

# 緑肥作物と有機野菜のコラボ栽培 “地球温暖化の防止を目指して”

## 1 はじめに

平成21年に超遅咲きの新規就農（非農家出身）で始めた緑肥作物を活用した有機野菜栽培は、10年目を迎えました。営農当初より、圃場外からの有機肥料や堆肥などの投入はなく、肥料費と農薬費の支出はありません。輪作体系に組み入れたマメ科の緑肥作物が空中から固定する窒素と、イネ科の緑肥作物を含めて光合成で生産する有機物だけで、有機栽培を行ってきました。

本業が有機農業コンサルタントで、これまでにヘアリーベッチを活用した有機水稲・大豆栽培技術<sup>2)</sup><sup>3)</sup><sup>4)</sup>を確立し普及してきました。現場主義が高じて気付いたら、いつの間にか自らが農業者になっていました。現在も半農半Xの生活で、営農を続けています。本業での現場出張が多く、営農に十分な時間を使えないことに加え、圃場に水道設備がないので、露地で栽培できる野菜は限られます。連日収穫が続き出荷調製作業に、水を使う葉菜類の栽培はできません。

まとまった時間があるときに植付けや収穫作業ができ、自らの都合で出荷できる野菜が主体になります。集約的でなく土地利用型の農業ですが、緑肥作物の活用によって生産性が向上し、生物多様性の保

全と農地の炭素貯留による地球温暖化の防止にも役立つと考えられますので、その取り組みについて紹介します。

## 2 緑肥作物導入の経緯と作付体系

### 1) 緑肥作物導入の経緯

営農を開始する前年の平成20年に原油価格が高騰し、この年は化学肥料の値段が2倍近くに跳ね上がりました。肥料の原料と製造に必要なエネルギーは、すべて地下資源と化石燃料に依存していて、世界で肥料争奪戦が展開、肥料価格は高止まりする傾向にありました。

限りある地下資源と化石燃料はいずれ枯渇し、近い将来化学肥料は製造できなくなることが予測されます。また、水素と空中の窒素を600℃ 1000気圧の超臨界流体状態で直接反応させて、アンモニアを生産するために膨大な化石エネルギーが使われています。

1トンの化学肥料（3成分入り）を製造するのに760リットルの原油が必要で、CO<sub>2</sub>の排出量は2.07トンになり、温暖化の要因の一つにあげられます。

しかしながら、アンモニア合成による窒素肥料は、人口増加にともなう食糧増産に大きく貢献しました。世界人口の半分は、この窒素肥料の恩恵で生

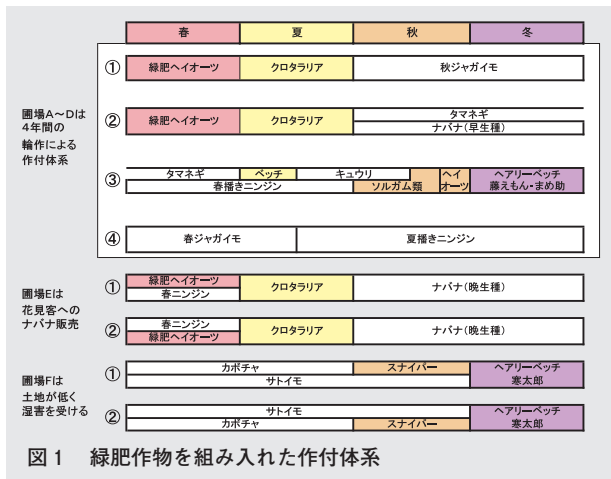
第66巻第3号 (通巻676号)

## 牧草と園芸/平成30年(2018) 5月 初夏号 目次

□サイレージ発酵の達人 サイマスターシリーズ 完成!	表 2
□緑肥作物と有機野菜のコラボ栽培 “地球温暖化の防止を目指して”	[米倉 賢一] ..... 1
□緑肥作物の利用と品種の紹介(北海道)	[宮本 拓磨] ..... 6
□除染後農地での営農再開に向けた取り組み—農地の省力管理のためにカバークロップ(緑肥)を導入—	[和田美由紀] ..... 10
□雪印おすすめの野菜品種紹介2018	[佐野まどか] ..... 14
□現場で役立つ技術Vol. 3—サイレージ調製 その1—	[高木 正季] ..... 17
□高消化性牧草を利用した給与体系の検討	[高橋 強] ..... 21
□ゴルフ場のコースメンテナンスとペントグラスCY-2のご紹介	[森永 聡史] ..... 24
□訂正のお知らせ	..... 27
□府県向け・二期作用トウモロコシの紹介	..... 28
□植物活力資材のご紹介	..... 29
□緑肥作物品種のご紹介	..... 30
□緑肥作物特性表	..... 32
□エダマメ 豊熟の味わいシリーズ	表 4



