連用圃場」が最も高く、次いで「堆肥 2 年連用圃場」、「無堆肥圃場」の順となっている。

このように、圃場による堆肥の施用年数や施用量の相違は腐植含量と全窒素含量に現れてきている。

また、「堆肥 6 年連用圃場」、「堆肥 2 年連用圃場」、「無堆肥圃場」間には次のような土壌養分の特徴が見られた。

- ①有効態リン酸は堆肥連用年数の長い圃場の濃度が高くなっており、「堆肥 6 年連用圃場」が最も高く、適正水準にある。「無堆肥圃場」と「堆肥 2 年連用圃場」の有効態リン酸は不足している。
- ②交換性加里についても堆肥連用年数の長い圃場の濃度が高くなっており、「堆肥 6 年連用圃場」が最も高く、「堆肥 2 年連用圃場」と「無堆肥圃場」は低い。

表 20 土壌分析結果

	土の種類	pH	CEC	磷酸吸収係数	腐植含量	全窒素
堆肥 6 年	黒ボク土	6.7	48.7	1,967	11.1	0.57
堆肥 2 年	黒ボク土	6.0	34.5	2,175	7.6	0.41
無堆肥	黒ボク土	5.9	30.6	2,065	4.3	0.22

(続き)

	有効態リン酸	交換性加里	交換性苦土	交換性石灰	石灰飽和度	塩基飽和度	苦土/加里	石灰/苦土
堆肥 6 年	26.5	149.4	109.9	491.2	35.9	53.6	1.7	3.2
堆肥 2 年	5.6	45.2	28.3	220.7	22.8	29.7	1.5	5.6
無堆肥	4.2	42.2	25.3	185.7	20.2	27.3	1.3	5.2
県土壌診断基準 (葉菜類)	20~60	—	—	—	—	60~70	—	—

事例 4 群馬県有機グループの堆肥施用年数の異なる野菜畑(黒ボク土)の土壌改良効果
 - 黒ぼく土野菜畑における堆肥施用 30 年、21 年、8 年圃場の比較 -

中山間地で 20 年以上有機栽培を行ってきている有機栽培グループで、耕作放棄地を借用し、年々規模拡大したり、耕作放棄地を借りて新規参入する農家が増加してきている。こうした圃場で安定して経営を行っていくためには、早期の地力増強が課題となっている。そうしたグループの中の圃場で堆肥施用年数の異なるところを選んで比較調査を行った。

1. 圃場の来歴と作物生育等の特色

堆肥施用歴等の異なる農家圃場 4 カ所選定し土壌の物理性、化学性の相違を調査した。
 4 ヶ所の圃場の堆肥施用歴や圃場の特色は次の表のとおりである。

表 21 圃場別の堆肥施用量、作物生育等の比較

	土壌の種類	堆肥施用歴	栽培してきた作物	作物生育等の特色
①O 氏圃場	黒ボク土	30 年	ハウスホウレンソウ	安定して品質の良い葉菜類が収穫可能
②S 氏圃場②	黒ボク土	21	露地サニーレタス	安定して品質の良い葉菜類が収穫可能
③K 氏圃場	黒ボク土	8	露地ホウレンソウ	最近になって良品が収穫できるようになった
④S 氏圃場①	黒ボク土	1	露地コールラビ	昨年数年間耕作放棄状態の圃場を借地して耕作開始

(2) 施用した堆肥

農家によって使用堆肥の材料はやや異なるが、基本は鶏ふんとナメコ廃菌床を主体としたものを利用している。

表 22 各農家の最近利用している堆肥材料

氏 名	堆肥施用歴	使用堆肥の原材料
①O 氏圃場	30 年	土着菌(0.4%)籾殻薫炭(0.4%)落ち葉(少々)えのき茸廃床(80%)稲わら(少々)、発酵鶏ふん(16%)米ぬか(1.5%)
②S 氏圃場②	21	茶カス等堆肥(30%) ナメコ廃床(40%)、稲わら(5%)、発酵鶏ふん(25%)
③K 氏圃場	8	牛ふん(40%)、豚ふん(20%)、コーヒー粕(40%)
④S 氏圃場①	1	発酵鶏ふん、ナメコ廃床

2. 土壌の物理性と化学性の変化

(1) 土壌の物理性

土壌の密度(土壌の硬軟)を表す土壌硬度については、安定して品質の良いハウレンソウが生産できている 0 氏の圃場が柔らかく、深さ 20 cm までの硬度が最も小さい。

ハウレンソウの根は深根性で 60 cm 程度まで伸びていくので、0 氏の圃場のように下層まで柔らかい圃場にマッチしているので生育にも影響してくると思われる。

K 氏の圃場は、15 cm～20 cm 程度のところに耕盤があり固い。

S 氏①の圃場は最近借用したもので、機械作業を行ってないことから耕盤がなく下層まで柔らかかった。

表 23 各圃場の土壌硬度(山中式硬度計)

圃 場	堆肥施用歴	土壌硬度				
		5cm	10cm	15cm	20cm	25cm
①0 氏圃場	30 年	2	4	6	11	18
②S 氏圃場②	21	5	11	13	14	14
③K 氏圃場	8	5	7	10	19	17
④S 氏圃場①	1	4	8	9	11	10

土壌の硬さや保水性、通気性などの物理的性質と密接に関係する指標として土壌の固相、液相、気相の容積割合(%)を示した三相分布がある。固相は粘土、砂などの無機物と動植物遺体などからできた有機物からなり、その容積割合を固相率といい、液層率と気相率をあわせて孔隙率と言う。

