

## 非アロフェン質黒ボク土における有機物連用効果

葉上 恒寿<sup>1</sup>・高橋 良学<sup>2</sup>・佐藤 喬<sup>3</sup>・中野 亜弓<sup>1</sup>・佐藤 千秋<sup>4</sup>  
小田島 ルミ子<sup>5</sup>・新毛 晴夫<sup>6</sup>・小野 剛志<sup>7</sup>・多田 勝郎<sup>8</sup>

### 摘 要

岩手県の非アロフェン質黒ボク土露地畑土壌において、畜種混合堆肥（牛・豚・鶏ふん）を10年間、豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥を5年間連用して野菜の栽培試験を行った。その結果から、堆肥の施用量および種類の違いが作物の生産性や土壌の性質におよぼす影響を明らかにし、適切な堆肥施用法を検討した。畜種混合堆肥を化学肥料と併用した場合、連用とともに収量が増加した。特に40Mg, 80Mg $\text{ha}^{-1}$ 施用した場合に高い収量が得られ、交換性塩基や可給態リン酸の増加、土壌の酸性化の抑制および下層土の改良効果などが認められたことから、化学肥料と併用した40Mg, 80Mg $\text{ha}^{-1}$ の堆肥連用は有効であると考えられた。しかし、連用年数が経過すると交換性カリや可給態リン酸が蓄積する傾向にあり、その場合は化学肥料を削減し、過剰な養分蓄積を防ぐ必要があると考えられた。豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥のみを施用した場合も収量が増加し、化学肥料代替栽培が可能だった。さらに、交換性塩基および可給態リン酸の増加、土壌の酸性化抑制に効果が認められ、豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥の連用は有効であると考えられた。しかし、連用年数の経過とともに交換性塩基や可給態リン酸が蓄積する傾向にあり、その場合は堆肥の施用量を削減し、過剰な養分蓄積を防ぐ必要があると考えられた。

**キーワード**：堆肥, 非アロフェン質黒ボク土, 土壌変化

### 緒 言

農耕地への有機物の施用は、地力増進や作物の生産性向上に有効であることが経験的に知られている。特に畑地は水田と異なり酸化的条件下のため、好気性微生物による有機物の分解が激しく、地力維持のために堆肥等の有機物の施用を行うことが一般的である<sup>1)</sup>。しかし、現在の農業生産は化学肥料に依存する傾向にあり、有機物施用量の減少とともに、土壌生産力の低下が危惧されている<sup>16)</sup>。一方、我が国は化学肥料やその原料のほとんどを輸入に依存しているため、資源循環、耕地保全、肥料価格の高騰等を考えると、家畜ふん尿の積極的な利用が望まれる。また、農耕地への有機物の施用は土壌炭素含量の維持増進にもつながるため、地球温暖化対策の面からも重要性が増している<sup>10)</sup>。

このような背景から、露地畑土壌に有機物を施用した場合の土壌理化学性および作物収量に対する影響、有機物の種類による肥効の差異を把握することは重要である。有機物の施用と土壌理化学性、作物収量との関係は土壌

や気象条件等によって異なるため、全国的に多数の長期有機物連用試験が実施されている<sup>8,9,11,12,17,21,24,25)</sup>。これらの試験によって、有機物の施用により全炭素、全窒素が高まるとともに土壌は膨軟化するが、その影響は土壌タイプや有機物の種類によって異なること、堆肥は原料や製造法の違いにより肥効が一律ではなく、連用した場合土壌の塩基バランスに過不足を生じる可能性があることなどが指摘されている。

そこで本報告では、岩手県の畑地における家畜ふん尿の有効利用と適正な施用基準策定を目指し、非アロフェン質黒ボク土露地畑土壌において畜種混合堆肥を1997年から2006年までの10年間、豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥を2001年から2005年までの5年間連用した場合の土壌の変化と作物の生育、収量、品質への影響について報告する。

\*1 旧土壌作物栄養研究室（現生産環境研究室）

\*2 旧土壌作物栄養研究室（現農林水産省）

\*3 旧土壌作物栄養研究室（現中央農業改良普及センター）

\*4 旧土壌作物栄養研究室（現大船渡農業改良普及センター）

\*5 旧土壌作物栄養研究室（現一関農業改良普及センター）

\*6 旧土壌作物栄養研究室（現社団法人 岩手県農業公社）

\*7 旧土壌作物栄養研究室（現岩手県立農業大学校）

\*8 旧土壌作物栄養研究室（現プロジェクト推進室）

## 章 畜種混合堆肥連用試験

### 材料および方法

#### 1. 供試圃場および試験区の構成

本試験は、岩手県北上市に所在する岩手県農業研究センター内露地畑圃場で行った。岩手県は畑地のおよそ6割を黒ボク土が占める。黒ボク土は母材と粘土鉱物組成の違いによりアロフェン質と非アロフェン質に区分され、前者は県北部に、後者は県南部に分布する<sup>22)</sup>。供試圃場は後者の中でも腐植質普通非アロフェン質黒ボク土に分類される土壤である。また、供試圃場の前歴は水田で、農業研究センター整備事業において1995年から1996年にかけて整備、畑地化した圃場である。

試験初年度の1997年4月に採取した作土の土壤化学性を表1に示した。試験圃場のリン酸吸収係数は2000以上と高い値を示した。また、交換性石灰が岩手県における耕地土壤の維持管理基準値<sup>5)</sup>を大幅に下回り、そのため塩

基飽和度も低い値を示した。同様に可給態リン酸も目標下限値の1/5以下であった。そこで、試験初年度の作付け跡地土壤の分析結果から、可給態リン酸160 mgkg<sup>-1</sup>、石灰飽和度40%、苦土飽和度15%、カリウム(以下、カリと記す)飽和度5%、改良深15cmを目標に土壤改良を行った。その際の資材および成分投入量は表2のとおりである。

各試験区の処理内容は、畜種混合堆肥を化学肥料と併用して20Mg, 40Mg, 80Mgha<sup>-1</sup>施用、畜種混合堆肥のみを40Mg, 80Mgha<sup>-1</sup>施用、無窒素、対照の化学肥料単用の計7区である(表3)。ただし、試験初年度の1997年は、圃場の均一化を図ることを目的に全ての試験区で堆肥の施用を行わず、施肥基準量<sup>5)</sup>の化学肥料のみでスイートコーンを栽培した。

表1 作付け前の土壤化学性

| 試験区    | 全炭素                  | 全窒素                | pH  | CEC  | CaO                                   | MgO                   | K <sub>2</sub> O | 塩基飽和度 | リン酸吸収係数 | 可給態リン酸 |
|--------|----------------------|--------------------|-----|------|---------------------------------------|-----------------------|------------------|-------|---------|--------|
|        | (gkg <sup>-1</sup> ) | (H <sub>2</sub> O) |     |      | (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ) | (mgkg <sup>-1</sup> ) |                  |       |         |        |
| 無窒素    | 61.9                 | 3.8                | 5.7 | 24.1 | 1445.0                                | 190.0                 | 580.0            | 28.6  | 2215    | 26.5   |
| 化学肥料   | 60.5                 | 3.7                | 5.7 | 23.8 | 1345.0                                | 190.0                 | 660.0            | 27.7  | 2180    | 25.0   |
| 化肥+2t  | 62.0                 | 3.8                | 5.6 | 24.6 | 1275.0                                | 210.0                 | 480.0            | 25.7  | 2175    | 32.5   |
| 化肥+4t  | 59.4                 | 3.6                | 5.7 | 23.6 | 1405.0                                | 210.0                 | 490.0            | 29.1  | 2170    | 33.0   |
| 化肥+8t  | 59.5                 | 3.8                | 5.7 | 23.2 | 2110.0                                | 210.0                 | 545.0            | 42.0  | 2160    | 41.5   |
| 無肥料+4t | 57.4                 | 3.5                | 5.7 | 25.1 | 2090.0                                | 210.0                 | 510.0            | 38.2  | 2170    | 40.0   |
| 無肥料+8t | 59.9                 | 3.9                | 5.6 | 22.9 | 1650.0                                | 210.0                 | 470.0            | 34.7  | 2200    | 25.0   |
| 平均     | 60.9                 | 3.7                | 5.7 | 23.9 | 1525.5                                | 203.0                 | 519.0            | 30.6  | 2187    | 31.3   |

表2 試験初年度作付け後に施用した土壤改良資材と成分施用量

| 資材施用量 (kg ha <sup>-1</sup> ) |      |  | 成分施用量 (kg ha <sup>-1</sup> ) |      |      |     |
|------------------------------|------|--|------------------------------|------|------|-----|
| 粒状 23.0 ようりん                 | 塩化カリ |  | リン酸                          | 石灰   | 苦土   | カリ  |
| 11040                        | 515  |  | 2540                         | 3312 | 1325 | 312 |

表3 各試験区の処理内容

| 試験区    | 化学肥料の有無 |     |    | 堆肥施用量 (Mgha <sup>-1</sup> ) |
|--------|---------|-----|----|-----------------------------|
|        | 窒素      | リン酸 | カリ |                             |
| 無窒素    | ×       |     |    | -                           |
| 化学肥料   |         |     |    | -                           |
| 化肥+2t  |         |     |    | 20                          |
| 化肥+4t  |         |     |    | 40                          |
| 化肥+8t  |         |     |    | 80                          |
| 無肥料+4t | ×       | ×   | ×  | 40                          |
| 無肥料+8t | ×       | ×   | ×  | 80                          |

本試験に用いた畜種混合堆肥の現物当たりの平均成分濃度を表4に示した。畜種混合堆肥は岩手県農業研究センター畜産研究所において、大型円形発酵装置により、副資材におがくず(約25%)を混合し、約2週間攪拌した後、屋根付き堆肥舎で1ヶ月に1回程度切返ししながら約3ヶ月間堆積したものである。家畜排せつ物の混合割合は牛ふんが90%以上と最も多く、豚ふんおよび鶏ふんはそれぞれ5%未満である。また、この堆肥の主要原料である牛ふんの60%は肉用牛に、40%は乳用牛に由来する。

供試作物は、キャベツ、ダイコン、スイートコーンであ

る。1997年はスイートコーン、1998年はキャベツ、ダイコンの2作、1999年はスイートコーン、2000年はキャベツ、ダイコンの2作、2001年はスイートコーン、キャベツの2作を行った。2002~2006年はダイコン、スイートコーン、キャベツの順に年1作の輪作を行った(表5)。また、収穫後の残渣は鋤き込まず、全量を圃場外に持ち出した。

化学肥料の施肥量は岩手県の施肥基準<sup>5)</sup>に基づき、窒素は硫酸アンモニウムを、リン酸は重過リン酸石灰を、カリは塩化カリを用いた(表6)。

表4 畜種混合堆肥の成分濃度(現物当たり)

| 堆肥名    |                        | 全窒素  | 全炭素   | C/N比 | リン酸  | カリ   | 石灰   | 苦土   | 水分(kgkg <sup>-1</sup> ) |
|--------|------------------------|------|-------|------|------|------|------|------|-------------------------|
| 畜種混合堆肥 | 現物(gkg <sup>-1</sup> ) | 4.8  | 115.6 | 24.2 | 4.3  | 7.2  | 4.9  | 1.9  | 0.70                    |
|        | 標準偏差                   | 0.1  | 2.2   | 2.6  | 0.1  | 0.2  | 0.3  | 0.1  | 5.5                     |
|        | 変動係数(CV%)              | 21.1 | 19.2  | 10.8 | 29.7 | 30.5 | 58.3 | 44.3 | 7.9                     |

注) 1998~2006年の平均分析値

表5 供試作物の作付け体系

| 年度   | 1997    | 1998       | 1999    | 2000       | 2001            | 2002 | 2003    | 2004 | 2005 | 2006    |
|------|---------|------------|---------|------------|-----------------|------|---------|------|------|---------|
| 供試作物 | スイートコーン | キャベツ<br>大根 | スイートコーン | キャベツ<br>大根 | スイートコーン<br>キャベツ | 大根   | スイートコーン | キャベツ | 大根   | スイートコーン |