緑肥作物「辛神」と雪印  
種苗株式会社 北海研究農場



存できていると言われています。ところが、化石エネルギー枯渇の前に忍び寄る、CO<sub>2</sub>をはじめとする温室効果ガスの増加は、観測史上最高を更新、日本を含め世界各地で干ばつや豪雨、超大型台風の発生など、これまでに見られなかった極端な気象現象が頻発するようになりました。

化学肥料の代替として、有機肥料や堆肥の利用も考えましたが、価格が高くこれらの製造と重量物の輸送にも化石エネルギーを消費します。また、完熟した良質堆肥の入手が困難で、その散布には機械を調達しなければなりません。

緑肥作物による窒素固定や有機物生産などの多様な機能を活用すれば、外部からの投入資材に依存しなくても農業生産ができ、温暖化の防止に繋がるのではないかとの思いから、緑肥作物を導入しました。

## 2) 緑肥作物の多様な効果を狙った作付体系

当ファームは、静岡県田方(たがた)郡函南町(かんなみちょう)、伊豆半島の付け根に広がる田方平野の一角にあります。伊豆の中でも平坦地で陽当たりがよく、太陽エネルギーを最大限に利用できます。耕地面積は51.3aで、1枚の圃場サイズは概ね10a、全圃場で有機JAS認証を取得しています。

緑肥作物を組み入れた作付体系を図1に示しました。圃場A～Dは輪作体系で、作物は1年ずつ隣の畑に移動しながら4年で1周します。半Xの仕事で繁忙期を迎える春の3月から5月は、野菜の収穫・出荷作業をまったく行わない作型にしています。

この4年輪作で回る圃場とは別に、早咲きのサクラ並木につながる道路沿いの圃場Eは、観光客のニーズに応じて直売するナバナの専用畑にしています。また、低いところにある圃場Fでは、湿害に強いサトイモと台風前に収穫できるカボチャを交互に栽培しています。

いずれも一部の例外を除いて、野菜の前には緑肥作物を組み入れています。

### ① 緑肥作物の栽培時期

季節ごとの緑肥作物を見ると規則性があります。春に栽培しているのは、イネ科のエンバク「緑肥ヘイオーツ」(以下、「」内は品種)、夏にはマメ科のクロタラリアとイネ科のソルガム、秋にはイネ科のエンバク「スナイパー」、冬にはマメ科のヘアリーベッチです。緑肥作物のタイプを大別すると、春・秋作、夏作、冬作に分かれ、それぞれの季節に適した緑肥作物を選んでいきます。

### ② 窒素固定と有機物生産、養分の回収と再利用

次に緑肥作物の利用目的です。緑肥作物には主にマメ科とイネ科があり、マメ科の緑肥作物は、根に根粒菌が着生して根粒を形成し、空中の窒素を固定します。

秋から始める秋ジャガイモ、タマネギ、ナバナ作付前の夏には、マメ科のクロタラリアを栽培、また春から始まる春ジャガイモ、サトイモ、カボチャ作付前の冬には、マメ科のヘアリーベッチを栽培して窒素を固定、これをすき込むことによって畑に窒素を供給しています。有機肥料を施用しないのは、この窒素固定能力を活用しているからです。

マメ科に対してイネ科の緑肥作物は、大量の有機物を生産します。春播きエンジンの収穫が終わると夏になり、ソルガム「つちたろう」またはスーダングラス「ねまへらそう」を栽培します。初期生育が旺盛で約2ヶ月間の栽培で草丈は2.5m以上、有機物生産量は6t/10aにもなります。夏雑草が繁茂する余地はまったくなく、これだけ大量の有機物を生産できるので、堆肥を散布する必要はありません。

地中深く根を伸ばして、窒素、リン酸、カリ、カルシウム、微量元素などの成分を作物体内に吸収するので、すき込みによってこれらの養分を作土に供給することができます。

3年間緑肥作物を組み入れて輪作した4年目の春ジャガイモの後には、連続して夏播きエンジンを栽培しますが、地力が高くなっているので、無施肥でも6t/10aの収量が得られます(写真1)。

