

有機農業研究者会議 2012 資料集

日 時： 2012年10月24日(水) 13:00～17:00

25日(木) 9:00～12:00

場 所： 文部科学省研究交流センター 国際会議場

主 催： 「有機農業研究者会議 2012」実行委員会

共 催： (独)農研機構・中央農業総合研究センター
有機農業参入促進協議会

後 援： 農林水産省

巻 頭 言

技術情報の共有化

有機農業は、全国各地に様々な優良事例があり、その地域の気候や風土、土質、土性の違いや、農家の個性、使用する資材などによって、その栽培技術も様々である。しかし、自然生態系のメカニズムをよく理解し、栽培に活用していくことが技術の基盤であるという考え方は、どのような有機農業であっても、基本的理念としての変りはない。それを基にした各地の高度な技術が、経済的な可能性と、生産の持続性を高めるとすれば、これはすべての農業にとっても有用な情報であり、それが広まることがあらゆる農業の技術の向上、経済的な再生と発展につながるのではないのか。とすれば、その有機農業の果たすべき役割は非常に大きなものがある。

しかしながら現状では「有機栽培は無理、難しい」という常識が固定されていて、日本における有機農業の全農地に対する面積比は 0.4%と、極めて小さいのが現状である。なぜ広がってないのか。その理由は様々あるが、基本的な問題として「技術情報の共有化の遅れ」がある。

この研究者会議では、篤農家と研究者、流通関係者の事例発表という特徴から、その先にある「技術情報の共有化をどう進めるか」と、その「仕組みづくり」をどうするかを課題としたい。

客観的に整理された技術情報を農家や各都道府県の担当部署が共有し、さらに現場の実践を基にした新しい技術情報を農業改良普及員が農家に伝え、またその逆の流れも作り、技術情報が循環しながらさらに向上していく仕組みを整えていく。

本会議の取り組みをもう一步先へ進め、事例発表、研究発表を、篤農家と研究者、流通関係者のマッチングという形で進め、この仕組みづくりに貢献できるような研究者会議にしていくことを提案したい。意見交換会においても、それについての前向きな議論ができれば幸いである。

2012年10月24日

「有機農業研究者会議 2012」実行委員会

委員長 山下 一穂

目次

■土づくりと有機農業

土と健康 ―環境を基とした農医連携の必要性― (陽 捷行)	9
緑肥を活用した土づくりの現状と展望 (秋山 貴紀)	19
堆肥のつくり方・つかい方 (橋本 力男)	23

■生産・流通・販売事例

食育主婦による有機野菜販売のネットワークづくり (八尋 健次)	41
都市近郊における大規模有機栽培 (高根沢 啓市)	45

■有機農業研究の最前線

有機栽培イネ細胞間隙に由来する微生物の解析と病害防除 (高橋 英樹・安藤 杉尋)	51
木村秋則氏が実践するリンゴの自然栽培の可能性 (柳沼 勝彦)	56
ジャガイモ有機栽培技術の開発 (仲川 晃生)	62
九州における二毛作体系 (水稻 - 麦) の有機栽培技術について (森 則子)	66

日 程

■第1日目 10月24日(水)

開会あいさつ (13:00~13:15)

寺島 一男 ((独)農研機構・中央農業総合研究センター)
山下一穂 (有機農業参入促進協議会)
小林 良次 (農林水産省農林水産技術会議事務局)

第1部 土づくりと有機農業 (13:15~15:15)

座長 加藤 直人 ((独)農研機構・中央農業総合研究センター)
話題提供者 陽 捷行 (微生物応用技術研究所)
「土と健康ー環境を基とした農医連携の必要性ー」
秋山 貴紀 (タキイ種苗(株))
「緑肥を活用した土づくりの現状と展望」
橋本 力男 (堆肥・育土研究所)
「堆肥のつくり方・つかい方」

休憩 (15:15~15:30)

第2部 生産・流通・販売事例 (15:30~17:00)