表6 各作物における施肥基準と栽植密度

| 作物      | 化学肥料施肥量(kgha <sup>-1</sup> ) |     |        | 栽植様式              | 栽植密度(ha <sup>-1</sup> ) |
|---------|------------------------------|-----|--------|-------------------|-------------------------|
|         | 窒素                           | リン酸 | カリ     |                   |                         |
| スイートコーン | 150+50                       | 200 | 150+50 | 畦巾 70cm × 株間 40cm | 35710                   |
| キャベツ    | 120+60                       | 200 | 100+60 | 畦巾 70cm × 株間 30cm | 47620                   |
| ダイコン    | 80                           | 150 | 80     | 畦巾 60cm × 株間 27cm | 52910                   |

2. 収量

スイートコーンは絹糸を残し、外葉が剥離しない程度に穂柄を切断した雌穂の重量を収量とした。キャベツは外葉を2枚残して調製した結球部重量を、ダイコンは根の先端を1cm、葉長を10cmに調製した重量をそれぞれ収量とした。収量調査方法は、岩手県農産物調査基準<sup>4)</sup>に準拠した。また、通風乾燥機により50℃、48時間以上乾燥させ、乾物率および栽植密度から乾物収量を求めた。作物体の無機成分の分析および吸収量の算出にはこの乾物収量を用いた。

3. 分析方法

作物体、土壌および堆肥の化学分析は、「岩手県 土壌環境・作物分析の手引き」<sup>6)</sup>および「土壌機能モニタリング調査のための土壌、水質及び植物体分析法」<sup>18)</sup>に基づき以下の方法で行った。

1) 作物体

収穫した地上部は、通風乾燥機によって50℃で48時間以上乾燥させた。その際スイートコーンは雌穂と茎葉に、キャベツは外葉と結球部に分けた。乾燥試料をウイレー式粉碎機により粉碎し、硫酸-過酸化水素による湿式分

解を行った後、窒素はインドフェノール法によりオートアナライザー（ブラン・ルーベ）を用いて、リン酸はバナドモリブデン酸比色法、カリは炎光光度法により分析した。

### 2) 土壌

土壌試料は作付け前後に採取し、風乾砕土後 2mm の篩を通して分析に供した。pH (H<sub>2</sub>O) は土壌/液比 1:2.5 のガラス電極法、全炭素および全窒素は CN コーダ (SUMIGRAPH) を用いた乾式燃焼法により分析した。陽イオン交換容量 (以下、CEC と記す) はリーチング法、交換性石灰と交換性苦土は原子吸光法、交換性カリは炎光光度法を用いて分析した。リン酸吸収係数は正リン酸法、可給態リン酸は Truog 法を用いて分析した。可給態窒素は保温静置培養法 (1999~2002, 2006 年) および SDS 抽出法 (2003~2005 年) により分析した。

### 3) 堆肥

堆肥は通風乾燥機により 50℃ で 48 時間以上乾燥させ、コーヒーマルを用いて微粉碎した。粉碎した堆肥の全炭素および全窒素は CN コーダ (SUMIGRAPH) を用いた乾式燃焼法により、リン酸や石灰、苦土、カリは硫酸-過酸化水

素による湿式分解を行った後、土壌試料と同様の方法により分析した。

## 結果および考察

供試作物の収量の推移を表 7 に示した。作物によって差はあるものの、堆肥の連用年数が進むにつれ増収する傾向が認められた。表 8 に示した 10 年間の平均収量も、化学肥料と堆肥を併用することで化学肥料区に比べ増収した。作物別には、スイートコーンやダイコンでは堆肥のみの施用でも化学肥料区と同等あるいは 1 割程度の減収の範囲内だったが、キャベツの場合、堆肥のみの施用では化学肥料区の 50% 程度の平均収量しか得られなかった。図 1 に示した各試験区における収量指数は、化学肥料と堆肥を併用した場合に高く推移し、堆肥の施用量に応じた値を示した。また、連用年数を経るにつれ収量指数も増加する傾向にあった。堆肥のみの施用でも、連用 4 年目の 2000 年以降は化学肥料区と同等、あるいはそれ以上の収量指数となった。

表 7 収量の推移 (kg ha<sup>-1</sup>)

| 試験区     | 1997    | 1998  |       | 1999    | 2000  |       | 2001    | 2002  |       | 2003    | 2004  | 2005  | 2006    |
|---------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|---------|
|         | スイートコーン | キャベツ  | ダイコン  | スイートコーン | キャベツ  | ダイコン  | スイートコーン | キャベツ  | ダイコン  | スイートコーン | キャベツ  | ダイコン  | スイートコーン |
| 無窒素     | 17122   | 3500  | 21920 | 7850    | 4110  | 39857 | 22790   | 10381 | 36619 | 5640    | 17667 | -     | -       |
| 化学肥料    | 16390   | 54540 | 29460 | 9830    | 52050 | 46382 | 21520   | 72381 | 47952 | 10226   | 39214 | 86000 | 12232   |
| 化肥+2 t  | 16492   | 52020 | 23650 | 10540   | 47551 | 52477 | 24220   | 84762 | 50810 | 12765   | 54938 | 88548 | 18787   |
| 化肥+4 t  | 15937   | 56860 | 41600 | 11700   | 64160 | 54001 | 24280   | 86333 | 55143 | 14107   | 54074 | 87262 | 24945   |
| 化肥+8 t  | 15029   | 61510 | 25730 | 11530   | 57661 | 59668 | 27520   | 97286 | 58286 | 16494   | 62119 | 93667 | 27046   |
| 無肥料+4 t | 16307   | 13170 | 13830 | 5320    | 0     | 54001 | 22440   | 58190 | 43952 | 14073   | 45310 | 82381 | 15344   |
| 無肥料+8 t | 15911   | 17790 | 0     | 5260    | 0     | 45953 | 25460   | 62238 | 35714 | 11270   | 57364 | 94643 | 15409   |

注) 無窒素区の試験期間は 1997~2004 年

表 8 各作物の平均収量 (kg ha<sup>-1</sup>)

| 試験区     | スイートコーン     | キャベツ        | ダイコン        |
|---------|-------------|-------------|-------------|
| 無窒素     | 13350 (95)  | 8914 (22)   | 32799 (76)  |
| 化学肥料    | 14039 (100) | 40251 (100) | 42978 (100) |
| 化肥+2 t  | 16561 (118) | 43077 (107) | 43836 (102) |
| 化肥+4 t  | 18194 (130) | 48306 (120) | 48611 (113) |
| 化肥+8 t  | 19524 (139) | 50430 (125) | 47826 (111) |
| 無肥料+4 t | 14697 (105) | 17675 (44)  | 39861 (93)  |
| 無肥料+8 t | 14662 (104) | 22056 (55)  | 37024 (86)  |

注) カッコ内は化学肥料区を 100 とした収量指数

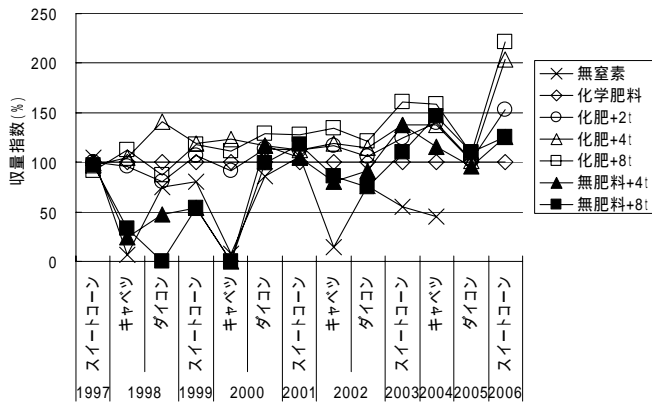


図 1 収量指数の推移

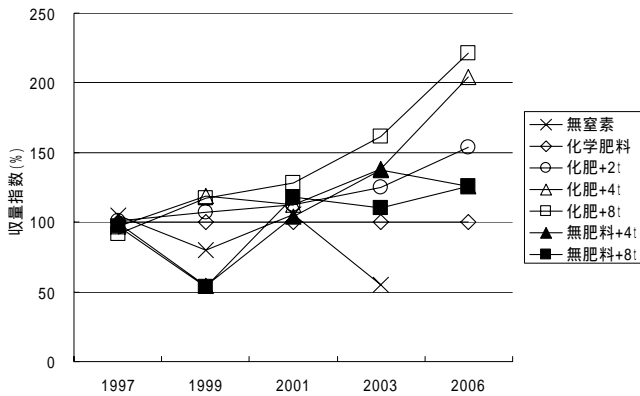


図 2 スイートコーンの収量指数の推移

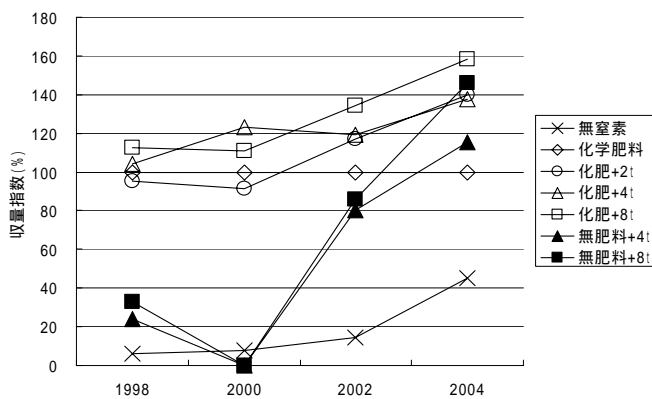


図 3 キャベツの収量指数の推移

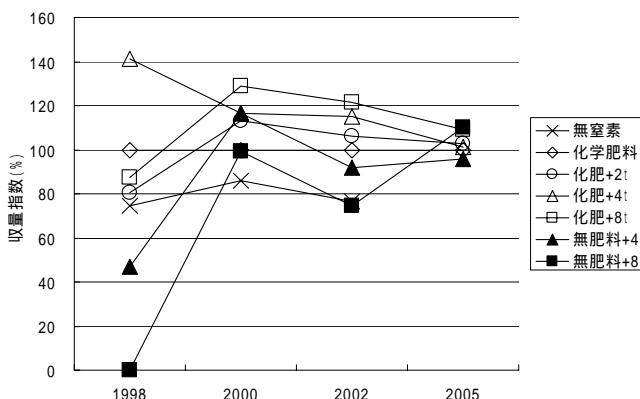


図 4 ダイコンの収量指数の推移

作物別の収量指数の推移を図 2~4 に示した。スイートコーンの供試品種は、試験初年度の 1997 年が「キャンベラ 86」、1999 年、2001 年、2003 年は「キャンベラ 90」、2006 年は「味来 360」である。連用 3 年目の 1999 年には、化学肥料と堆肥を併用した試験区において収量指数が化学肥料区を上回った。連用 5 年目の 2001 年には、無肥料の場合でも堆肥を 40Mg, 80Mg $ha^{-1}$  施用することにより、化学肥料区以上の収量指数となった。連用 5 年目は無窒素区を除く各試験区の収量指数に大きな差はなかったが、堆肥の連用が進むにつれその差は広がり、連用 10 年目の 2006 年には化学肥料と堆肥を併用した化肥+4t, 8t 区において収量指数が 200%を超えた。化肥+2t 区でも 150%の収量指数となった(図 1)。堆肥の施用量を 40Mg $ha^{-1}$  から 80Mg $ha^{-1}$  へ増加させた場合の増収効果は化学肥料の施用の有無に関わらず高くはなかったが、堆肥の施用量に比例して雌穂重が増加し、高規格品率が高まる傾向が認められた(図 5)。