③ リン酸の可溶性  
緑肥作物の根には、土着の菌根菌(AM菌)が共生でき、菌根菌は根の



写真1 ジャガイモ後のエンジンの生育

届かない外側にも菌糸を伸ばしてリン酸などの養分や水を吸収し、緑肥作物に供給します。

緑肥作物の栽培によって、菌根菌の密度が増加し、後作の野菜でもリン酸や水の吸収が促進されます。当ファームでは10年間無施肥ですが、リン酸の欠乏症状は見られません。

#### ④ 有害土壌センチュウと土壌病害の抑制

緑肥作物には、有害土壌センチュウや土壌病害を抑制する効果もあります。夏に栽培するマメ科のクロタリア「ネマックス」は、窒素固定に加えてネコブセンチュウ、ミナミネグサレセンチュウなど各種の有害センチュウを抑制します<sup>5)</sup>。また、イネ科のソルガム「つちたろう」はサツマイモネコブセンチュウ、スーダングラス「ねまへらそう」はさらにキタネグサレセンチュウも同時に抑制します。

春に栽培するエンバク「緑肥ハイオーツ」は、キタネグサレセンチュウ、ジャガイモそうか病、アブラナ科野菜の根こぶ病の発生を軽減できる効果があります。カボチャの後作で秋に栽培するエンバク「スナイパー」は、サツマイモネコブセンチュウに高い抑制効果があります。

営農2年目に借りた圃場Bでは、ジャガイモそうか病に悩まされ、収穫しては破棄した苦い経験がありました。その後、エンバク「緑肥ハイオーツ」を組み入れたことによって、発病程度は年々下がり、今では全量出荷できるようになっています。

### 3 緑肥作物を活用した有機野菜栽培

生産した有機野菜は、地元JA直売所3店舗と町内のスーパー3店舗の地場ものコーナー、道の駅に出荷しています。いずれも消化仕入による委託販売方式なので、販売価格は自分で決定でき、メール配信される販売数量を見ながら、自分のペースで出荷できます。以前は東京の有機農産物専門店などに契約出荷していて、数量や納品日の制約で悩まされましたが、地元での販売先が増えたことで、地産地消となりフードマイレージも削減できるようになりました。

主力の緑肥作物と野菜のコラボ栽培について紹介します。

#### 1) ヘアリーベッチと春の作付野菜のコラボ

春の作付野菜は、ジャガイモ、サトイモ、カボチャ、キュウリなどです。

これらの作付圃場では圃場の空く、前年の10月末から11月初旬にヘアリーベッチを播種（4 kg / 10 a）して冬を越します。



写真2 フレールモーターによるヘアリーベッチの細断



写真3 ヘアリーベッチすき込み後のジャガイモの生育

ジャガイモの植付けが3月中旬のため、ヘアリーベッチは早生種の「藤えもん、まめ助」を使用します。すき込み量は生草重で約4 t / 10 a（窒素固定量約15kg / 10 a）に到達する3月上旬にフレールモーターで細断して（写真2）、ロータリーですき込みます。

ヘアリーベッチの地上部に含まれるカリの成分量は窒素とほぼ同じ15kg、リン酸は2～3 kgと少ない吸収量ですが、土壌分析の結果、有効態リン酸は不足していないので、無施肥で栽培が可能です（写真3）。菌根菌の働きもあると思われます。収量は毎年2.5～3 t / 10 aと安定しています。

サトイモの植え付けは5月初旬、カボチャの定植は6月初旬と遅いので、両圃場では晩生種の「寒太郎」を10月末に播種し、サトイモ圃場では生草重で約5 t / 10 a（窒素固定量約20kg / 10 a）に到達する4月下旬にフレールモーターで細断してロータリーですき込みます。これも無施肥で十分に栽培が可能です。

カボチャ圃場では、ヘアリーベッチはすき込まないで、定植うねの部分だけを帯状にフレールモーターで細断して厚さ3 cmのマルチ層をつくり、マルチ層を少し剥して植穴を掘り、摘芯苗を定植します（写真4）。うね間のヘアリーベッチはそのまま放置しておきます。

暑い時期の定植なので、ビニールマルチで地温を上げる必要がなく、この細断マルチ層が土壌水分を確保し雑草を抑制します。ヘアリーベッチの地上部が細断されると、根に着生していた根粒が脱落、分解して窒素肥料となります。地上部の推定窒素量は

25 kg / 10 a もありますが、すき込まないので窒素過多による蔓ボケは発生しません。すき込みによる分解期間を設ける必要がなく、細断当日に定植できます。



写真4 ヘアリーベッチ細断マルチ層に定植したカボチャ

うね間のヘアリー



ベッチは、しばらくリビングマルチとして生育します。しかし1ヶ月後には自然枯死して敷き藁状のデッドマルチに変化し、引き続き雑草を抑制、そこにカボチャの蔓が伸びて着果します。