座長 木嶋 利男 (有機農業参入促進協議会)
話題提供者 八尋 健次 (伊都安蔵里:福岡県)
「食育主婦による有機野菜販売のネットワークづくり」
高根沢 啓市 (栃木県 MOA 自然農法那須黒羽宮農研究会)
「都市近郊における大規模有機栽培」
パネルディスカッション

意見交換会 (17:30~19:30)

■第2日目 10月25日(木)

第3部 有機農業研究の最前線 (9:00~12:00)

座長 本多 健一郎 ((独)農研機構・中央農業総合研究センター)
高橋 英樹 (東北大学)
「有機栽培イネ細胞間隙に由来する微生物の解析と病害防除」
柳沼 勝彦 ((独)農研機構・果樹研究所)
「木村秋則氏が実践するリンゴの自然栽培の可能性」
仲川 晃生 ((独)農研機構・中央農業総合研究センター)
「ジャガイモ有機栽培技術の開発」
森 則子 (佐賀県農業試験研究センター)
「九州における二毛作体系(水稻-麦)の有機栽培技術について」

第 1 部

土づくりと有機農業

土壌と健康

～環境を基とした農医連携～

陽 捷行

微生物応用技術研究所

土壌が人間生活全般の基礎なのであるから、私たちが近代的農業経済学のやり方によって崩壊させてきた土壌に再び調和をもたらす以外に、健康な世界がやってくる見込みはない。生き物はすべて土壌の肥沃度＝地力に応じて健康か不健康になる。

—アレキシス・カレル：ノーベル生理学・医学賞受賞（1912）—

心豊かな健康

私たち人類は、誰もがいつまでも「こころ豊かな健康」を維持し続けることを願っている。このことに異論を唱える人はいないだろう。この世界に存在する科学や哲学や宗教は、なべて「こころ豊かな健康」であるための真理を探求し続けている。

では、現実の日々の生活のなかでの健康とは何であろうか。世界保健機関（WHO）は「健康とは、完全に、身体、精神、および社会的によい（安寧な）状態であることを意味し、単に病気でないとか、虚弱でないということではない」と定義している。ここでの精神は、英語のメンタル（mental：精神の、心的な、知的な）に相当する。

しかし、WHOは1999年の総会で新たに「健康」の定義を以下のように提案し、その内容を論議した。新たに、スピリチュアル（spiritual：精神的な、霊的な、知的な）と動的な（dynamic）が加わった。すなわち、「健康とは、完全に、身体、精神、スピリチュアルおよび社会的によい（安寧な）動的な状態であることを意味し、単に病気でないとか、虚弱でないということではない」。この定義は決着していない。決着するには、あらゆる分野での深い論議と、それにともなう長い年月が必要とされるだろう。早い決着を見て、「こころ豊かな健康」が定義されることを期待する。

土壌と健康との重要性を指摘した先達

農学と医学を連携させることは、健全な食品を食べ健康を維持するという人間の営みの基本に属する事項である。農と医はいずれも生命に関わることであるから、かつて同根であって、類似した歴史を辿ってきた。さらに現在でも、生命科学という類似した道を歩いている。そこで、人の健康が基本的に土壌に由来していることを語ってきた何人かの先達を紹介する。

ヒポクラテス（BC460頃～BC370頃）の言葉は、人と健康を考えるうえできわめて興味深い。すなわち、「食べ物について知らない人が、どうして人の病気について理解できようか」。この聖賢の言葉は、次のような言い回しに変えることができる。食べ物は土壌から生産されるので、「土壌を知らない人が、どうして人の健康について理解できようか」、食べ物は水と土壌と大気と生物から生産されるので、「水と土壌と大気と生物を知らない人が、どうして病気について理解できようか」。

ルドルフ・シュタイナー（1861-1925）は、バイオダイナミック農法を提案した。これは、天体

から地球上の生命に影響を及ぼしている宇宙的な生態系の原理に従い、土壌、鉱物、植物、動物などの全体的関連を考慮する農法である。人間の健康は、この農法による農業生産物に影響されるという。