その固相率については、0 氏の圃場の固相率が最も小さく、次いで S 氏①、S 氏②となっており堆肥施用歴の長さと比例している。

また、土壌の保水性を表す易有効水分についても、堆肥の施用歴に比例して 0 氏の圃場の易有効水分が最も大きく、次いで S 氏①、S 氏②の順になっている。

表 24 各圃場の三相分布と易有効水分

圃 場	三相分布			易 有 効 水 分 (%)	仮比重
	固相(%)	液相(%)	気相(%)		
①0 氏圃場	29.1	42.2	28.7	14.3	0.91
②S 氏圃場②	33.6	48.7	17.7	10.4	0.94
③K 氏圃場	—	—	—	—	0.96
④S 氏圃場①	34.1	41.3	24.7	9.9	0.91

(写真) O 氏圃場(ホウレンソウ栽培)



(写真) K 氏圃場(ホウレンソウ栽培)



(写真) S 氏圃場②(レタス収穫後の状態)



(写真) S 氏圃場① (コールラビ収穫後の状態)



(2)土壌の化学性

各圃場の化学性については、O 氏の圃場のように安定して品質の良いホウレンソウが生産できる圃場の腐植含量、全窒素含量が最も高く、圃場の堆肥施用歴の長さ按比例して腐植含量、全窒素が高くなっていた。特にハウス栽培を行っている O 氏の圃場の塩基類の蓄積が目立つ。

S 氏①圃場については、加里が少ないが養分バランスがとれていて安定して品質の良い野菜が生産できる要因にもなっている。

また、これまで鶏ふん堆肥を多く連用したことから O 氏、K 氏の圃場の pH が高くなったと考えられる。

表 25 各圃場の化学分析結果

圃 場	堆肥施用歴	pH	CEC	磷酸吸収 係数	腐 植 含 量	全窒素
①O 氏圃場	15 年	7.4	47.4	1337	10.7	0.58
②S 氏圃場	10	6.6	32.0	1186	9.9	0.47
③K 氏圃場	10	7.3	30.5	834	7.0	0.38
④S 氏圃場	1	6.5	25.8	1265	6.8	0.31
県診断基準	—	6.0～6.5	—	—	—	—

(続き)

圃 場	有効態リン 酸	交換性加 里	交換性 苦土	交換性石 灰
①O 氏圃場	460.0	96.7	196.7	1121.9
②S 氏圃場	66.6	15.0	40.1	692.4
③K 氏圃場	183.8	50.7	81.4	476.3
④S 氏圃場	48.1	27.5	54.0	369.5
県診断基準	20～60	70～85	80～100	380～440

注) 群馬県の土壌診断基準は葉菜類のもの

事例 5 千葉県T氏の堆肥連用年数の異なるハウス圃場(黒ボク土)の土壌特性と野菜生産の相違
- 黒ぼく土のハウス野菜圃場における堆肥 11 年、3 年施用圃場の比較 -

T氏は有機野菜 22 年のベテランであり 70 a の耕地面積で露地とハウスで野菜を生産している。これまでの過程で規模拡大してきており、ハウスで堆肥による土づくり年数の異なる圃場があることから堆肥施用による土壌改良効果の調査を行った。

1. 圃場の来歴と作物生育等の特色

比較したのは「堆肥連用 11 年の圃場」と「3 年連用の圃場」である。「堆肥 3 年連用の圃場」はハウスを設置して 4 年目になるものでその前は露地畑として利用されていたものを造成して設置している。ハウスを設置する前にある程度土づくりはなされているが、表土が移動する等しており土は痩せているという。

「堆肥 11 年連用のハウス」の野菜は慣行栽培にまさるとも劣らない立派な葉菜類が生産されている。

(1) ハウス圃場の堆肥施用年数と野菜の生育

自家製堆肥は年間で両ハウスとも 5t/10a 施用している。

T氏によれば、堆肥 11 年連用している圃場は何を作っても良い品質の野菜がとれる。

しかし、新たに造成し 3 年堆肥連用している圃場の大根はまあまあの品質のものが生産できたがレタスは良いものが収穫できなかったと言っている。

(写真)生育収量の良いハウスのレタス(堆肥 11 年連用ハウス)



(2)施用した堆肥

連用している堆肥は自家製造の堆肥で土壌診断結果等に基づき豚糞を原料として落花生殻等を加えたもので、土壌改良目的の堆肥が製造されている。

◆豚糞堆肥(自家製造)

◆堆肥原料(配合割合の多い順)

①落花生の殻(約60%)、②豚ふん堆肥、③粃殻、④稲わら、⑤米ぬか

表 26 利用堆肥の成分(水分除き乾物中%)

水分	pH	C/N 比	EC	窒素全 量	リン酸全 量	加里全 量	石灰全 量	苦土全 量	発芽 率
45.4	7.4	15.2	5.2	2.2	4.8	2.8	4.0	1.7	96%

注)発芽率は熱水抽出法によるコマツナの発芽率

2.土壌の物理性と化学性の変化

(1)土壌の物理性

「堆肥 11 年連用圃場」と「堆肥 3 年連用圃場」の土壌物理性についても調査してみた。山中式硬度計で土壌硬度を調べたところ深さ 20 cm まで「堆肥 11 年連用圃場」の土壌の値が低く、大変柔らかい土壌となっている。