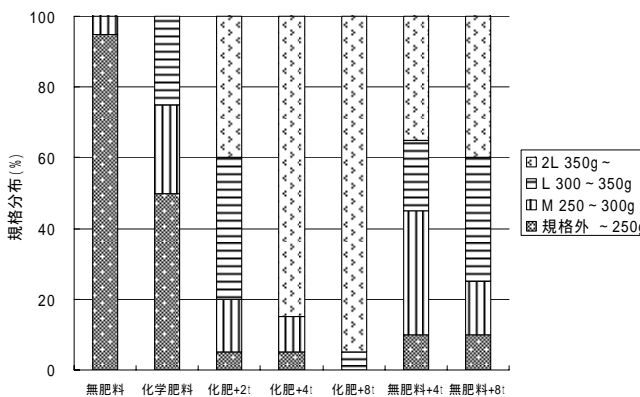


図 5 スイートコーンの規格分布(第一雌穂)  
注) 2006 年の調査結果

キャベツの供試品種は、1998年、2000年、2002年が「YR青春2号」、2004年が「夏さやか」である。キャベツは無窒素で栽培した場合生育が劣り、連用2年目の1998年および連用4年目の2000年においては、無窒素区、無肥料+4t、8t区の収量が著しく劣った。2000年の無肥料+4t、8t区では結球に至らなかった。しかし、スイートコーン同様、キャベツでも堆肥の連用年数の増加とともに収量指数が増加し、連用8年目の2004年には化肥+8t区において160%、化肥+2t、4t区においても140%の収量指数となった(図2)。堆肥のみを施用した場合でも連用6年目の2002年には収量指数が80%まで増加し、連用8年目の2004年には化学肥料区を上回った。

ダイコンの供試品種は「涼太」である。1998年は9月下旬の長雨により播種時期が遅れ、さらにその後の降雨による圃場滞水が生育障害を引き起こし、全ての試験区において低収量となった。無肥料+8t区においては収穫不能であった(表7)。ダイコンは堆肥の連用による増収効果および試験区間差が小さく、連用9年目の2005年においても、堆肥の施用量を問わず、化学肥料との併用で110%以下の収量指数にとどまった。また、キャベツに比べ無窒素区の収量指数の低下が少なく、試験期間を通じて60~70%で推移した。増減はあるものの、無肥料+4t、8t区においても、連用4年目の2000年以降は化学肥料区と同程度の収量指数で推移した(図3)。

以上に述べたように、本試験の供試作物は化学肥料や堆肥に対する反応が異なった。すなわち、スイートコーンは化学肥料や堆肥からの窒素投入量が多い試験区において連用年数を経るにつれ増収効果が高まったが、ダイコンは窒素投入量にあまり影響されず、堆肥の連用も増収に結びつきにくかった。キャベツはこれらの中間的な反応を示した。キャベツなどの葉菜類は結球完了まで養分吸収を継続し、吸収した三要素の80%が外葉に貯蔵され、これが結球部に移行すること、ダイコンなどの根菜類は山型の窒素吸収曲線を描き、地上部の発達以降は同化産物の転流によりまかなわれるため、外部からの養分供給をあまり必要としないことが知られている<sup>23)</sup>。したがって、キャベツでは生育期間を通じて窒素が供給されなかった無窒素区の収量が著しく低下したものと考えられた。また、地上部から地下部へ同化産物が移行するダイコンは、窒素施肥や堆肥の連用に対する反応が鈍かったものと考えられた。

堆肥の施用量や連用年数と収量・品質の関係からは、化学肥料との併用の有無に関わらず堆肥を連用した場合の増収効果が認められ、作物生育に対する養分過剰障害等は観察されなかった。また、堆肥の多施用により出荷規

格の向上、特にスイートコーンでは雌穂当たりの重量が増し、高規格品の増加が認められた(図5)。また、無肥料+4t、8t区においては、スイートコーン、ダイコンで連用4年目以降、キャベツでは連用8年目以降に化学肥料区と同等~5割程度の増収となり、40Mg $ha^{-1}$ 以上の堆肥の連用による化学肥料代替栽培の可能性が示唆された。

次に、作付け跡地土壌の作土における10年間の土壌化学性の推移を図6~15に示した。年次変動はあるが、pHは窒素肥料を施肥しなかった無窒素区、無肥料+4t、8t区において土壌改良後の値を維持した。一方、施肥窒素の硝酸化や、作物が吸収しきれなかった硫酸イオン、塩化物イオンなどによって土壌の酸性化が進行するため<sup>14)</sup>、化学肥料の施肥を行った試験区のpHは徐々に低下した。pH低下に起因する生育不良などは認められなかったが、化学肥料区、化肥+2t、4t区ではpH5.0以下と野菜畑の適正範囲<sup>5)</sup>を下回る酸性化の進行が認められた。しかしながら、化学肥料を施肥した場合でも堆肥を80Mg $ha^{-1}$ 併用するとpHの低下が抑制される傾向にあった(図6)。土壌には酸やアルカリを加えてもpHの変化を抑制する土壌緩衝能が備わっており、一般に堆肥の施用によって緩衝能は増加することが知られている<sup>2)</sup>。本試験では無肥料+4t、8t区において、化学肥料と併用した場合には化肥+8t区においてその傾向が認められた。

堆肥を施用しなかった無窒素区、化学肥料区的全炭素は試験開始時から徐々に減少したが、化肥+2t区では緩やかな増加傾向にあった。40Mg、80Mg $ha^{-1}$ の堆肥連用では全炭素の増加幅が大きく、特に堆肥を80Mg $ha^{-1}$ 施用した場合、10年間の連用によって全炭素は1%以上増加した(図7)。全窒素も全炭素と同様の推移を示し、堆肥を施用しなかった無窒素区、化学肥料区では徐々に減少したが、全炭素に比べ減少率は大きかった。堆肥を施用した試験区的全窒素は増加傾向にあり、化肥+2t区では緩やかな増加、40Mg、80Mg $ha^{-1}$ の堆肥連用は有意な増加につながった。特に80Mg $ha^{-1}$ の連用は高い効果を示した(図8)。

可給態窒素は年次変動があり、さらに1998~2002年および2006年は保温静置法、2003~2005年はSDS抽出法と分析方法が異なるものの、化学肥料の有無に関わらず堆肥を80Mg $ha^{-1}$ 連用することで大幅な増加が認められた。化肥+2t区では80Mg $ha^{-1}$ 施用した場合に比べ緩やかな増加となり、40Mg $ha^{-1}$ の施用では80Mg $ha^{-1}$ の施用と化肥+2t区の中間の増加傾向を示した。一方、堆肥を施用しなかった無窒素区、化学肥料区の可給態窒素は減少傾向にあった(図9)。

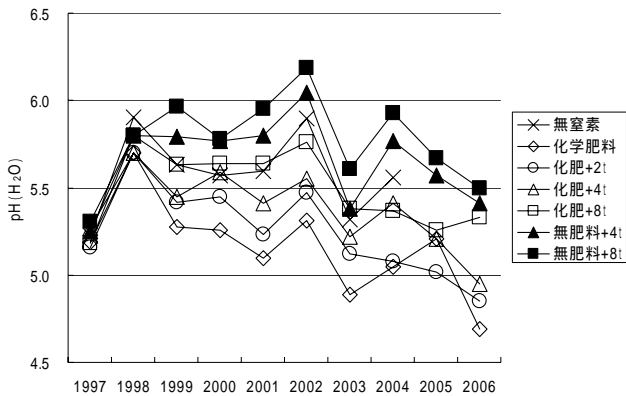


図 6 pH (H<sub>2</sub>O) の推移

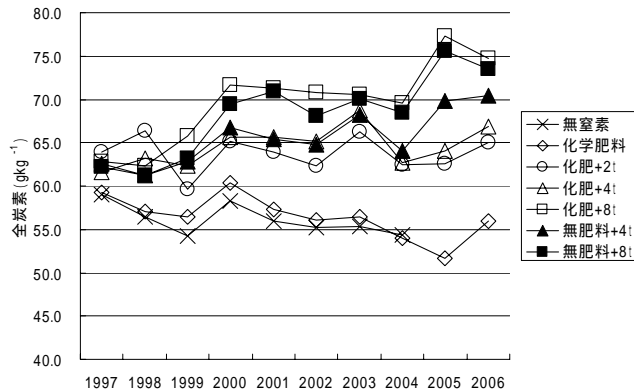


図 7 全炭素の推移

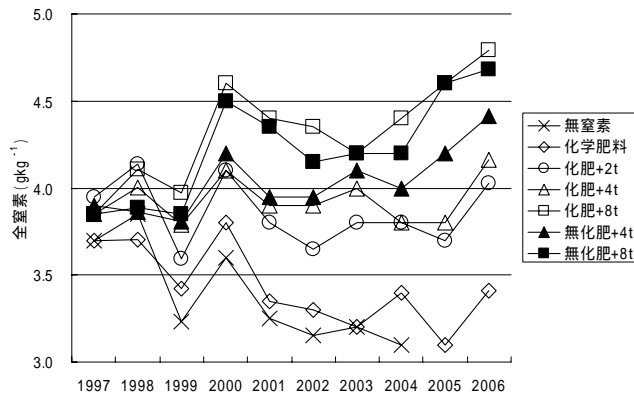


図 8 全窒素の推移

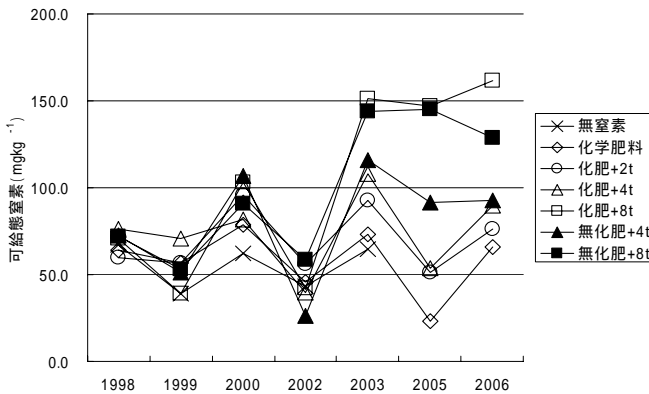


図 9 可給態窒素の推移

CEC も無窒素区,化学肥料区において徐々に減少する傾向にあった.化肥+2t 区でも減少は認められたが,無窒素区,化学肥料区に比べ減少幅は小さかった.また,化学肥料の有無に関わらず,堆肥を 40Mg<sup>ha</sup><sup>-1</sup> 施用した場合は土壤改良後の値を維持し,堆肥を 80Mg<sup>ha</sup><sup>-1</sup> 施用した場合は増加する傾向を示した(図 10).交換性塩基のうち,交換性石灰は化学肥料区において減少を続け,2003 年以降は土壤改良前の値にまで低下した.無窒素区や化肥+2t 区では土壤改良後の値を維持するにとどまったが,堆肥を 40Mg,80Mg<sup>ha</sup><sup>-1</sup> 施用した場合は増加し,岩手県における基準値の下限<sup>5)</sup>である 2500mgkg<sup>-1</sup> を上回る値を示した(図 11).交換性苦土も交換性石灰と同様に化学肥料区で減少し,無窒素区,化肥+2t 区では土壤改良後の値を維持した.堆肥を 40Mg,80Mg<sup>ha</sup><sup>-1</sup> 施用した場合は増加し,岩手県における基準値の下限<sup>5)</sup>である 400mgkg<sup>-1</sup> を上回った(図 12).交換性カリは無窒素区,化学肥料区において土壤改良後の値を維持する程度だったが,他の試験区で

は増加が認められた.特に,化学肥料の有無に関わらず堆肥を 40Mg,80Mg<sup>ha</sup><sup>-1</sup> 施用した場合の増加率が高く,10 年間の連用により,40Mg<sup>ha</sup><sup>-1</sup> 施用の場合土壤改良後の 2 倍,80Mg<sup>ha</sup><sup>-1</sup> 施用の場合は 3 倍に迫る高い値を示した(図 13).交換性石灰や苦土に比べ,交換性カリは無窒素区と化学肥料区に大きな差がなく,化肥+2t 区とも同等の値を示した.これは試験土壌である非アロフェン質黒ボク土の母材中にカリが多く存在すること,粘土鉱物が結晶性 2:1~2:1:1 型のためカリを保持しやすいことに起因するものと考えられた<sup>13)</sup>.

岩手県では畑土壌の塩基飽和度の適正値を 60~80%としているが<sup>5)</sup>,この適正値を満たしたのは無肥料+8t 区であり,化肥+8t 区,無肥料+4t 区がそれに準ずる高い値を示した.無窒素区,化学肥料区,化肥+2t 区では土壤改良後の値を維持,あるいは緩やかに増加傾向する程度で,適正値を満たすまでには至らなかった(図 14).