昨年栽培したカボチャ「栗天下（くりてんか）」の特性は、草勢はやや強く雌花の着生は良好、開花期以降の肥料効きが特に重要で、追肥を重視した肥培管理が望ましいとされています。カボチャの開花期以降は、ヘアリーベッチの細断マルチ層やデッドマルチ層の分解によって、多量の窒素が表層土に供給され、「栗天下」は肥料を最も必要とする時期に、タイミングよく吸収利用したものと思われる。

1株当たり平均2果の着果となり、玉揃いが良く、グランドマークも付きにくく、最高の秀品率でした（写真5）。施肥もビニールマルチも除草もしない、ヘアリーベッチとカボチャのコラボによる放任栽培となりました。

キュウリの作付はわずかで、3月初旬にヘアリーベッチ早生種の「藤えもん、まめ助」を播種して2ヶ月後の定植前にすき込み、雑草抑制のために黒マルチを張ります。窒素量で20kg/10a程度となり、無施肥で栽培が可能です。

ヘアリーベッチの炭素率（C/N比）は11程度で、土壌のC/N比とほぼ同じです。易分解性で腐熟期間は1週間程度と短いのが特徴です。アレロパシー（他感）物質による種子の発芽阻害作用がありますが、ジャガイモやサトイモは、栄養繁殖の種イモで植え付けるので、その影響を受けません。すき込み後すぐに植付けても障害はありません。

春播きニンジンも栽培しますが、前作がナバナなので収穫が終わり、菜の花畑になりかけた地上部をフレールモアーで細断してロータリーですき込み、無施肥で栽培します。ニンジンなどの窒素要求度の



写真5 カボチャ「栗天下」の玉揃い

低い野菜はこれで十分に生育します。

## 2) クロタラリアと秋の作付野菜のコラボ

秋の作付野菜は、タマネギ（写真6）、ナバナ、秋ジャガイモなどです。

春ジャガイモ、春播きニンジン、タマネギの収穫が終わると夏を迎えます。ジャガイモの後は連続して夏播きニンジンを栽培しますが、その他は真夏から栽培できる野菜がなく畑が空くので、マメ科のクロタラリア「ネマックス」を播種（7kg/10a）します。

この品種は丸葉タイプで、細葉タイプの「ネマコロリ」に比べて茎が空洞で、すき込み易さが特徴です。また、センチウ抑制効果の幅が広く、15kg/10aの窒素固定が可能です。60日程度の栽培期間とし、フレールモアーで細断して（写真7）ロータリーですき込み、2週間程度の腐熟期間を設けた後、秋の野菜を作付けます。

ただし、「ネマックス」は「ネマコロリ」に比べて初期生育が遅いので、降雨前に播種し発芽を揃えるようにしています。播種後に乾燥が続くと広葉雑草が先に発芽し、生育が競合するので注意が必要です。有機JAS栽培のため、タマネギ苗も有機育苗しなければならず、クロタラリアをすき込んだ圃場の一角で地床育苗をしています。

## 4 今後の課題

有機肥料も堆肥も使用しないで、緑肥作物だけを活用した有機野菜の栽培に取り組んできて、地力が向上したことは、土壌が膨軟になったことや野菜の品質・収量が向上したことで実感できます。窒素固定ができないイネ科の緑肥作物を栽培すると、土壌肥沃度の違いが葉色に鮮明に表れるので、地力の高低を知ることができます。マメ科の緑肥作物をすき込んだ後の野菜の生育や葉色を観察していると、窒素の肥効を実感することもできます。

しかし、季節ごとにすき込まれた緑肥由来の有機態窒素の分解特性は、明らかになっていません。野菜への窒素利用率や地力に富化される窒素量も不明



写真6 クロタラリアすき込み圃場のタマネギ



写真7 フレールモアーによるクロタラリアの細断

です。具体的なデータはありません。

厄介なのは、窒素施肥や緑肥作物、作物残渣利用で発生するCO<sub>2</sub>の298倍の温暖化係数を持つ亜酸化窒素(N<sub>2</sub>O)をどうすれば低減できるのか、すき込まれる易分解性の緑肥作物のC/N比をイネ科の緑肥作物と混播して20以上に調整する混播割合を検討するための栽培試験が必要です。また、そうした場合にこれまでのマメ科単播と比較して、窒素無機化特性の変化に連動した野菜の生育確認試験も行わなければなりません。