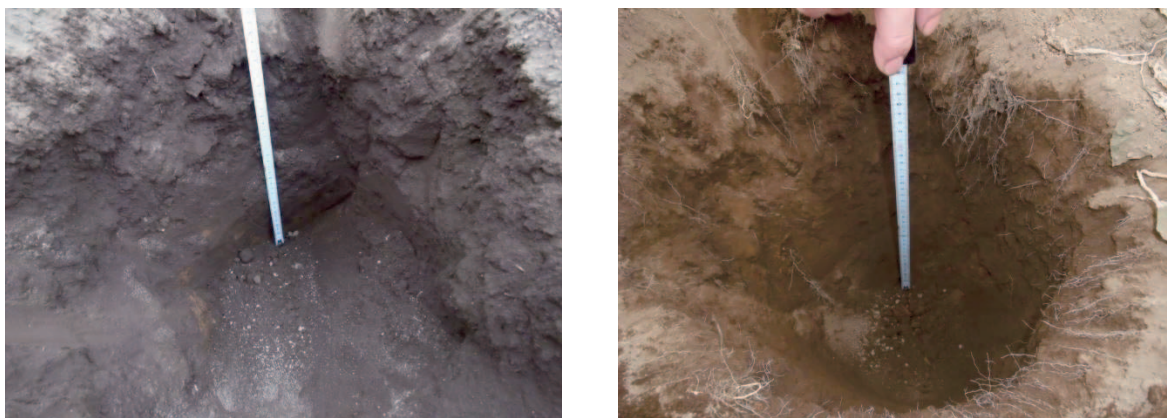
「堆肥 3 年連用圃場」は深さ 17 cm 以下土が急激に固くなっている。

表 27 堆肥 11 年連用圃場と堆肥 3 年連用圃場の土壌硬度(山中式硬度計)

	堆肥連用年数 11 年	堆肥施用 3 年
深さ 5 cm	3	4
10	3	8
15	4	10
20	8	19
25	20	21
30	18	17

また、「堆肥 11 年連用圃場」と「堆肥 3 年連用圃場」の土壌断面を見ると、「堆肥 11 年連用圃場」は下層まで土が黒く、腐植含量が高いことが伺われた。

(写真) 堆肥 11 年連用圃場(左)堆肥 3 年連用圃場(右)土壌断面



土壌の三相分布について、固相率は「堆肥連用 11 年圃場」が「堆肥連用 3 年圃場」より低下している。

また、作物が容易に吸収することのできる土壌中の水分である易有効水分は、①「堆肥連用 11 年圃場」が最も多く、次いで「堆肥連用 3 年圃場」となっている。

このように、堆肥連用年数の長い圃場は堆肥施用によって土壌の物理性が改善されている。

表 28 三相分布等

	三相分布			易有効水分 (%)	仮比重
	固相(%)	液相(%)	気相(%)		
堆肥連用年数 11 年	20.8	57.1	22.1	20.0	0.77
堆肥施用 3 年	21.2	52.7	26.1	17.4	0.81

(2)土壌の化学性

土壌の種類はどちらのハウスも黒ボク土でありリン酸吸収係数が高い。

「堆肥 11 年連用圃場」と「堆肥 3 年連用圃場」との間には次のような土壌養分の特徴が見られた。

- ①「堆肥 11 年連用圃場」は「堆肥 3 年連用圃場」と比較して塩基置換容量とともに、腐植含量、全窒素含量が多く、窒素肥沃度は高い。
- ②「堆肥 11 年連用圃場」は土壌養分の中で有効態リン酸含量とともに、交換性加里、交換性苦土、交換性石灰の塩基類の含量が高まってきているが県の土壌診断基準の適正範囲にある。
- ③「堆肥 3 年連用圃場」について有効態リン酸含量が 11.8 mg と県土壌診断基準を下回っている。堆肥連用年数も浅いことが影響しているものと考えられる。この他の交換

性加里、交換性苦土、交換性石灰の塩基類は県の土壌診断基準の適正範囲にある。

T氏は「堆肥3年連用圃場」で大根はまあまあのものが生産できたが、レタスについては良くなかったと言っている。レタスはリン酸要求レベルが高く、「堆肥3年連用圃場」の有効態リン酸含量が少ないことから、主要品目であるレタスの生産量が上がらなかったものと考えられる。

T氏は毎年土壌診断を行い、施肥設計に生かしており、「堆肥11年連用圃場」において土壌養分バランスがさほど崩れていない。

表 29 土壌分析結果

	土の種類	pH	CEC	磷酸吸収係数	腐植含量	全窒素
堆肥11年連用	黒ボク土	6.4	45.6	1,531	9.5	0.52
堆肥3年連用	黒ボク土	6.2	31.0	1,980	5.8	0.32

(続き)

	有効態リン酸	交換性加里	交換性苦土	交換性石灰	石灰飽和度	塩基飽和度
堆肥11年連用	148.5	127.1	153.9	723.5	56.5	79.2
堆肥3年連用	11.8	59.5	97.0	390.4	44.9	64.4
県土壌診断基準	20～100	30～50	55～105	370～550	—	55～90

事例 6 千葉県T氏の堆肥連用年数の異なる圃場(黒ボク土)の土壌特性と野菜生育の相違
 - 黒ボク土の野菜圃場における堆肥 18 年、12 年、4 年施用圃場の比較 -

T氏は有機野菜 22 年のベテランであり 70 a の耕地面積で露地とハウスで野菜を生産している。前年(前掲)に堆肥施用年数の異なるハウス(堆肥施用年数 11 年と 3 年)があることから、土壌の物理性等の比較を行ったが、隣接のハウスに同様の栽培管理を行っているハウス(堆肥施用年数 12 年と 4 年)がある。このため、前年の確認の意味も含めて隣接するハウス(堆肥施用年数 12 年と 4 年)で堆肥による土壌改良効果の比較を行うとともに、近接地に露地野菜で堆肥 18 年施用している圃場があったのでこれも併せて比較調査を行った。