可給態リン酸は,無窒素区,化学肥料区において土壤改

良後徐々に減少する傾向を示した。化肥+2t 区では土壤改良後の値を維持し,化肥+4t 区,無肥料+4t, 8t 区では若干の増加にとどまったが,化肥+8t 区では顕著な増加が認められた。岩手県では可給態リン酸の目標値を 200 ~

300mgkg<sup>-1</sup> としている<sup>5)</sup>。10年間の堆肥の連用によって化肥+8t 区ではこの目標値を超えたが,他の堆肥施用区では目標値の範囲内だった(図 15)。

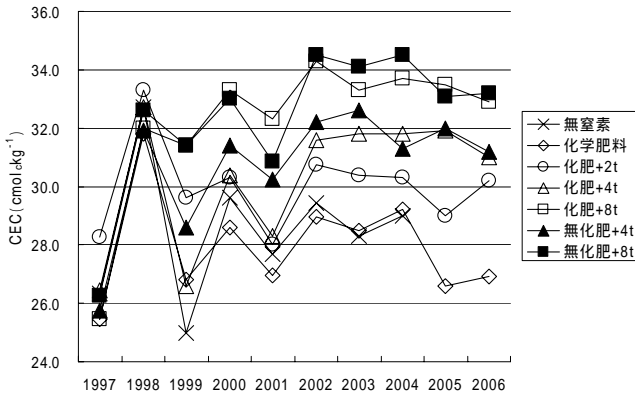


図 10 CEC の推移

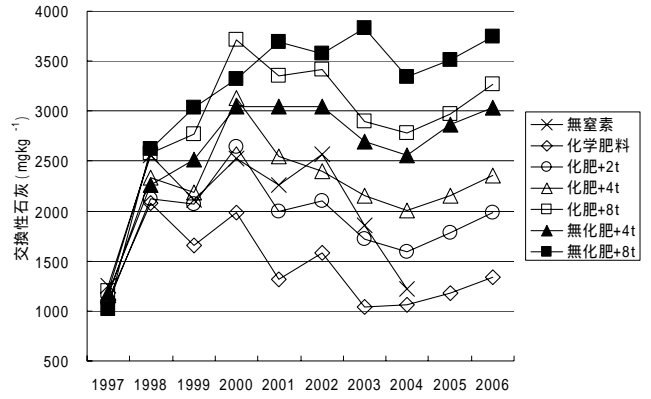


図 11 交換性石灰の推移

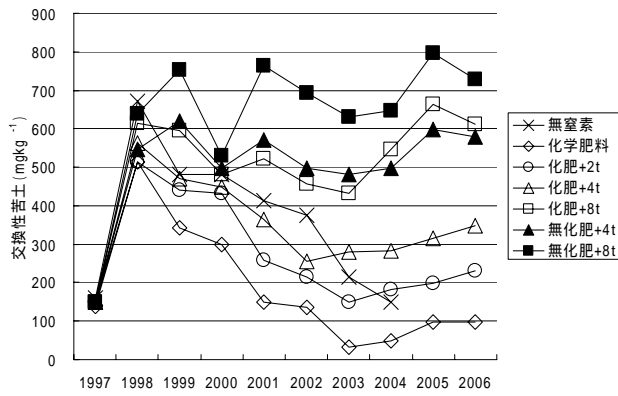


図 12 交換性苦土の推移

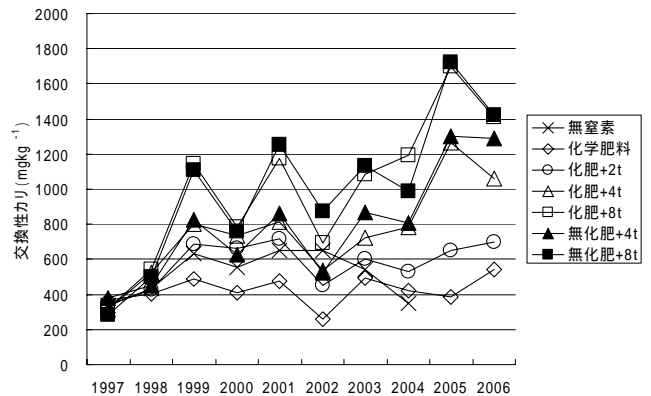


図 13 交換性カリの推移

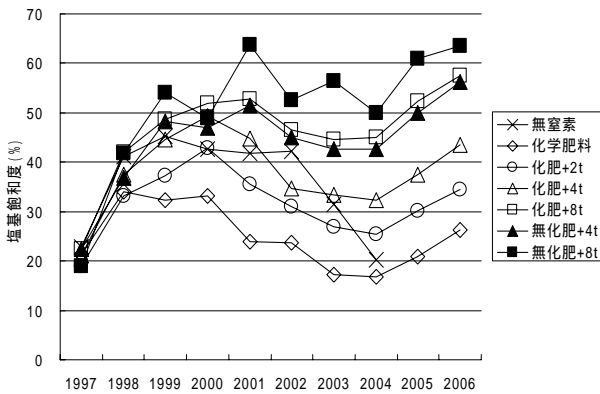


図 14 塩基飽和度の推移

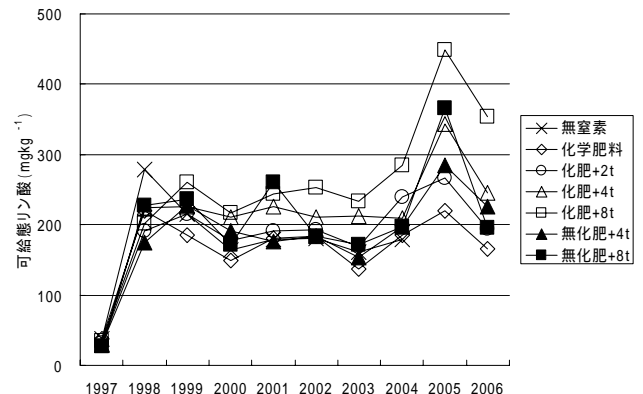


図 15 可給態リン酸の推移



10年間の堆肥の連用による作土の土壤化学性の変化を解析すべく、土壤改良後の1998年と2006年の跡地土壤の分析値を比較し、その増減を表9に示した。特に堆肥を40Mg, 80Mg $ha^{-1}$ 連用した場合に、全窒素や交換性石灰、交換性カリ、可給態リン酸の増加が認められた。一方、堆肥を施用しない場合は全炭素やpH, CEC, 交換性石灰および苦土、可給態リン酸などが低下した。本試験では堆肥の連用による全炭素の増加は認められなかったが、堆肥などの有機物施用による全炭素の増加程度は土壤条件によって異なる。上沢がまとめた全国の有機物連用圃場における土壤理化学性の変化に関する報告<sup>24)</sup>では、土壤有機物の経年集積傾向は土壤の全炭素含量によって異なり、全炭素含量が6%以上の土壤(多腐植質土壤)ではほとんど集積せず、6%未満の土壤では明らかな集積が認められると指摘している。本試験土壤は全炭素の初期値が6%程度と高い腐植質普通非アロフェン質黒ボク土のため、全炭素の集積が少なかったものと考えられた。しかし、黒ボク土は腐植を多量に含むものの、腐植化度が高く養分供給量が少ないため、堆肥施用の重要性は高いと考えられた。

次に、下層土における10年間の土壤化学性の変化について、土壤改良前の1997年と2006年の値を比較した(表10)。堆肥の施用量が多いほど全炭素が増加し、CECや交

換性塩基、塩基飽和度および可給態リン酸が増加したことから、堆肥の連用による下層土の改良効果も認められた。

堆肥の施用量が多い場合、交換性塩基や可給態リン酸が蓄積する可能性がある<sup>21,26)</sup>。本試験でもその傾向が認められたことから、化学肥料と堆肥両者からの養分供給量と作物の吸収量のバランスについて評価した(表11~14)。すなわち、養分供給量に対して吸収量が少なく利用率が低い場合、吸収/施用比は低く示される。この吸収/施用比は堆肥の投入量に反比例する結果となり、どの養分についても施用量が多いほど吸収/施用比は低下した。特にリン酸は窒素やカリに比べ吸収量が少なく、窒素やカリの吸収/施用比が高いキャベツやダイコンにおいても、リン酸の吸収/施用比は低かった。また、本試験では、堆肥の施用量を増すことで化学肥料の代替栽培が可能だったが、施用量の増加は窒素利用率の低下にもつながった(表15)。

表9 作土の土壤化学性の変化

| 試験区    | 全 全  |      | 可給態<br>窒素 | pH   | CEC  | 交換性塩基<br>(mgkg <sup>-1</sup> ) |                       |                    | 塩基飽和度<br>(%)                          |      |      |                  | 可給態<br>リン酸<br>(mgkg <sup>-1</sup> ) |
|--------|------|------|-----------|------|------|--------------------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------------------|------|------|------------------|-------------------------------------|
|        | 窒素   | 炭素   |           |      |      | (gkg <sup>-1</sup> )           | (mgkg <sup>-1</sup> ) | (H <sub>2</sub> O) | (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ) | CaO  | MgO  | K <sub>2</sub> O |                                     |
| 無窒素    | -7.6 | -0.7 | -2.6      | -0.3 | -3.7 | -1340.0                        | -522.0                | -85.0              | -12.9                                 | -7.7 | -0.3 | -20.9            | -99.0                               |
| 化学肥料   | -4.5 | -0.3 | -20.0     | -1.0 | -4.9 | -738.0                         | -415.0                | 138.0              | -5.5                                  | -6.8 | 4.5  | -7.8             | -54.0                               |
| 化肥+2t  | 3.0  | 0.2  | 26.0      | -0.9 | -3.1 | -136.0                         | -282.0                | 271.0              | 0.7                                   | -5.0 | 5.5  | 1.3              | 3.0                                 |
| 化肥+4t  | 7.5  | 0.6  | 31.5      | -0.8 | -1.7 | 24.0                           | -216.0                | 536.0              | 1.7                                   | -4.6 | 8.8  | 5.9              | 22.0                                |
| 化肥+8t  | 15.2 | 1.0  | 111.5     | -0.5 | 0.9  | 689.0                          | -2.0                  | 868.0              | 6.7                                   | -3.0 | 11.7 | 15.4             | 152.0                               |
| 無肥料+4t | 13.0 | 0.9  | 59.5      | -0.4 | -0.7 | 781.0                          | 33.0                  | 837.0              | 9.5                                   | -1.9 | 11.7 | 19.3             | 51.0                                |
| 無肥料+8t | 13.6 | 0.8  | 98.0      | -0.3 | 0.6  | 1127.0                         | 92.0                  | 922.0              | 11.6                                  | -1.9 | 12.0 | 21.7             | -32.0                               |

注) 土壤改良後, 1998~2006年の増減

表10 下層土の土壤化学性の変化

| 試験区    | 全 全  |       | pH   | CEC  | 交換性塩基<br>(mgkg <sup>-1</sup> ) |                    |                                       | 塩基飽和度<br>(%) |      |                  |      | 可給態<br>リン酸<br>(mgkg <sup>-1</sup> ) |
|--------|------|-------|------|------|--------------------------------|--------------------|---------------------------------------|--------------|------|------------------|------|-------------------------------------|
|        | 窒素   | 炭素    |      |      | (gkg <sup>-1</sup> )           | (H <sub>2</sub> O) | (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> ) | CaO          | MgO  | K <sub>2</sub> O | CaO  |                                     |
| 無窒素    | 0.1  | 5.6   | -0.2 | 7.8  | 215.0                          | -8.0               | 278.0                                 | -3.5         | -1.8 | 1.2              | -4.1 | 78.0                                |
| 化学肥料   | -1.1 | -17.4 | -0.7 | 1.5  | 415.0                          | 16.0               | 278.0                                 | 5.0          | 0.1  | 2.3              | 7.4  | 62.5                                |
| 化肥+2t  | 0.7  | 13.3  | -0.6 | 3.6  | 990.0                          | 35.0               | 401.0                                 | 10.0         | 0.1  | 2.6              | 12.6 | 123.5                               |
| 化肥+4t  | 1.3  | 20.4  | -0.6 | 9.8  | 1310.0                         | 133.0              | 701.0                                 | 9.2          | 0.5  | 3.5              | 13.3 | 171.5                               |
| 化肥+8t  | 1.3  | 23.2  | -0.3 | 10.3 | 975.0                          | 282.0              | 707.0                                 | 0.9          | 2.8  | 2.9              | 6.6  | 183.0                               |
| 無肥料+4t | 1.3  | 20.1  | -0.1 | 9.1  | 1050.0                         | 322.0              | 575.0                                 | 3.3          | 3.7  | 2.5              | 9.5  | 82.5                                |
| 無肥料+8t | 0.7  | 15.5  | -0.2 | 9.6  | 1655.0                         | 420.0              | 809.0                                 | 11.0         | 5.2  | 4.0              | 20.2 | 143.0                               |