アレキシス・カレル (1873-1944) は、今から丁度 100 年前の 1912 年に、地球がほとんど回復できないほど病んでいることを認識していた。彼は、概ね次のように警告している。土壌は人間生活全般の基礎だから、近代的な農業経済学のやり方によってわれわれが崩壊させてきた土壌に再び調和をもたらす以外に、健康な世界がやってくる見込みはない。土壌の肥沃度（地力）に応じて生き物はすべて健康か不健康になる。すべての食物は直接的であれ間接的であれ、土壌から生産されるからである。彼は食べ物と健康が、すなわち農と医が環境を通して深く結びついていることの原点を強調している。他にも、次のことを語っている。「化学肥料では土壌肥沃度を回復させることはできない」「文明が進歩すればするほど、文明は自然食から遠ざかる」。農と環境と健康が連携していることを早くから指摘していた。

アルバート・ハワード (1873-1947) は、世界における有機農業運動の創始者である。彼はインドにおいて、25 年間もの長い間にわたって農業研究に従事した。東洋の伝統的な堆肥作りを近代科学の基盤で再構築した新たな堆肥づくりの手法、インドール方式を築き上げた。著書「ハワードの有機農業」の原題は、“The Soil and Health” すなわち「土壌と健康」である。また「農業聖典：An Agricultural Testament」には、土壌と健康に関する以下の要約がある。

すべての生物は生まれながらにして健康で、この法則は土壌、植物、動物、人間に当てはまる。これら四つの健康は、一つの鎖の環で結ばれている。この鎖の最初の部分の環（土壌）の弱点または欠陥は、環をつぎつぎとつたわって最後の環、すなわち人間にまで到達する。近代農業の破滅の原因である広範に広がる植物や動物の害虫や病気は、この鎖の第二環（植物）および第三環（動物）の健康の大きな欠陥を示す証拠である。

近代文明国の人間（第四環）の健康の低下は、第二、第三の環におけるこの欠陥の結果である。あと三つの環の一般的な欠陥は、第一の環である土壌の欠陥に原因があり、土壌の栄養不足な状態がすべての根源である。

健康な農業を維持できないことは、われわれが、衛生や 住居の改善、医学上の発見でえた利益のすべてをだいなしにしてしまうものである。ひとたびこの問題に関心を向けるならば、われわれが歩んできた道を引き返すことはそれ程困難なことではない。われわれは自然の指示を心にとどめ、自然の厳然たる要求に従わなければならない。

岡田茂吉 (1882-1955) は、土壌が本来もつ生育力を高めるために、化学肥料や農薬という自然に反する化学物質を用いず、土壌を清浄化させ、自然力を高めることによって、大自然の摂理に適った生産方法、すなわち自然農法を確立した。これは、農業生産の分野に止まらず、土壌・大気・水質の汚染防止や地球環境の保全、さらには人間の健康の維持の視点からも有効な手段となった。こうして生産された農産物は、あるいはこれを原料に化学物質を用いないで生産された食品を摂取することで、人間は健康へと導かれ、生命は健全に維持されることになる。

アンドルー・ワイル (1942- 現在) は、実践的研究から代替医療・薬用植物・変性意識・治癒論の第一人者である。アリゾナ大学統合医学プログラム理事。アリゾナ大学教授。世界各地の伝統医療と西洋近代医学を統合する「統合医療」の世界的権威である。統合医療医学博士の称号を持つ。『医食同源』『人はなぜ治るのか』『癒す心、治る力』『心身自在』など世界的ベストセラーの著者でもある。彼の著書『医食同源：Eating Well for Optimum Health』は、健康と食生活に関する情報の混乱を整理し、食生活に明解な指針を提供するために書かれたものである。「医食同源」は「健康な食生活は健康なライフスタイルの礎石である」という信念と結びついている。