1.圃場の来歴と作物生育等の特色

ハウス圃場で比較したのは堆肥連用 12 年の圃場と 4 年連用の圃場である。堆肥 4 年連用の圃場はハウスを設置して 5 年目になるものでその前は露地畑として利用されていたものを造成して設置している。ハウスを設置する前にある程度土づくりはなされているが、表土が移動する等しており土は痩せているという。しかし、最近は堆肥施用により生育斑も少なくなり、当初生育の悪かったレタスも生育が良くなってきている。

露地野菜圃場はハウス栽培と比較して葉物野菜の連作が少なく、堆肥施用量もハウスと比較して少なく、輪作体系の中でエン麦等地力増進作物を取り入れて管理してきている。

表 30 圃場別の堆肥施用量、作物生育等の比較

	土 壌 の 種類	堆肥施用歴	栽培してきた 作物	作物生育等の特色
① ハウス 堆 肥 12 年連用	黒ボク土	年間 5t/10a(今年から 1t)	レタス、ホウレンソウ、コマツナ等	多くの野菜が安定して生産できる。やや肥沃になってきておりレタスのサイズは大きすぎる。
②ハウス堆肥 4 年 連用	黒ボク土	年間 5t/10a	レタス、コマツナ、大根等	当初レタスの生育が悪く、葉ネギも不揃いが多かった。生育の悪い区画を中心に集中的に堆肥施用してきた結果良くなった。
③露地堆肥 18 年連用	黒ボク土	年間 2t/10a	レタス、ホウレンソウ、ネギ等	多くの野菜が安定して生産できる。T氏の露地圃場の中でも最も良く野菜が出来る圃場となっている。

(2)施用している堆肥

連用している堆肥は自家製造の堆肥で土壌診断結果等に基づき豚糞を原料として落花生殻等を加えたもので、土壌改良目的の堆肥が製造されている。

昨年から落花生の殻の代わりに剪定枝等を腐熟させたバークを用いている。

◆豚糞堆肥(自家製造)

◆堆肥原料(配合割合の多い順)

①落花生の殻(昨年からバーク利用)(約60%)、②豚ふん堆肥、③粃殻、④稲わら、⑤米ぬか

表 31 利用堆肥の成分(水分除き乾物中%)

水分	pH	C/N 比	EC	窒素全量	リン酸全量	加里全量	石灰全量	苦土全量	発芽率
45.4	7.4	15.2	5.2	2.2	4.8	2.8	4.0	1.7	96%

注)発芽率は熱水抽出法によるコマツナの発芽率

2.土壌の物理性と化学性の変化

(1)土壌の物理性

堆肥12年と堆肥4年連用のハウス圃場と堆肥18年連用の露地圃場の土壌物理性について調査してみた。

山中式硬度計で土壌硬度を調べたところいずれの圃場も問題となる点はなく、堆肥施用により物理性は良好になっている。

昨年(前掲)隣接の3年堆肥連用ハウス区画の土壌硬度深さ17cm以下土が急激に固くなっていたが、それは今回見られなかった。生育の劣る区画への重点的堆肥施用と合わせプラソイラーで深耕していることが影響していると見られる。

表 32 堆肥ハウス12年、4年連用圃場と露地18年圃場の土壌硬度(山中式硬度計)

	ハウス堆肥12年	ハウス堆肥4年	(参考)ハウス堆肥3年(隣接ハウス)(前年調査)	露地堆肥18年
深さ5cm	3	2	4	2
10	6	2	8	5
15	7	4	10	9
20	11	8	19	17
25	18	21	21	18
30	22	19	17	15

また、「ハウス堆肥 12 年連用圃場」と「ハウス堆肥 4 年連用圃場」の土壌断面を見ると、「ハウス堆肥 12 年連用圃場」は下層まで土が黒く、腐植含量が高いことが伺われた。

(写真) 堆肥施用 12 年連用ハウス土壌



(写真) 隣接の堆肥連用 12 年圃場 (ホウレンソウ)



(写真) 堆肥施用 4 年連用ハウス土壌



(写真) 堆肥連用 18 年連用露地圃場の土壌 (地力増進作物のクロタラリア作付け)



土壌の三相分布について、固相率は「ハウス堆肥 4 年連用圃場」が最も低く、また、作物が容易に吸収することのできる土壌中の水分である易有効水分も「ハウス堆肥 4

年連用圃場」が高くなっていて、堆肥連用の効果が明確ではない。しかし、仮比重については「ハウス堆肥 12 年連用圃場」や「ハウス堆肥 18 年連用圃場」が低く土が軽くなっており土壌物理性改善効果が見られる。

表 33 三相分布等

	三相分布			易有効水分 (%)	仮比重
	固相(%)	液相(%)	気相(%)		
①ハウス堆肥 12 年連用	24.3	36.6	39.0	14.3	0.72
②ハウス堆肥 4 年 連用	22.6	38.5	39.1	17.2	0.77
③露地堆肥 18 年連用	－	－	－	－	0.71

(2)土壌の化学性

土壌の種類はハウスも露地も黒ボク土であり、リン酸吸収係数が高い。腐植含量と全窒素含量については「ハウス堆肥 12 年連用圃場」が最も高く、次いで「露地堆肥 18 年連用圃場」、「ハウス堆肥 4 年連用圃場」の順となっている。

「ハウス堆肥 12 年連用圃場」が「露地堆肥 18 年連用圃場」より腐植含量と全窒素含量が高いのは、「ハウス堆肥 12 年連用圃場」が年間堆肥 5t/10a 施用してきているのに対し「露地堆肥 18 年連用圃場」は年間 2t/10a 程度の堆肥施用量となっており、これによる違いと考えられる。このように、堆肥の施用年数や施用量は堆肥の連用効果を示す腐植含量と全窒素含量に現れてきている。