注) 1997~2006年の増減

表 11 10年間の養分施用量と作物吸収量および吸収/施用比

| 試験区     | 施用量 (kg ha <sup>-1</sup> ) A |      |       | 吸収量 (kg ha <sup>-1</sup> ) B |     |      | 吸収/施用比 (B/A) |      |      |
|---------|------------------------------|------|-------|------------------------------|-----|------|--------------|------|------|
|         | N                            | P    | K     | N                            | P   | K    | N            | P    | K    |
| 無窒素     | 0                            | 950  | 800   | 503                          | 125 | 680  | -            | 0.13 | 0.85 |
| 化学肥料    | 1600                         | 1300 | 1080  | 1071                         | 275 | 1453 | 0.67         | 0.21 | 1.35 |
| 化肥+2 t  | 4150                         | 2699 | 3457  | 1237                         | 315 | 1791 | 0.30         | 0.12 | 0.52 |
| 化肥+4 t  | 6700                         | 4099 | 5833  | 1290                         | 336 | 2055 | 0.19         | 0.08 | 0.35 |
| 化肥+8 t  | 11800                        | 6898 | 10586 | 1412                         | 365 | 2024 | 0.12         | 0.05 | 0.19 |
| 無肥料+4 t | 5100                         | 2799 | 4753  | 957                          | 245 | 1426 | 0.19         | 0.09 | 0.30 |
| 無肥料+8 t | 10200                        | 5598 | 9506  | 982                          | 266 | 1674 | 0.10         | 0.05 | 0.18 |

注 1) N は吸収量データが不足した 2000 年の 1 作目 (キャベツ) と 2002 年 (キャベツ・ダイコン) を除外

注 2) P, K は吸収量データが不足した 1999 ~ 2002 を除外

注 3) 無窒素区は 2004 年までの結果

表 12 スイートコーンの養分施用量と作物吸収量および吸収/施用比

| 試験区     | 施用量 (kg ha <sup>-1</sup> ) A |      |      | 吸収量 (kg ha <sup>-1</sup> ) B |     |     | 吸収/施用比 (B/A) |      |      |
|---------|------------------------------|------|------|------------------------------|-----|-----|--------------|------|------|
|         | N                            | P    | K    | N                            | P   | K   | N            | P    | K    |
| 無窒素     | 0                            | 400  | 400  | 226                          | 53  | 182 | -            | 0.13 | 0.45 |
| 化学肥料    | 1000                         | 600  | 600  | 385                          | 83  | 319 | 0.39         | 0.14 | 0.53 |
| 化肥+2 t  | 2242                         | 1174 | 1563 | 464                          | 105 | 408 | 0.21         | 0.09 | 0.26 |
| 化肥+4 t  | 3484                         | 1748 | 2526 | 512                          | 117 | 500 | 0.15         | 0.07 | 0.20 |
| 化肥+8 t  | 5967                         | 2896 | 4452 | 533                          | 118 | 511 | 0.09         | 0.04 | 0.11 |
| 無肥料+4 t | 2484                         | 1148 | 1926 | 377                          | 101 | 366 | 0.15         | 0.09 | 0.19 |
| 無肥料+8 t | 4967                         | 2296 | 3852 | 362                          | 104 | 369 | 0.07         | 0.05 | 0.10 |

注) P, K は吸収量データが不足した 1999 ~ 2002 を除外

表 13 キャベツの養分施用量と作物吸収量および吸収/施用比

| 試験区     | 施用量 (kg ha <sup>-1</sup> ) A |      |      | 吸収量 (kg ha <sup>-1</sup> ) B |     |     | 吸収/施用比 (B/A) |      |      |
|---------|------------------------------|------|------|------------------------------|-----|-----|--------------|------|------|
|         | N                            | P    | K    | N                            | P   | K   | N            | P    | K    |
| 無窒素     | 0                            | 400  | 320  | 125                          | 42  | 321 | -            | 0.10 | 1.00 |
| 化学肥料    | 360                          | 400  | 320  | 371                          | 118 | 687 | 1.03         | 0.29 | 2.15 |
| 化肥+2 t  | 1054                         | 952  | 1254 | 447                          | 141 | 778 | 0.42         | 0.15 | 0.62 |
| 化肥+4 t  | 1748                         | 1504 | 2188 | 389                          | 136 | 764 | 0.22         | 0.09 | 0.35 |
| 化肥+8 t  | 3136                         | 2608 | 4056 | 482                          | 166 | 794 | 0.15         | 0.06 | 0.20 |
| 無肥料+4 t | 1388                         | 1104 | 1868 | 250                          | 85  | 569 | 0.18         | 0.08 | 0.30 |
| 無肥料+8 t | 2776                         | 2208 | 3736 | 338                          | 110 | 764 | 0.12         | 0.05 | 0.20 |

注 1) N は吸収量データが不足した 2000 年, 2002 年を除外

注 2) P, K は吸収量データが不足した 1999 ~ 2002 を除外

表 14 ダイコンの養分施用量と作物吸収量および吸収/施用比

| 試験区     | 施用量 (kg $ha^{-1}$ ) A |      |      | 吸収量 (kg $ha^{-1}$ ) B |    |     | 吸収/施用比 (B/A) |      |      |
|---------|-----------------------|------|------|-----------------------|----|-----|--------------|------|------|
|         | N                     | P    | K    | N                     | P  | K   | N            | P    | K    |
| 無窒素     | 0                     | 150  | 80   | 152                   | 30 | 177 | -            | 0.20 | 2.22 |
| 化学肥料    | 240                   | 300  | 160  | 315                   | 74 | 448 | 1.31         | 0.25 | 2.80 |
| 化肥+2 t  | 1220                  | 865  | 1162 | 326                   | 70 | 605 | 0.27         | 0.08 | 0.52 |
| 化肥+4 t  | 2200                  | 1431 | 2163 | 388                   | 84 | 790 | 0.18         | 0.06 | 0.37 |
| 化肥+8 t  | 4161                  | 2562 | 4166 | 397                   | 81 | 720 | 0.10         | 0.03 | 0.17 |
| 無肥料+4 t | 1960                  | 1131 | 2003 | 330                   | 59 | 492 | 0.17         | 0.05 | 0.25 |
| 無肥料+8 t | 3921                  | 2262 | 4006 | 282                   | 51 | 540 | 0.07         | 0.02 | 0.13 |

注 1) N は吸収量データが不足した 2002 年を除外

注 2) P, K は吸収量データが不足した 1999 ~ 2002 を除外

表 15 化学肥料および堆肥由来の窒素利用率 (%)

| 試験区     | 利用率  |
|---------|------|
| 無窒素     | -    |
| 化学肥料    | 27.6 |
| 化肥+2 t  | 11.9 |
| 化肥+4 t  | 8.5  |
| 化肥+8 t  | 4.6  |
| 無肥料+4 t | 5.1  |
| 無肥料+8 t | 2.6  |

注 1) 1997 ~ 2006 年の平均値

注 2) 吸収量データが不足した 2000 年の 1 作目および 2002 年を除外

以上の結果を総合すると、収量が増加し規格品率の向上も図られたこと、CEC や交換性塩基、可給態リン酸の増加、土壌の酸性化の抑制および下層土の改良に効果が認められたことなどから、岩手県における非アロフェン質黒ボク土露地畑土壌では、化学肥料を併用した堆肥の連用、特に 40Mg, 80Mg $ha^{-1}$  の堆肥連用が有効であると考えられた。しかし、連用が進むと交換性カリや可給態リン酸が蓄積すること、堆肥のみを 40Mg, 80Mg $ha^{-1}$  連用した場合でも連用年数の経過とともに化学肥料区以上の収量が得られたことなどから、連用年数に応じた化学肥料の削減により、過剰な養分蓄積を防ぐ必要があると考えられた。

## 章 豚ふん・鶏ふん堆肥連用試験

### 材料および方法

堆肥の種類による肥効の差異を把握するため、豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥の施用試験を行った。本試験の供試圃場は 章の圃場に隣接し、土壌タイプも同様に腐植質普通非アロフェン質黒ボク土である。また、供試圃場では 1997 ~ 1999 年にかけてバレイショ、ビール麦を作付けし、pH6.5、可給態リン酸 20 mg $kg^{-1}$ 、改良深 10cm を目標に炭カルおよび石こうの施用試験が行われた。

試験区の構成を表 16 に示した。豚ふん 2, 3 区は 2001 年の豚ふん堆肥施用量をそれぞれ 10Mg, 20Mg $ha^{-1}$  とし、2002 年からは堆肥の窒素肥効を豚ふん 2 区で 30%、豚ふん 3 区で 15%と仮定して堆肥を施用した。さらに、2003 年からは豚ふん堆肥の窒素肥効を 100%と仮定した豚ふん 1 区を設けた。同様に、鶏ふん 2, 3 区は 2001 年の鶏ふん堆肥施用量をそれぞれ 10Mg, 20Mg $ha^{-1}$  とし、2002 年からは堆肥の窒素肥効を鶏ふん 2 区で 50%、鶏ふん 3 区で 25%と仮定した。さらに、2003 年からは鶏ふん堆肥の窒素肥効を 100%と仮定した鶏ふん 1 区を設けた。対照には化学肥料単用区を設けた。

表 16 各試験区の処理内容

| 試験区   | 化学肥料施肥 | 推定窒素肥効率 (%) | 試験期間        |
|-------|--------|-------------|-------------|
| 化学肥料  |        | -           | 2001 ~ 2005 |
| 豚ふん 1 | ×      | 100         | 2003 ~ 2005 |
| 豚ふん 2 | ×      | 30          | 2001 ~ 2005 |
| 豚ふん 3 | ×      | 15          | 2001 ~ 2005 |
| 鶏ふん 1 | ×      | 100         | 2003 ~ 2005 |
| 鶏ふん 2 | ×      | 50          | 2001 ~ 2005 |
| 鶏ふん 3 | ×      | 25          | 2001 ~ 2005 |

注 1) 2001 年の豚ふん 2, 3 区の堆肥施用量は 10Mg, 20Mg $ha^{-1}$

注 2) 2001 年の鶏ふん 2, 3 区の堆肥施用量は 10Mg, 20Mg $ha^{-1}$

表 17 豚ふん堆肥の成分濃度（現物当たり）

| 堆肥名                     | 全窒素  | 全炭素   | C/N 比 | リン酸  | カリ   | 石灰   | 苦土   | 水分 (kgkg <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------|------|-------|-------|------|------|------|------|--------------------------|
| 豚ふん堆肥                   | 30.5 | 263.3 | 8.3   | 48.2 | 28.5 | 24.9 | 22.3 | 0.26                     |
| 現物 (gkg <sup>-1</sup> ) |      |       |       |      |      |      |      |                          |
| 標準偏差                    | 0.4  | 3.7   | 0.8   | 1.2  | 1.0  | 0.3  | 0.8  | 10.6                     |
| 変動係数 (CV%)              | 13.1 | 13.9  | 9.4   | 23.9 | 34.1 | 13.3 | 34.9 | 41.3                     |

注) 2001～2005 年の平均分析値

表 18 鶏ふん堆肥の成分濃度（現物当たり）

| 堆肥名                     | 全窒素  | 全炭素   | C/N 比 | リン酸  | カリ   | 石灰   | 苦土   | 水分 (kgkg <sup>-1</sup> ) |
|-------------------------|------|-------|-------|------|------|------|------|--------------------------|
| 鶏ふん堆肥                   | 28.9 | 220.5 | 6.7   | 42.8 | 26.3 | 48.1 | 9.3  | 0.20                     |
| 現物 (gkg <sup>-1</sup> ) |      |       |       |      |      |      |      |                          |
| 標準偏差                    | 0.2  | 0.3   | 0.8   | 0.2  | 0.2  | 1.7  | 0.1  | 3.4                      |
| 変動係数 (CV%)              | 7.9  | 1.4   | 12.0  | 4.6  | 8.1  | 35.9 | 12.9 | 16.6                     |