龍谷大学農学部の大門弘幸教授は、「緑肥の利用によって1) 残留養分の回収と再利用、2) 窒素供給やリンの可溶化、3) 土壤侵食の防止、4) 土壤団粒化の促進、5) 有害土壤線虫の密度低減、6) 雑草抑制、7) 土壤微生物の活性化、8) 炭素貯留量の増大など、多様な効果が期待されるとまとめられ、緑肥農業からこそ、有機物の分解、利用といった物質循環とそれに関わる土壤微生物群との関係について科学的な情報を発信していく必要がある。」と述べられています<sup>6)</sup>。

一農業者、一コンサルタントとしては能力と時間、研究機材に限界があり、科学的な情報を発信するには、専門の研究者や研究農場との連携が不可欠です。当ファームを研究フィールドとして提供し、試験区の設置などに協力することはできます。自らも今後は、実際の圃場での有機物分解特性、地力窒素と炭素貯留量の評価など、緑肥普及に必要なデータを集積していきたいと考えています。

## 5 おわりに

地球温暖化の深刻な被害を避けるため、2015年に採択されたパリ協定は、産業革命前からの気温上昇を2℃未満、できれば1.5℃に抑えるために、今世紀後半には温室効果ガスの排出を実質ゼロにすることを目指しています。

環境意識の高いヨーロッパ各国は、2025年から順次、ガソリン車とディーゼル車の販売禁止を表明、中国もこれに続く方針を示し、自動車メーカー各社は、CO<sub>2</sub>を排出しない電気自動車(EV)の普及に大きくかじを切りました。

温室効果ガスの排出をゼロにする取り組みが加速する中、緑肥作物を活用すると、外部から投入する肥料が要らなくなり、肥料の製造やその運搬で発生するCO<sub>2</sub>の排出をゼロにすることができます。

また、緑肥作物は光合成のために、大気中からCO<sub>2</sub>を吸収して作物体に炭素(C)を蓄え、それを

すき込むと土壤中の炭素が増えます。その炭素貯留量が増加した分、大気中のCO<sub>2</sub>濃度が低下するので、温暖化を抑制できます。土壤中の炭素は、農業生産に最も大切な腐植の根源となるもので、緑肥作物の利用は大気中のCO<sub>2</sub>削減と同時に土壤肥沃度を向上させます。化学肥料の利用効率を高めるなどの省エネ対策に対して、緑肥作物の利用は、省エネの次元を超えた積極的な温暖化防止対策であるといえます。

土壤のCO<sub>2</sub>吸収量(炭素貯留量)は、1兆5000億トンと推定され、大気の7500億トンの2倍、森林を含めた陸上植生の5000億トンの3倍に相当します。土壤のCO<sub>2</sub>吸収量のポテンシャルは極めて高く、これまでの土地利用変化によって失われた土壤炭素の0.5兆トンは、過去の化石燃料の燃焼総量の0.3兆トンよりも大きいことから、世界中の農地で緑肥作物を利用すると、温暖化は防止できると考えられています。

今世紀後半に温室効果ガスの排出を実質ゼロにする取り組みが、農業を含むすべての産業で加速し、地球上で生活する人々が人類の生存を存続させるために、近い将来、農産物を含むすべての商品の購入において、温室効果ガスをゼロにできるクールチョイス(賢い選択)が始まるものと思われます。

手遅れとならないうちに、温暖化防止を目指した新しい緑肥農業生産システムを早期に構築し、普及拡大していく必要があります。

## 資料

- 1) 米倉賢一(2016) 緑肥作物を活用した野菜栽培 “生産性の向上と環境保全の両立を目指して”. 牧草と園芸. 64(4). 10-14
- 2) 米倉賢一(2001) 水稲作におけるヘアリーベッチ「まめ助」の雑草抑制と緑肥効果. 牧草と園芸. 49(12). 6-8
- 3) 米倉賢一(2012) ヘアリーベッチ「寒太郎」・「藤えもん」を活用した環境に配慮した水稲栽培. 牧草と園芸. 60(4). 19-24
- 4) 米倉賢一(2008) ヘアリーベッチの利用で大豆の収量と品質を上げる!! 牧草と園芸. 56(6). 15-18
- 5) 和田美由紀(2017) 夏期休閑地にクロタラリア “ネマックス”を播いて線虫害を防ごう!. 牧草と園芸. 65(3). 14-17
- 6) 大門弘幸(2017) 緑肥作物の栽培と利用. 牧草と園芸. 65(3). 1-6