また、「ハウス堆肥 12 年連用圃場」と「ハウス堆肥 4 年連用圃場」、「露地堆肥 18 年圃場」との間には次のような土壌養分の特徴が見られた。

①「ハウス堆肥 12 年連用圃場」は「ハウス堆肥 4 年連用圃場」、「露地堆肥 18 年連用圃場」と比較して有効態リン酸含量とともに、交換性加里、交換性苦土、交換性石灰の塩基類の含量が最も高く、有効態リン酸については県の土壌診断基準の適正範囲を超えている。

②「露地堆肥 18 年連用圃場」は堆肥連用年数が最も長いですが、施用量が 2t/10a 程度あることもあり、有効態リン酸などは県の土壌診断基準の適正範囲に入っている。

「ハウス堆肥 12 年連用圃場」は多くの作物が良く生育するがややメタボ気味であると T 氏が話しているが土壌分析結果はそれを現している。

こうしたことから、「ハウス堆肥 12 年連用圃場」については本年から堆肥の施用量を減らしたり、春作のコマツナ等は基肥なしで栽培するようにしている。

T 氏は毎年土壌診断を行い、施肥設計に生かしており、堆肥の素材を変えたり、クリーニングクロップを導入するなどにより「ハウス堆肥 12 年連用圃場」においても、一般に見られるハウス野菜栽培圃場ほど有効態リン酸含量が高くなく、土壌養

分バランスはさほど崩れていない。

表 34 土壌分析結果

	土の種類	pH	CEC	磷酸吸収係数	腐植含量	全窒素
①ハウス堆肥 12 年	黒ボク土	6.6	49.9	1,759	11.4	0.65
②ハウス堆肥 4 年	黒ボク土	6.2	34.2	2,049	5.9	0.33
③露地堆肥 18 年	黒ボク土	6.8	42.6	1,786	8.5	0.43

(続き)

	有効態リン酸	交換性加里	交換性苦土	交換性石灰	石灰飽和度	塩基飽和度
①ハウス堆肥 12 年	184.5	194.8	206.8	661.8	47.3	76.2
②ハウス堆肥 4 年	21.7	65.3	118.6	359.7	37.5	58.8
③露地堆肥 18 年	94.0	69.3	135.6	514.3	43.0	62.3
千葉県土壌診断基準	20～100	30～50	55～105	370～550	—	55～90

2) 灰色低地土圃場

灰色低地土についても全て野菜生産を主体とした有機栽培農家で 3 事例調査した。

表 35 現地事例農家と堆肥連用効果の概要(灰色低地土)

地 域	比較対象	堆肥連用区の物理性の変化	堆肥連用区の化学性の変化	堆肥連用区の作物生育等の特色
千葉県平地 有機農家 C (露地) (H20 年調査)	①堆肥 10 年連用 ②堆肥 6 年連用 ③堆肥 1 年施用	△固相率 6 年が最も低下 △作土層 6 年が最も低下 △仮比重 6 年が最も低下	○腐植含量、全窒素含量増加 ○加里、苦土、石灰含量増加 △リン酸やや増加	○堆肥 6 年連用圃場の野菜の収量、品質が最も良い
千葉県平地 有機農家 C (露地) (H21 年調査)	①堆肥 10 年連用 ②堆肥 3 年連用 ③慣行栽培(無堆肥)	○固相率低下 ○作土層硬度低下 ○作土層硬度低下	○腐植含量、全窒素含量増加 △加里、苦土、石灰含量傾向見られず △リン酸やや過剰	○堆肥 10 年連用圃場は多くの葉物野菜が安定して生産できる
埼玉県平地 有機農家 D (露地) (H21 年調査)	①堆肥 14 年連用 ②堆肥 3 年連用 ③堆肥 1 年施用	○固相率低下 ○作土層硬度低下 ○仮比重低下 ○易有効水分向上	○腐植含量、全窒素含量増加 △加里、苦土、石灰含量傾向見られず ○リン酸増加	○堆肥 10 年連用圃場は多くの野菜が安定して作れる

凡例： ○は効果あり。△はどちらとも言えない。×は効果が認められない。

事例 1 千葉県 Y 氏の堆肥施用年数の異なる有機露地野菜畑（灰色低地土）の土壤改良効果
 - 灰色低地土での堆肥施用 10 年、6 年、1 年の露地野菜圃場の比較 -

千葉県 Y 氏は JAS 有機認定をとっていないが無農薬、無化学肥料栽培 15 年で、東京を中心とした有機栽培農産物販売店などに直接販売している。これまで、耕作放棄地を借用して有機農業の面積拡大を図ってきている。借用農地土壌の多くは灰色低地土である。その中で、有機野菜の栽培開始年数の異なる圃場があり、有機野菜の収量、品質も異なるとのことなので、これら圃場の堆肥施用年数の相違による土壤改良効果について調査した。

1. 圃場の来歴と作物生育等の特色

Y 氏は有機栽培面積の拡大を周辺に多く見られる耕作放棄地を借用して行っている。このため、圃場の地力が低いことから堆肥を施用して土壤改良を行ってきている。

Y 氏の圃場には、借地による栽培開始した年数の異なる圃場がいくつかあることから、これらの堆肥施用による土壤改良効果を調査した。

比較した圃場の栽培履歴と作物生育の特色等については次のとおりである。

表 36 圃場別の堆肥施用量、作物生育等の比較

	土 壌 の 種 類	堆肥施用歴	栽培してきた作物	作物生育等の特色
① 堆肥を 10 年施用してきた圃場	灰色低地土	堆肥は当初 5t/10a、その後 1～2t/10a 施用	野菜（前作枝まめ、トウモロコシ、キャベツ）	生育は良い
② 堆肥 6 年施用してきた圃場	灰色低地土	堆肥は当初 5t/10a、その後 1～2t/10a、米糠 150 kg/10a、貝の粉	野菜（前作ズッキーニ、コマツナ、ホウレンソウ）	最も良い
③ 堆肥を 1 年施用してきた圃場	灰色低地土	堆肥 5t/10 施用と雑草鋤き込み	野菜（前作玉ねぎ）	スギナが多く生える。前作玉ねぎの生育は良くない