注) 2002～2005 年の平均分析値

表 19 豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥の施用量

| 試験区   | 堆肥施用量 (Mgha <sup>-1</sup> ) |      |      |      |      |
|-------|-----------------------------|------|------|------|------|
|       | 2001                        | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| 化学肥料  | -                           | -    | -    | -    | -    |
| 豚ふん 1 | -                           | -    | 4.9  | 3.9  | 1.9  |
| 豚ふん 2 | 10.0                        | 16.9 | 7.2  | 16.5 | 6.2  |
| 豚ふん 3 | 20.0                        | 33.9 | 14.4 | 33.0 | 12.4 |
| 鶏ふん 1 | -                           | -    | 5.6  | 4.5  | 2.5  |
| 鶏ふん 2 | 10.0                        | 9.9  | 4.8  | 11.2 | 5.0  |
| 鶏ふん 3 | 20.0                        | 19.8 | 9.5  | 22.5 | 10.0 |

表 20 供試作物の作付け体系

| 年度   | 2001        | 2002         | 2003        | 2004 | 2005 |
|------|-------------|--------------|-------------|------|------|
| 供試作物 | スイート<br>コーン | キャベツ<br>ダイコン | スイート<br>コーン | キャベツ | ダイコン |

本試験に用いた豚ふん堆肥、鶏ふん堆肥の平均成分濃度を表17,18に、各年次におけるそれぞれの堆肥の施用量を表19に示した。豚ふん堆肥は北上市相去、児玉ファーム産の発酵豚ふん「白ゆり豚有機」を、鶏ふん堆肥は金ヶ崎町六原、ITSファーム産の発酵鶏ふん「地力」を用いた。豚ふん堆肥は固液分離した豚ふんを縦型コンポストにて堆肥化したもので、副資材は使用していない。鶏ふん堆肥は採卵鶏糞をスクープ式発酵槽で発酵後、3mmにペレット

化したものである。

供試作物は表 20 のとおりで、施肥量、収量調査および分析方法は 章と同様である。

## 結果および考察

供試作物の収量の推移を表21に、収量指数を図16に示した。スイートコーンの供試品種は 2001,2003 年ともに

「キャンベラ 90」である。2001 年は豚ふん堆肥、鶏ふん堆肥の施用によって化学肥料区以上の収量が得られ、施用量を倍にすることでさらに増収を図ることが可能だった。特に鶏ふん堆肥による増収効果が高かった。2003 年も化学肥料区以上の収量が得られ、肥効率低く見積もり、施用量を増した豚ふんおよび鶏ふん 2,3 区において特に増収した。

キャベツの供試品種は、2002 年は「YR 青春 2 号」、2004 年は「夏さやか」である。キャベツの場合も試験区を問わず化学肥料区以上の収量が得られ、施用量の多い豚ふんおよび鶏ふん 2,3 区において高い収量となった。

ダイコンの供試品種は、2002, 2005 年ともに「涼太」である。豚ふん堆肥、鶏ふん堆肥ともに各試験区の収量に年次変動があるものの、スイートコーンやキャベツと同様に化学肥料区以上の収量が得られ、施用量の多い豚ふんおよび鶏ふん 2,3 区において高い収量となった。

本試験では畜種混合堆肥を施用した場合と異なり、試験開始時を含むいずれの栽培年においても、豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥の施用によって化学肥料区を上回る収

量が得られた。収量指数の増加に対する効果はスイートコーン>ダイコン>キャベツの順となった。また、堆肥の施用量の増加に伴い増収する傾向にあり、養分過剰障害などは確認されなかった。豚ふん堆肥に比べ、鶏ふん堆肥を施用した場合に高い収量を得ることができた。

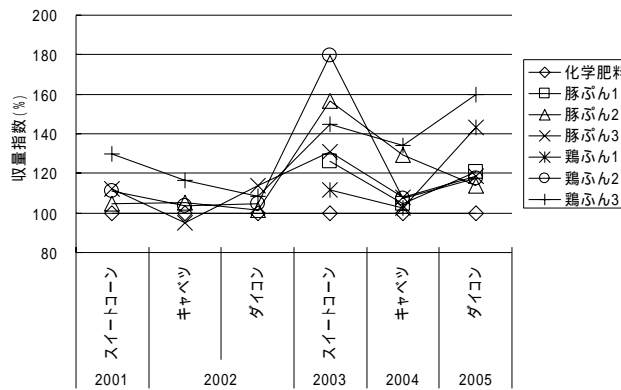


図 16 収量指数の推移

表 21 収量の推移 (kg ha<sup>-1</sup>)

| 試験区   | 2001    |        |       | 2002    |       |        | 2003    |        |       | 2004    |        |        | 2005    |        |       |
|-------|---------|--------|-------|---------|-------|--------|---------|--------|-------|---------|--------|--------|---------|--------|-------|
|       | スイートコーン | キャベツ   | ダイコン  | スイートコーン | キャベツ  | ダイコン   | スイートコーン | キャベツ   | ダイコン  | スイートコーン | キャベツ   | ダイコン   | スイートコーン | キャベツ   | ダイコン  |
| 化学肥料  | 21520   | 90286  | 54524 | 10230   | 45714 | 79167  | 12890   | 47905  | 95405 | 16020   | 59119  | 90071  | 13390   | 49190  | 94024 |
| 豚ふん 1 | -       | -      | -     | 11410   | 46881 | 113190 | 18400   | 49119  | 92857 | 14840   | 61405  | 126667 | -       | -      | -     |
| 豚ふん 2 | 22470   | 94810  | 55381 | 18400   | 49119 | 92857  | 16020   | 59119  | 90071 | 23910   | 93381  | 57000  | 18400   | 49119  | 92857 |
| 豚ふん 3 | 24180   | 85714  | 62143 | 13390   | 49190 | 94024  | 27960   | 105190 | 59095 | 14840   | 61405  | 126667 | 27960   | 105190 | 59095 |
| 鶏ふん 1 | -       | -      | -     | 11410   | 46881 | 113190 | -       | -      | -     | -       | -      | -      | -       | -      | -     |
| 鶏ふん 2 | 23910   | 93381  | 57000 | 18400   | 49119 | 92857  | 23910   | 93381  | 57000 | 23910   | 93381  | 57000  | 23910   | 93381  | 57000 |
| 鶏ふん 3 | 27960   | 105190 | 59095 | 14840   | 61405 | 126667 | 27960   | 105190 | 59095 | 27960   | 105190 | 59095  | 27960   | 105190 | 59095 |

注) 2001 年の化学肥料区の収量は 章から引用, 2002 ~ 2005 年は他の試験区と同一筆内に化学肥料区を設置

次に、作土における 5 年間の土壌化学性の推移を図 17 ~ 25 に示した。pH の推移に年次変動はあるものの、豚ふん堆肥施用区では試験開始時の値を維持、あるいは上昇する傾向にあった。鶏ふん堆肥施用区の場合は、鶏ふん 1 区では試験開始時の値からわずかに増加するにとどまったが、鶏ふん 2,3 区では鶏ふん堆肥の施用量に応じて pH が増加した。一方、化学肥料区の pH は連用年数の経過とともに低下する傾向にあり、堆肥の施用による土壌緩衝能の増加と化学肥料の施肥による土壌酸性化の進行<sup>2,14)</sup>が示唆された(図 17)。

全窒素および全炭素は、堆肥施用量の少ない豚ふん 1 区および鶏ふん 1 区において化学肥料区並みとなり、増

加は認められなかったが、豚ふんおよび鶏ふん 2,3 区では化学肥料区を上回り、特に豚ふん 3 区において増加率が高かった。本試験で用いた豚ふん堆肥は、鶏ふん堆肥に比べ全窒素および全炭素含量が高かったため、施用量の多い豚ふん 3 区において顕著な増加が認められたものと考えられた(図 18, 19)。

CEC は堆肥の施用量に応じた値を示した。すなわち、豚ふんおよび鶏ふん 1 区では試験開始時の値を維持するにとどまったが、豚ふんおよび鶏ふん 2 区では試験開始時に比べ増加し、豚ふんおよび鶏ふん 3 区では大幅な増加となった(図 20)。交換性塩基のうち、交換性石灰は特に鶏ふん堆肥施用区で増加し、鶏ふん 2 区で 3800mgkg<sup>-1</sup>、鶏

ふん 3 区では  $4500\text{mgkg}^{-1}$  を超える高い値を示した。豚ふん堆肥施用区では施用量に比例した増加量となったが、鶏ふん堆肥施用区に比べ増加量は少なかった(図 21)。交換性苦土は豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥の施用により増加する傾向にあり、特に豚ふん 3 区において高い値を示した(図 22)。供試した鶏ふん堆肥は石灰含有率が高く、豚ふん堆肥は苦土含量が高かった。このことがそれぞれの堆肥施用区における交換性石灰および苦土の増加につながったものと考えられた。交換性カリも堆肥の施用量に応じた値を示し、豚ふんおよび鶏ふん 1 区では試験開始時の値を維持、豚ふんおよび鶏ふん 2 区では増加、豚ふんおよび鶏ふん 3 区では大幅な増加となった(図 23)。