われわれの今

多くの土壌が、これまで酷使・消耗されつづけてきた。そのうえ多くの土壌には、さまざまな化学合成物質が添加されてきた。そのため、土壌全般が必ずしも健全な状態にあるとは言い難い。したがって、それらの土壌で生産される食物の質は損なわれ、それが原因となって、われわれの健康にも影響が及ぶ。カレルの言うように、栄養失調も栄養のアンバランスも土壌から始まっている。医食同源、身土不二、地産地消などといった言葉は、この事象の左証となる。

土壌中の成分が、植物・動物・人間の細胞の代謝をコントロールしているとも、カレルは言う。病気のほとんどは、土壌や空気や水や食物のなかに存在するウイルスや微生物、さらには化学物質間の調和の破壊によって生じる。

カレルは、文明が進歩すればするほど文明は自然食から遠ざかると言ったが、いまでは、われわれが飲む毎日の水、絶えず呼吸する大気、種子や苗を育む土壌、日夜欠かすことのできない食品のいずれにも、何らかの化学合成物質が共存している。そのうえ食品には、加工・着色・漂白・加熱・防腐・保存のために化学合成物質が添加されている。もちろん、これらの化学合成物質の多くが人間の健康に影響を及ぼさないという証拠はある。しかし、さまざまな環境からさまざまな農林水産物を経て、食品に入り込むいくつもの化学合成物質による複合影響についての証左は、いまだ示されていない。

さらに、われわれが健康を獲得するためには、生きている豊かな生活の場、すなわち豊かな時間と空間が必要である。それが WHO の健康の定義にある「社会的：social」という言葉に表れている。しかし、自然科学でいわれる「環境」を「社会的」に含めて考える人は寡聞にして少ない。生活の場である環境が健全でないかぎり、われわれは健康を獲得できない。不健全な環境のなかで、健康であり続けることはできない。この環境という言葉は、土壌に置き換えることができる。

環境（土壌）と健康

それでは、現実の日々の生活の中で環境（土壌）とは何であろうか。それは自然と人との関係にかかわるもので、環境（土壌）が人を離れてそれ自体で善し悪しが問われているわけではない。両者の関係は人が環境（土壌）をどのように見るのか、環境（土壌）に対しどのような態度をとるのか、そして環境（土壌）を総体としてどのように価値づけるのかによって決まる。

すなわち、環境（土壌）は人と自然の間に成立するもので、人の見方や価値観が色濃く刻み込まれている。だから、人の文化を離れた環境（土壌）というものは存在しない。となると、環境（土壌）とは自然であると同時に文化であり、健康の基であり、環境（土壌）を改善するとは、とりもなおさずわれわれ自身を変えることにつながる。ここで、新たに追加されたスピリチュアルという健康にかかわる定義の概念が頭をもたげる。

それでは、健康についてわれわれ自身を変えるとは何であろうか。環境（土壌）が悪化している現象のなかで健康はどうあるべきかを考え、健康のためにその環境（土壌）を変えていくのが、健康と環境（土壌）の係わり方であろう。

健康の基本は、病気を未然に防ぐことでもある。そのためには、健全な環境（土壌）のもとに精神的にも安定した生活をし、健全に生産された食物や安全な製造過程を経た食品を食し、健康を保ち病に陥らないことが必要である。健全な食物はどこから生まれるのであろうか。それは健全な土壌以外にはない。今までも、今も、そしてこれからも。

21 世紀に求められる統合知

われわれ人類は、科学技術の大発展とそれに付随した成長の魔力に取り憑かれた 20 世紀後半を全力で駆け抜けてきた。この間、われわれは微生物・水・土壌・大気・植生・動物などといった人類が生かされている環境形成資源や、人間そのものの健康をも顧みず、科学技術や情報を活用して豊かな物を作り続け、その便利さを余すところなく享受してきた。

その結果派生したのは、さまざまな環境悪化の問題である。仏教用語で言えば、「行為が来世を引き寄せる」すなわち身口意（しんくい）といわれる、人は身体と言語と意志の三つの行為によって集団・家族・社会・世界を作っていくという教えに、われわれは気付かされた。身口意による行為が繰り返され、これが習慣化した結果、環境が悪化した。