(写真) 堆肥施用 10 年圃場



(写真) 堆肥施用 1 年圃場



(写真) 堆肥施用 6 年圃場



2. 施用した堆肥

利用している堆肥は食品残さ堆肥に鶏糞、米糠加えぼかしを自家配合してローダーで3ヶ月ほど切り返したものを利用している。

表 37 堆肥の成分値(現物)

水分	pH	C/N 比	EC	窒素全 量	リン酸全 量	加里全 量	石灰全 量	苦土全 量
54.1%	7.4	24.7	2.2	0.77 %	0.29 %	0.31 %	1.13 %	0.15 %

3. 土壌の物理性と化学性の変化

(1) 土壌の物理性

「堆肥施用 10 年圃場」、「堆肥施用 6 年圃場」、「堆肥施用 1 年圃場」の土壌の物理性を調べてみた。土壌硬度については、最も作土の土壌硬度が低く、土が柔らかいのは 6 年圃場で次いで 10 年圃場、1 年圃場の順であった。

また、土壌の三相分布を測定してみた結果、固相率の最も高いのが「堆肥施用 1 年圃

場」でこれは想定されたが、次いで「堆肥施用 10 年圃場」で最も低いのが「堆肥施用 6 年圃場」であった。山中式土壌硬度計で測定した結果と同様の結果になっている。

Y 氏の「堆肥施用 6 年圃場」が最も野菜の収量、品質が良いということと符合する結果となっている。

表 38 堆肥施用（有機栽培）年数の異なる圃場の土壌硬度

	堆肥施用 10 年	堆肥施用 6 年	堆肥施用 1 年
深さ 5 cm	4	3	8
10	10	4	14
15	13	11	19
20	18	16	20
25	19	20	21
30	18	18	19

表 39 堆肥施用年数の異なる圃場の三相分布と仮比重

	三相分布			仮比重
	固相(%)	気相(%)	液相(%)	
堆肥施用 10 年	45.6	18.8	35.6	1.02
堆肥施用 6 年	41.9	24.2	33.9	0.92
堆肥施用 1 年	49.7	15.4	34.9	1.01

（写真）堆肥施用 10 年



（写真）堆肥施用 6 年



（写真）堆肥施用 1 年



(2)土壌の化学性

「堆肥施用 10 年圃場」、「堆肥施用 6 年圃場」、「堆肥施用 1 年圃場」間で比較をしてみると次のような特色がある。

①腐植含量、全窒素について有機栽培年数の長い圃場が高くなっている。

灰色低地土であることから、元々の腐植含量等は少ない。また、Y氏の作付面積が大きいこともあって 10a 当たりの堆肥施用量が通常年で 1～2t と少なく、有機栽培年数による腐植含量や全窒素含量の差は小さい。

②「堆肥施用 1 年圃場」は耕作放棄地（その前は慣行栽培）を借用して有機農業を開始したもので土壌改良がまだできておらず pH が低い。

表 40 堆肥施用年数の異なる圃場の土壌分析結果

	土の種類	pH	CEC	磷酸吸収係数	腐植含量	全窒素
堆肥施用 10 年	灰色低地土	6.5	22.7	628	3.1	0.18
堆肥施用 6 年	灰色低地土	6.5	25.1	666	2.8	0.17
堆肥施用 1 年	灰色低地土	5.8	20.9	560	2.2	0.13

(続き)

	有効態リン酸	交換性加里	交換性苦土	交換性石灰	石灰飽和度	塩基飽和度
堆肥施用 10 年	141.8	55.1	31.8	391.5	61.4	73.5
堆肥施用 6 年	72.2	26.5	34.5	422.0	59.9	68.9
堆肥施用 1 年	88.0	57.3	31.0	250.7	42.7	55.9
県土壌診断基準	20～100	30～50	55～105	370～550	—	55～90

事例 2 千葉県 Y 氏の堆肥施用年数の異なる露地野菜畑と慣行圃場(無堆肥)の土壌改良効果
- 灰色低地土での堆肥施用 10 年、3 年、慣行の露地野菜圃場の比較 -

千葉県 Y 氏はこれまで、耕作放棄地を借用して有機農業の面積拡大を図ってきている。その中で、有機野菜の栽培開始年数の異なる圃場と隣接地に慣行栽培の農地(無堆肥)があるので、これら圃場の堆肥施用年数の相違による土壌改良効果について調査した。

1. 圃場の来歴と作物生育等の特色

比較した圃場の来歴や作物の生育等は次のとおりである。「堆肥 10 年連用圃場」が色々な野菜が最も安定しているとのことである。近接する慣行栽培圃場は近年堆肥を施用してきていないとのことである。

表 41 圃場別の堆肥施用量、作物生育等の比較

	土壌の種類	堆肥施用歴	栽培してきた作物	作物生育等の特色
①堆肥 10 年連用圃場	灰色低地土	食品残渣等堆肥 10 年 年間 2t	野菜類多品目	色々な野菜が安定して生産できる
②堆肥 3 年連用圃場	灰色低地土	食品残渣等堆肥 3 年 年間 2t	野菜類多品目	作物によって多肥作物でないものは比較的良品生産
③慣行栽培(無堆肥)	灰色低地土	無堆肥	野菜類	