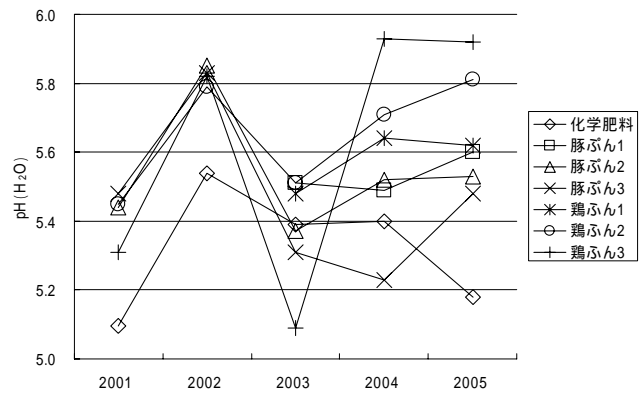


図 17 pH (H<sub>2</sub>O) の推移

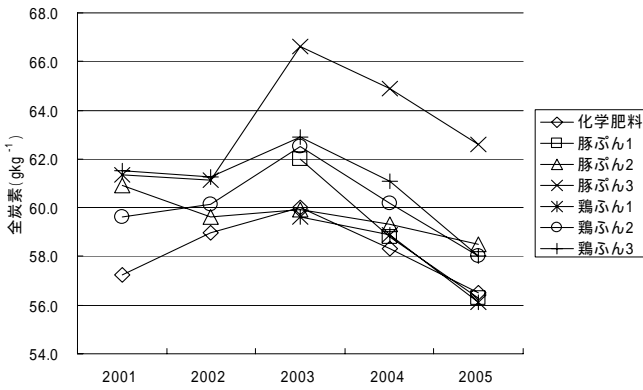


図 18 全炭素の推移

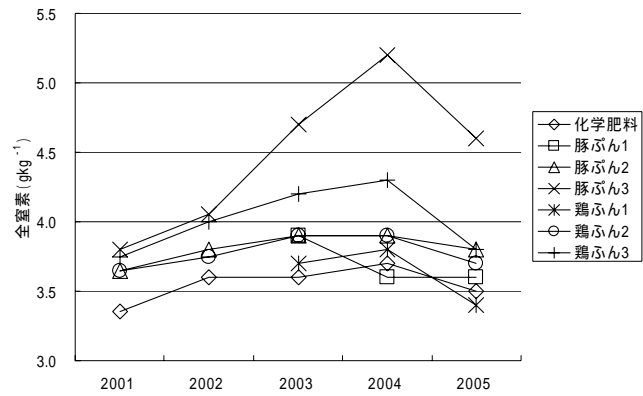


図 19 全窒素の推移

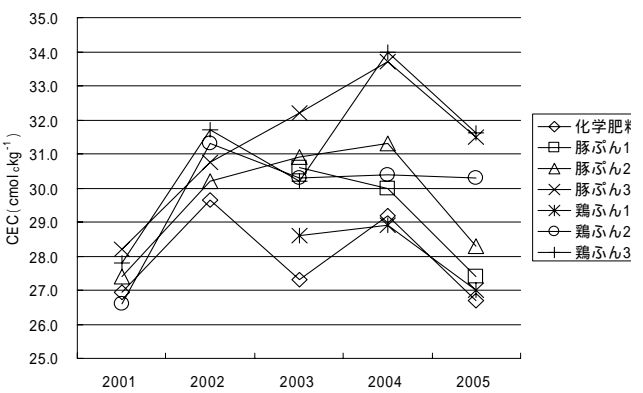


図 20 CEC の推移

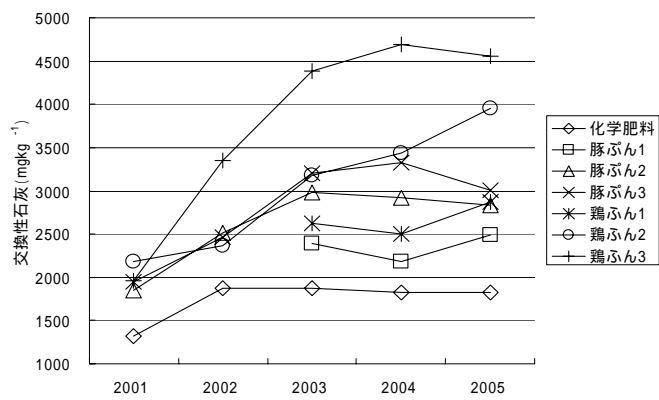


図 21 交換性石灰の推移

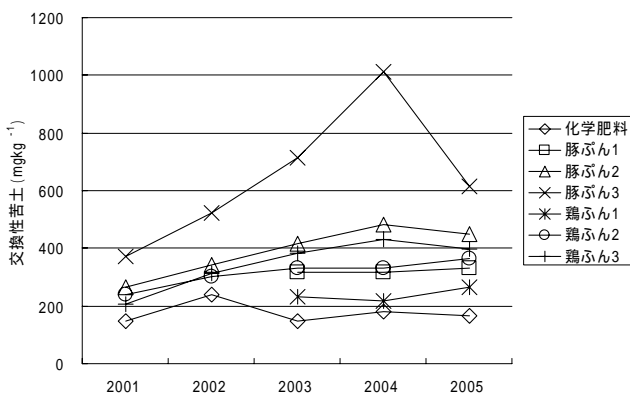


図 22 交換性苦土の推移

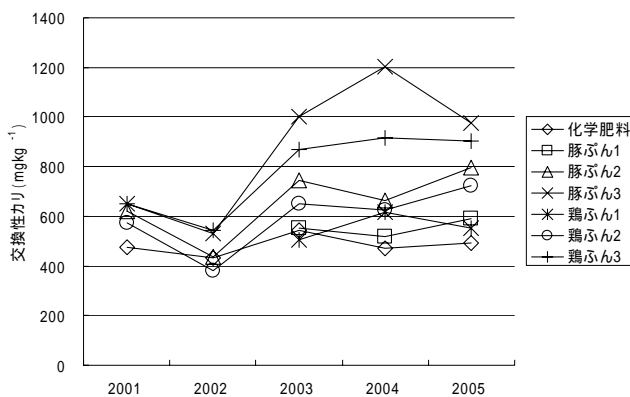


図 23 交換性カリの推移

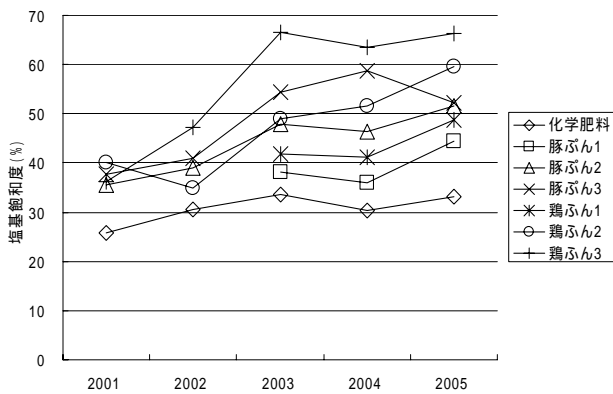


図 24 塩基飽和度の推移

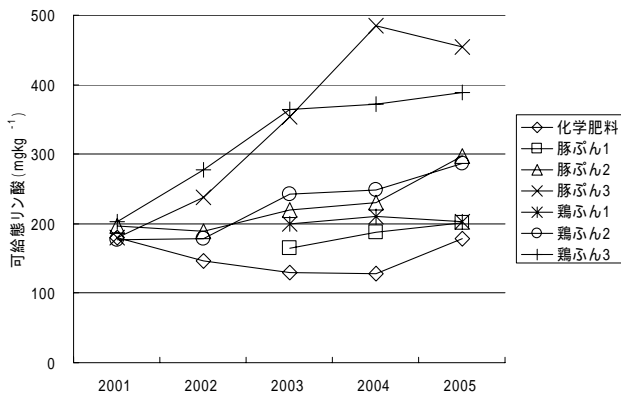


図 25 可給態リン酸の推移

また、岩手県では塩基飽和度の適正値を 60～80%としているが<sup>5)</sup>、この値を満たしたのは鶏ふん 2,3 区のみで、豚ふん 3 区がそれに次ぐ値だった。他の試験区でも試験開始時に比べ塩基飽和度は上昇し、化学肥料区を大幅に上回ったが、5 年間の連用では適正値を満たすまでには至らなかった (図 24)。

可給態リン酸は堆肥の施用量に応じた値を示し、豚ふんおよび鶏ふん 1 区では試験開始時の値を維持、豚ふんおよび鶏ふん 2 区では増加、豚ふんおよび鶏ふん 3 区では大幅な増加となった。特に豚ふんおよび鶏ふん 3 区では高い値を示し、岩手県における基準値<sup>5)</sup>を上回った (図 25)。

2001 年と 5 年後の 2005 年の跡地土壌の分析値を比較し、5 年間の連用における増減を検討した。堆肥の連用と施用量に応じ、交換性塩基や塩基飽和度、可給態リン酸が増加した。豚ふん堆肥の場合は、特に交換性苦土や可給態

リン酸の増加に、鶏ふん堆肥の場合は、特に交換性石灰の増加や pH の上昇、可給態リン酸の増加に寄与した (表 22)。

畜種を問わず、堆肥の施用量が多い場合に交換性塩基や可給態リン酸の増加が認められたことから、堆肥からの養分供給量と作物の吸収量のバランスを評価した (表 23)。その結果、吸収/施用比は堆肥の投入量に反比例したが、畜種混合堆肥を連用した場合に比べ高い値を示した。同様に窒素利用率も高い値を示した (表 24)。章の化学肥料区に比べ、本試験における化学肥料区の窒素利用率は高かったが、これは 章と本章の化学肥料区の収量に大きな差がないことから、圃場の違いによる地力差ではなく、作物間の窒素利用率の差に起因するものと考えられた。供試作物のうち、キャベツの生育は施肥窒素に依存するため、無窒素で栽培した場合の窒素吸収量は著しく低下し、みかけの窒素利用率が高まる。本試験の試験期

間は短いため、平均窒素利用率を算出する際に占めるキャベツの窒素利用率の割合が高まり、その結果高い窒素利用率を示したものと考えられた。

以上の結果を総合すると、豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥の施用は交換性塩基や可給態リン酸の増加、土壌の酸性化の抑制などに効果が認められたことから、岩手県における非アロフェン質黒ボク土畑土壌では、豚ふん堆肥および鶏ふん堆肥の連用が有効であり、化学肥料代替栽培も可能であると考えられた。しかし、連用年数の経過と

ともに交換性塩基や可給態リン酸が蓄積する傾向にあること、堆肥の窒素肥効率を100%と仮定した施用量でも化学肥料区以上の収量が得られたことから、連用年数が経過した場合は堆肥の施用量を推定窒素肥効率100%程度まで削減することにより、過剰な養分蓄積を防ぐ必要があると考えられた。また、畜種によって養分供給能に差があることから、土壌の養分バランスを考慮した堆肥の選択を行うことが重要であると考えられた。

表 22 作土の土壌化学性の変化

| 試験区   | 全窒素                  |                      | pH<br>(H <sub>2</sub> O) | CEC<br>(cmol <sub>e</sub> kg <sup>-1</sup> ) | 交換性塩基<br>(mgkg <sup>-1</sup> ) |       |                  | 塩基飽和度<br>(%) |     |                  |      | 可給態<br>リン酸<br>(mgkg <sup>-1</sup> ) |
|-------|----------------------|----------------------|--------------------------|--|--------------------------------|-------|------------------|--------------|-----|------------------|------|-------------------------------------|
|       | (gkg <sup>-1</sup> ) | (gkg <sup>-1</sup> ) |                          |  | CaO                            | MgO   | K <sub>2</sub> O | CaO          | MgO | K <sub>2</sub> O | 合計   |                                     |
| 化学肥料  | -0.75                | 0.15                 | 0.09                     | -0.3   | 500.0                          | 17.0  | 18.0             | 6.9          | 0.2 | 0.3              | 7.4  | -2.0                                |
| 豚ふん 1 | -5.70                | -0.30                | 0.09                     | -3.2   | 100.0                          | 17.0  | 36.0             | 4.6          | 0.7 | 1.2              | 6.4  | 36.0                                |
| 豚ふん 2 | -2.40                | 0.15                 | 0.09                     | 0.9  | 995.0                          | 182.5 | 174.0            | 11.8         | 2.2 | 1.9              | 15.9 | 100.0                               |
| 豚ふん 3 | 1.25                 | 0.80                 | 0.00                     | 3.3  | 1065.0                         | 240.0 | 325.0            | 9.5          | 2.2 | 2.8              | 14.5 | 275.5                               |
| 鶏ふん 1 | -3.50                | -0.30                | 0.14                     | -1.6   | 250.0                          | 33.0  | 48.0             | 5.2          | 0.6 | 1.0              | 6.9  | 4.0                                 |
| 鶏ふん 2 | -1.60                | 0.05                 | 0.36                     | 3.7  | 1780.0                         | 124.5 | 150.5            | 17.4         | 1.1 | 0.8              | 19.3 | 108.5                               |
| 鶏ふん 3 | -3.50                | 0.05                 | 0.61                     | 3.8  | 2605.0                         | 191.0 | 253.0            | 26.4         | 1.8 | 1.9              | 30.1 | 185.5                               |

注) 豚ふん 1 区および鶏ふん 1 区は 2003~2005 の 3 年間の増減

表 23 養分施用量と作物吸収量および吸収/施用比

| 試験区   | 施用量 (kg ha <sup>-1</sup> ) A |      |      | 吸収量 (kg ha <sup>-1</sup> ) B |     |      | 吸収/施用比 (B/A) |      |      |
|-------|------------------------------|------|------|------------------------------|-----|------|--------------|------|------|
|       | N                            | P    | K    | N                            | P   | K    | N            | P    | K    |
| 無窒素   | 0                            | 550  | 440  | 207                          | 53  | 353  | -            | 0.10 | 0.80 |
| 化学肥料  | 660                          | 550  | 440  | 635                          | 148 | 1153 | 0.96         | 0.27 | 2.62 |
| 豚ふん 1 | 460                          | 673  | 299  | 454                          | 159 | 992  | 0.99         | 0.24 | 3.32 |
| 豚ふん 2 | 1932                         | 2242 | 997  | 701                          | 192 | 1263 | 0.36         | 0.09 | 1.27 |
| 豚ふん 3 | 3863                         | 4484 | 1994 | 661                          | 174 | 1183 | 0.17         | 0.04 | 0.59 |
| 鶏ふん 1 | 460                          | 656  | 418  | 503                          | 171 | 1091 | 1.09         | 0.26 | 2.61 |
| 鶏ふん 2 | 1263                         | 1313 | 836  | 698                          | 201 | 1256 | 0.55         | 0.15 | 1.50 |
| 鶏ふん 3 | 2375                         | 2625 | 1673 | 725                          | 199 | 1155 | 0.31         | 0.08 | 0.69 |

注 1) N は吸収量データが不足した 2002 年を除外

注 2) P, K は吸収量データが不足した 2001, 2002 年を除外

注 3) 無窒素区のデータは 章から引用

表 24 窒素利用率 (%)

| 試験区   | 窒素利用率 |
|-------|-------|
| 化学肥料  | 41.7  |
| 豚ふん 1 | 44.1  |
| 豚ふん 2 | 16.7  |
| 豚ふん 3 | 8.2   |
| 鶏ふん 1 | 55.2  |
| 鶏ふん 2 | 27.2  |
| 鶏ふん 3 | 18.9  |

注) 2001, 2003, 2004 年の平均値



## 章 総合考察

土壌に対する堆肥の施用は、物理性、化学性、生物性の全てに多面的な影響を及ぼす<sup>15)</sup>。化学性の改善としては、土壌のCECを増加させ陽イオンの保持量を増やすとともに、土壌pHに対する緩衝作用を増すことが知られている。降水量が蒸発散量を上回る我が国では、雨水に溶け込んだ炭酸ガスの電離によって生じる水素イオンと土壌の塩基が交換して土壌が酸性化しやすい。また、粘土の強酸的部位に吸着した水素イオンは電離しやすく強い酸性を示すため、粘土の一部を破壊してアルミニウム、ケイ酸、鉄などを溶解する。このうち、荷電の大きいアルミニウムイオンは水素イオンと置きかわり、強酸性土壌の主要な交換性イオンとなる。酸性土壌は、CEC、交換性石灰、交換性苦土の減少、活性アルミニウムの増加、リン酸固定、マンガン過剰などのほか、微生物相の悪化など作物に対して直接・間接に悪影響を及ぼし、収量、品質の低下を招くが<sup>14)</sup>、化学肥料依存の施肥体系は、施肥窒素の硝酸化や作物の吸い残した硫酸イオン、塩化物イオンなどにより、さらに土壌の酸性化を助長する。本試験においても、化学肥料のみの施肥を行った場合は土壌pHの低下が進行し、pH5.0以下と野菜畑の適正範囲を下回ったが、堆肥を施用した場合は土壌pHの維持、上昇効果が認められた。また、堆肥は窒素、リン酸、カリをはじめ各種塩基類や微量要素を含み、作物の養分供給源としても有効である。黒ボク土壌ではpHの低下以外にもCECや塩基飽和度の減少が問題となることが多いが<sup>13)</sup>、本試験では、堆肥の施用がこれらを増加させ、土壌の化学性を改善することが確認された。さらに、物理性の改善としては、孔隙の増加や団粒構造の形成促進の結果、土壌の保水性や透水性が高まるとともに根の伸長を容易にすること、生物性の改善としては、土壌中の微生物活性の増加とともに菌相の単純化を防ぎ、特に細菌および放線菌の生育を活発にし、特定の植物病原菌の増殖を抑制して作物を保護する作用が知られている。堆肥の連用による高い増収効果は、化学性とともにこれら物理性や生物性が改善され、作物生育に有益に作用したことに起因するものと考えられた。

岩手県は畜産が盛んであり、堆肥の生産量も多い。年間の家畜排せつ物発生量は3,494千トン(乳用牛899千トン、肉用牛957千トン、豚940千トン、採卵鶏204千トン、ブロイラー494千トン：平成17年現在)と推計され<sup>7)</sup>、これらを原料とした堆肥の85%は農地への還元利用がなされている。しかし、地域によっては堆肥の需給に不均衡がみられること、農業従事者の高齢化等による労働力不足のため、堆肥の利用が不十分であることなどの課題も

抱えている。また、土壌機能実態モニタリング調査によれば、岩手県の畑土壌のおよそ6割で有機物が施用されているものの、施用農家数は減少しており、土壌の酸性化も進行していること、県全体では低地力土壌の分布も多いことなどが明らかにされている<sup>3)</sup>。

今般の肥料および肥料原料価格の高騰により、農家経営は苦しい立場にある。我が国は肥料原料のほとんどを海外に依存しているが、肥料原料および肥料の輸入価格は中国やインドの食料増産、アメリカ、ブラジルのバイオ燃料の増産等による世界的な肥料需要の増大を背景として高騰している<sup>20)</sup>。これを受けて全農は2008年7月以降の肥料供給価格の値上げを発表しており、国際情勢を反映した肥料価格の上昇傾向は当面継続することが予想される。肥料価格の上昇による農家経営への影響を最小限にするには、肥料コストの低減を可能とする施肥体系への転換、つまり、有機物のさらなる有効利用を推進し、土壌に対する多面的な効果を十分に活かして化学肥料を削減することが必要である<sup>8,19)</sup>。さらに、物質循環の観点からは、飼料価格の高騰も無視できない問題である。家畜飼料のうち、配合飼料の原料の半分はトウモロコシだが、その93%はアメリカからの輸入に依存している。トウモロコシの価格も、中国やインドなど新興国の経済発展による需要増や、主産地であるアメリカでのバイオエタノール向けの需要増などの影響を受け、2006年秋以降急激に上昇を続けている。

これらのことから、飼料自給率の向上を図りつつ、堆肥の利用を促進し、国内循環、さらには地域内循環を達成することは今後の農業振興において重要な意味を持つ。畜産が盛んな本県だからこそ、より一層有機物資源を積極的に利用し、安定かつ低コストで持続可能な農業生産を達成することが求められる。

## 謝 辞

本研究は、岩手県農業研究センターで行われた露地畑における有機物連用試験を取りまとめたものである。実際に試験を行った土壌作物栄養研究室(現生産環境研究室)の各担当者をはじめとする生産環境部(現環境部)関係各位に対して感謝の意を表す。また、本稿をまとめるにあたり、岩手県農業研究センター畜産研究所 菊池雄家畜飼養・飼料研究室長をはじめ、岩手県農業研究センター 千葉泰弘環境部長、小菅裕明生産環境室長ならびに生産環境研究室の皆様には多大なるご助言、ご協力を戴いた。ここに感謝の意を表す。

## 引用文献

- 1) 橋元秀典 (1977): 有機物施用の理論と応用, p.95, 農山漁村文化協会
- 2) 犬伏和之・安西徹朗 編 (2001): 土壌学概論, p.32 ~ 36, 朝倉書店
- 3) 岩手県 (2001): 県内畑地土壌の15年間の有機物管理と化学性の変化, (指)-60-1, 平成13年度 岩手県農業研究センター 試験研究成果
- 4) 岩手県農業研究センター (2002): 農産物調査基準, p.79, 82, 93
- 5) 岩手県農林水産部 (2004): 地力・有機物施用を考慮した岩手県土づくり・施肥管理の手引き, p.13, 52 ~ 54
- 6) 岩手県農林水産部 (2005): 土壌環境・作物分析の手引き - 土壌・作物体・水質・有機物 -, p.38, 42 ~ 46, 50 ~ 57, 64, 65, 80 ~ 84, 89 ~ 95
- 7) 岩手県農林水産部畜産課 (2007): 家畜排せつ物の利用の促進を図るための岩手県計画
- 8) 上山紀代美・藤原俊六郎・船橋秀登 (1995): 牛ふん堆肥の連用が作物収量と土壌の化学性に及ぼす影響, 神奈川農総研研究報告, 136:31-42
- 9) 片峰美幸・亀和田國彦・鈴木康夫・伊藤良治・中山喜一・内田文雄 (2001): 黒ボク土畑における各種有機物の20年間連用が作物生育ならびに土壌理化学性に及ぼす影響, 栃木県農業試験場研究報告 50:79-91
- 10) 木村真人・波多野隆介 編 (2005): 土壌圏と地球温暖化, p.246, 名古屋大学出版会
- 11) 北村明久・久保田増栄 (1985): 鉞質畑の地力に対する有機物連用の影響 第1報 土壌中における各種有機物の分解と集積ならびに土壌理化学性の変化と作物生育, 高知県農林技術研究所研究報告 17:63-77
- 12) 香西清弘・平木孝典 (1997): 牛ふん堆肥の連用が土壌の理化学性に及ぼす影響, 香川農試研究報告 49:61-67
- 13) 久馬一剛編 (1997): 最新土壌学, p.33, 34, 147, 148, 195, 朝倉書店
- 14) 久馬一剛ら (1987): 新土壌学, p.86 ~ 93, 朝倉書店
- 15) 松本聰・三枝正彦 (1998): 植物生産学 ( ) - 土壌環境技術編 -, p.143, 144, 文永堂出版株式会社
- 16) 中井信 (2006): 農耕地土壌調査の現状と課題, 農業, 1487:31-42
- 17) 中津智史・東田修司・山神 正弘 (2000): 淡色黒ボク土壌における堆きゅう肥の連用が畑作物の収量・品質および土壌環境に及ぼす影響, 日本土壌肥科学雑誌, 71:97-100
- 18) 日本土壌協会 (2001): 土壌機能モニタリング調査のための土壌, 水質及び植物体分析法, p.39 ~ 43, 66 ~ 69, 74, 251, 252, 254, 255
- 19) 西尾道徳 (2007): 家畜ふん堆肥施用にともなう化学肥料削減可能量の概算方法, 肥料, 106, 16 ~ 21
- 20) 農林水産省生産局 (2008): 肥料価格の現状等について
- 21) 大橋恭一・岡本将宏 (1985): 野菜の養分吸収と土壌の化学性に及ぼすおがくず入り牛ふん堆肥連用の影響, 日本土壌肥科学雑誌, 56:378-383
- 22) 三枝正彦・松山信彦・阿部篤郎 (1993): 東北地方におけるアロフェン質黒ボク土と非アロフェン質黒ボク土の分布, 日本土壌肥科学雑誌, 64:423-430
- 23) 杉山直儀 編 (1968): 野菜の栄養生理と施肥技術, p.327 ~ 330, 誠文堂新光社
- 24) 上沢政志 (1991): 化学肥料・有機物の連用が土壌・作物収量に与える影響の全国的解析, 農業技術 46:393-397
- 25) 若澤秀幸・河合徹・神谷径明・堀田柏・青島洋一・鈴木則夫・中神敏・山田金一・堀兼明・堀内正美・高橋和彦・水本順敏・松本昌直 (1994): 堆きゅう肥の連用が黄色土及び黒ボク土畑土壌に及ぼす影響, 静岡農試研究報告 38:85-98
- 26) 吉池昭夫 (1983): 農耕地における施用リン酸の蓄積について, 土肥誌, 54, 255 ~ 261

## Effect of continuous application of organic materials on non-allophanic andosol

Hisakazu HAGAMI, Yoshinori TAKAHASHI, Takashi SATOH,  
Ayumi NAKANO, Chiaki SATOH, Rumiko KODASHIMA,  
Haruo SHINKE, Tsuyoshi ONO and Katsuro TADA

### Summary

Research was conducted involving applying manure to upland fields with non-allophanic andosols at the Iwate Agricultural Research Center. Mixed manure (containing cow, pig, and chicken manure) has been applied to fields for 10 years, while pig manure and chicken manure have been applied for 5 years. Through this study, we clarified the effects that continuous application of manure, as well as the use of different kinds of manure, had on productivity of crops and on properties of the soil. Furthermore, we examined appropriate applications for manure. Yields increased with a continuous application of mixed manure together with chemical fertilizer. In particular, high yields were achieved by applying 40Mg and 80Mg $ha^{-1}$  manure. Chemical properties of the soil showed an increase in exchangeable cations and available phosphoric acid. The application of 40Mg and 80Mg $ha^{-1}$  manure was also determined to be effective in controlling the fall of pH levels and to have a positive effect on the subsoil. These results suggest that the application of 40Mg and 80Mg $ha^{-1}$  manure together with chemical fertilizer is effective. However, a continuous application of manure resulted in an accumulation of exchangeable potassium and available phosphoric acid. In such a case, it is necessary to prevent excessive accumulation of nutrients by reducing the amount of chemical fertilizer. Yields also rose when only pig or chicken manure was used; pig or chicken manure can be effective as an alternative to chemical fertilizer. Furthermore, these manures were effective as soil amendments, chemical properties of the soil showed an increase in exchangeable cations and available phosphoric acid. The application of pig manure and chicken manure was also determined to be effective in controlling the fall of the pH levels. These results suggest that the continuous application of pig manure and chicken manure is effective. However, through continuous application, exchangeable cations and available phosphoric acid tended to accumulate. In such a case, it is necessary to prevent excessive accumulation of nutrients by reducing the amount of applications of manure.

Key Words : manure, non-allophanic andosol, change in soil properties