2. 施用してきた堆肥

利用している堆肥は食品残さ堆肥に鶏糞、米糠加えぼかしを自家配合してローダーで 3 ヶ月ほど切り返したものを利用している。

表 42 堆肥の成分値(現物)

水分	pH	C/N 比	EC	窒素全量	リン酸全量	加里全量	石灰全量	苦土全量
54.1%	7.4	24.7	2.2	0.77 %	0.29 %	0.31 %	1.13 %	0.15 %

3.土壌の物理性と化学性の変化

(1)土壌の物理性

土壌硬度は「堆肥 10 年連用圃場」が作土層の土壌の土が最も柔らかで、次いで「堆肥 3 年連用圃場」、「慣行栽培（無堆肥）圃場」となっている。

表 43 土壌硬度(山中式硬度計、単位mm)

	堆肥 10 年連用	堆肥 3 年連用	慣行（無堆肥）
深さ 5 c m	4	7	7
1 0	10	9	10
1 5	14	18	15
2 0	19	22	21
2 5	19	20	21
3 0	18	18	18

土壌の三相分布について、固相率は「堆肥 10 年連用圃場」が最も低く、次いで堆肥 3 年連用圃場」、「慣行栽培（無堆肥）圃場」となっている。

また、作物が容易に吸収することのできる土壌中の水分である易有効水分は、「堆肥 10 年連用圃場」が最も高く、「堆肥 3 年連用圃場」、「慣行栽培（無堆肥）圃場」は低い。

仮比重も「堆肥 10 年連用圃場」が最も低く、軽くなっている。

これらは堆肥連用により土壌物理性が改善されてくることを示すものである。

表 44 三相分布等

	三相分布			易有効水分 (%)	仮比重
	固相(%)	液相(%)	気相(%)		
堆肥 10 年連用	22.0	39.3	38.7	15.7	0.59
堆肥 3 年連用	36.7	37.0	26.3	4.8	0.97
慣行(無堆肥)	45.5	36.1	18.4	3.6	1.19

(写真) 堆肥 10 年連用圃場



(写真) 堆肥 3 年圃場



(写真) 慣行(無堆肥)圃場



(2)土壌の化学性

腐植含量と全窒素含量については「堆肥 6 年連用圃場」が最も高く、次いで「堆肥 2 年連用圃場」、「無堆肥圃場」の順となっている。

このように、圃場による堆肥の施用年数や施用量の相違は腐植含量と全窒素含量に現れてきている。

また、「堆肥 6 年連用圃場」、「堆肥 2 年連用圃場」、「無堆肥圃場」間には次のような土壌養分の特徴が見られた。

①有効態リン酸は有機栽培圃場では堆肥連用年数の長い圃場の濃度が高くなっており、「堆肥施用 10 年連用圃場」が最も高く、次いで「堆肥 3 年連用圃場」となっている。「堆肥施用 10 年連用圃場」、「堆肥 3 年連用圃場」いずれの圃場も過剰となっている。

「慣行栽培圃場」の有効態リン酸はこれまでの化学肥料の施用で過剰となっている。

②交換性加里について堆肥連用年数との関連は見られなかった。加里成分の低い堆肥を利用していることと、加里は降雨等により流れやすいことが要因と考えられる。

表 45 土壌分析結果

	pH	CEC	磷 酸 吸 収係数	腐 植 含 量	全窒素	硝 酸 態 窒素	ア ン モ ニ ア 態
堆肥 10 年連用	6. 8	26. 3	783	4. 0	0. 22	1. 84	0. 70
堆肥 3 年連用	6. 6	26. 5	779	3. 9	0. 21	2. 93	0. 79
慣行（無堆肥）	7. 0	27. 2	824	2. 4	0. 15	0. 44	0. 68

（続き）

	有効態リ ン酸 mg	交 換 性 加里mg	交 換 性 苦土 mg	交 換 性石 灰mg	石 灰 飽 和度%	塩 基 飽 和度%	苦土/ 加里	石灰/ 苦土
堆肥 10 年連用	199. 1	76. 3	35. 7	502. 9	68. 1	81. 0	1. 1	10. 1
堆肥 3 年連用	119. 1	178. 6	39. 8	398. 7	53. 7	75. 5	0. 5	7. 2
慣行（無堆肥）	191. 7	83. 3	45. 4	480. 8	63. 0	77. 7	1. 3	7. 6
県土壌診断基準	20～100	30～50	55～105	370～550	—	55～90		

事例 3 埼玉県 T 氏の堆肥連用年数の異なる圃場（灰色低地土）の土壌特性と野菜生産の相違
 - 灰色低地土の野菜圃場における堆肥 1 年、3 年、14 年施用圃場の比較 -

T 氏は有機栽培 25 年ほどになる有機栽培農家で、水田 3.3ha、畑 67a で水稻、葉菜類等多品目を栽培している。

これまで借地しながら有機栽培面積を拡大してきており、新たに借地した圃場は耕作放棄地のところが多く、土壌の物理性が悪かったり、地力のないところが多い。

こうした借地した圃場では堆肥を投入し、土づくりを行い、早期に安定して作物が生産できるようにするが、露地野菜圃場で堆肥施用 1 年、3 年、14 年の圃場があった。

これらの圃場の土壌は灰色低地土で同一種類であり、比較しやすいので、これらの圃場を対象に堆肥施用による土壌改良効果を調査した。

1. 圃場の来歴と作物生育等の特色

「露地堆肥 1 年施用圃場」と「露地堆肥 3 年連用圃場」はほぼ隣接しており、これまで長年耕作されてきていなかった圃場を借用して堆肥施用による有機栽培を行ってきた。最近施用している堆肥は食品残渣、剪定枝などを主体とした市販されたものであるが、「露地堆肥 14 年連用」についてはこれまで、家畜糞堆肥を主体にこれまで施用してきている

表 46 圃場別の堆肥施用量、作物生育等の比較

	土 壌 の 種類	堆肥施用歴	栽培してきた 作物	作物生育等の特色
①露地堆肥 14 年連用	灰色低地 土	年間 2t/10a	レタス、ホウレンソウ、ニンジン等	多くの野菜が安定して生産できる。T 氏の露地圃場の中でも最も良く野菜が出来る圃場となっている。
②露地堆肥 3 年連用	灰色低地 土	3 年で 12t/10a (1年目 4t、2 年目 6t、3 年目 2t)	キャベツ、ニンジン等	3 年堆肥を連用し、今年キャベツが比較的良品が収穫できた。
③露地堆肥 1 年施用	灰色低地 土	年間 2t/10a	ジャガイモ、ブロッコリー	ブロッコリーの生育は劣る。

2.最近施用している堆肥

最近 2～3 年の間に施用している堆肥は、食品残渣、剪定枝などを主な材料とした市販堆肥である。

表示成分(現物)：窒素 3.9%、リン酸 1.4%、加里 1.9%

3.土壌の物理性と化学性の変化

(1)土壌の物理性

「露地堆肥 1 年施用圃場」、「露地堆肥 18 年連用」、「露地堆肥 14 年連用」の土壌物理性について調査してみた。

山中式硬度計で土壌硬度を調べたところ「露地堆肥 14 年連用」が最も土が柔らかで次いで「露地堆肥 3 年連用圃場」、「露地堆肥 1 年施用圃場」となっている。

「露地堆肥 1 年施用圃場」についてはかなり固く、深さ 5 cm のところで硬度 20 と作物の根が張るには困難な硬度となっていた。本年栽培しているブロッコリーの生育が劣るのもこうした土壌物理性の悪さが影響している。

このように、堆肥連用年数の長く投入量の多い圃場と土壌硬度は密接に関連している。

表 47 堆肥施用年数の異なる露地野菜圃場の土壌硬度(山中式硬度計)

	堆肥 14 年連用	堆肥 3 年連用	堆肥 1 年連用
深さ 5 cm	6	14	20
10	10	15	22
15	14	16	22
20	16	18	21
25	17	19	23
30	15	20	24

土壌の三相分布について、固相率は「露地堆肥連用 14 年圃場」と「露地堆肥連用 3 年圃場」かほぼ同程度で「露地堆肥 1 年施用圃場」が高い。

また、作物が容易に吸収することのできる土壌中の水分である易有効水分は、①「露地堆肥連用 3 年圃場」が最も多く、次いで「露地堆肥連用 12 年圃場」となっており、「露地堆肥 1 年施用圃場」が最も低い。

このように、堆肥連用年数の長い圃場は堆肥施用によって土壌の物理性が改善されている。

表 48 三相分布等

	三相分布			易有効水分 (%)	仮比重
	固相 (%)	液相 (%)	気相 (%)		
①露地堆肥 14 年連用	39.0	36.9	24.1	5.9	0.91
②露地堆肥 3 年連用	38.5	39.1	22.4	7.1	0.83
③露地堆肥 1 年施用	54.3	36.8	8.9	2.6	1.04

(写真)「露地堆肥 1 年施用圃場」(ブロッコリー)



(写真)「露地堆肥 3 年連用圃場」(キャベツ)



(写真)「露地堆肥 14 年連用圃場」(ニンジン)



(2) 土壌の化学性

土壌の種類は灰色低地土でリン酸吸収係数は低い。

腐植含量と全窒素含量については「露地堆肥 18 年連用圃場」が最も高く、次いで「露地堆肥 3 年連用圃場」、「露地堆肥 1 年施用圃場」の順となっている。

このように、圃場による堆肥の施用年数や施用量の相違は堆肥の連用効果を示す腐植含量と全窒素含量に現れてきている。

また、「露地堆肥 18 年連用圃場」、「露地堆肥 3 年連用圃場」、「露地堆肥 1 年施用圃場」間には次のような土壌養分の特徴が見られた。

①「露地堆肥 1 年施用圃場」は有効態リン酸の含量が診断基準より低く、不足しており、その他交換性加里、交換性苦土、交換性石灰の塩基類の含量も不足している。

こうしたことによりブロッコリーの生育が劣るという結果になっている。

②「露地堆肥 3 年連用圃場」、「露地堆肥 18 年連用圃場」については有効態リン酸も適正域にあり、安定して色々な野菜が生産できる土壌条件にある。

こうした、肥料養分の高まりは、堆肥を中心とした有機農業で栽培してきており堆肥の連用によるところも大きいと考えられる。

表 49 土壌分析結果

	土の種類	pH	CEC	磷酸吸収係数	腐植含量	全窒素
露地堆肥 14 年	灰色低地土	7.1	28.5	1,071	5.1	0.32
露地堆肥 3 年	灰色低地土	6.1	26.4	1,185	4.5	0.29
露地堆肥 1 年	灰色低地土	6.2	17.3	811	1.6	0.11

(続き)

	有効態リ ン酸	交 換 性 加里	交 換 性 苦 土	交 換 性 石 灰	石 灰 飽 和 度	塩 基 飽 和 度	苦 土 / 加里	石灰 / 苦 土
露地堆肥 14 年	88.1	81.9	57.1	550.0	68.8	84.8	1.6	6.9
露地堆肥 3 年	41.4	103.1	32.2	321.9	43.5	57.9	0.7	7.2
露地堆肥 1 年	13.0	11.1	42.6	260.2	53.6	67.1	9.0	4.4
県土壌診断基準	10～75	—	—	—	46～86	63～110	—	—