環境問題の様態は、カドミウムや有機水銀に代表される重金属などによる点源汚染、窒素やリンによる河川や湖沼の富栄養化などの面源汚染、二酸化炭素やメタンなどによる温暖化など地球規模の空間の環境問題にまで至った。いまや環境問題は、点から面を経て空間にまで拡大した。一方、生活の豊かさを象徴する化学物質は、次世代までに影響を及ぼすことも知った。環境問題は時間も空間も超えたのである。これらのことは、土壌と健康においても例外ではなかった。

環境を通した土壌と健康、すなわち環境を通した農学と医学の連携の科学は、21 世紀が必要とするまさに新たな統合知に他ならない。農学、環境科学および医学という分離された科学を克服して、統合知を獲得するための研究・教育・普及が今ほど必要とされている時代はないであろう。不易流行という言葉があるように、すでにわれわれは「身土不二」「医食同源」「地産地消」「四里四方に病なし」という言葉を歴史のなかに残しているのではないか。ここに、心豊かな健康を求めた「農医連携ノススメ」を提案する。

補遺：農医連携の一例

～施肥窒素が土壌と健康と地球環境に及ぼす影響～

「大気を変える錬金術－ハーバー、ボッシュと化学の世紀－」と題する本がある。トーマス・ヘイガー著、渡会圭子訳、白川英樹解説。出版は、みすず書房（2010）。この本を紹介しながら、農医連携の一例として、施肥窒素が土壌と健康と地球環境に及ぼす影響を語る。

本書を紹介する前に、表題の「大気」と「錬金術」について簡単に復習する。次に、自然界に存在する「窒素」の性質や挙動について解説する。続いて、大気にある 78%の窒素を化学的に固定してアンモニア化した窒素による農産物の増産という「光」の部分について紹介する。さらに、固定した窒素の「影」の部分について考える。最後に、大気の窒素を固定した「ハーバーとボッシュ」を紹介する。さらに補遺の補遺として、窒素について世界の科学者が思考している現状 (INI: International Nitrogen Initiative：国際窒素会議) について紹介する。これらの内容から、日夜、化学工場で行われている窒素固定が、人類と地球環境に及ぼす影響、すなわち土壌と健康に及ぼす影響をも再認識する。

解説は次の項目にしたがう。大気と錬金術／窒素の挙動／窒素と農業生産（光）／窒素と肥満・爆薬（影）／窒素と温暖化・オゾン層破壊（影）／ハーバーとボッシュ／INI

大気と錬金術

大気とは地球をとりまく気体の層で、窒素： N_2 （78%）と酸素： O_2 （21%）を主成分とし、アルゴン： Ar （0.934%）、二酸化炭素： CO_2 （380ppm）、メタン： CH_4 （1.8ppm）、亜酸化窒素： N_2O （315ppb）、オゾン： O_3 、水素： H_2 などを少量含む。大気は、太陽からの有害な紫外線を遮る層と、地球から宇宙への熱の放散を防ぎ、さまざまな気象現象をもたらす層からなる。前者を成層圏と呼ぶ。気温はほぼ一定で高さ10～50kmの領域にあり、オゾン層を含む。後者を対流圏と呼ぶ。平均して約15kmの上空にあり、気象現象をもたらす大気の層で、われわれが呼吸に必要な O_2 の95%を含む。

錬金術は、黄金を中心に金属をつくり出すことを追求した技術である。不老長寿の霊薬の調合技術と重なり、広く物質の化学変化を対象とする技術へと発展した。古代・中世における一種の自然学である。中国・インド・アラビア・西欧などで、それぞれ宗教や哲学と結びついて固有な内容を展開した。中世ヨーロッパでは、アラビアで体系化されたものが精緻化され、種々の金属の精製や蒸留、昇華法など化学的な知識を蓄積し、近代化学の前史的な役割を果たしてきた。

本書の原題「The Alchemy of Air」のAlchemyは、錬金術とも魔力とも訳すことができるだろうが、訳者は原題を「大気を変える錬金術」としている。いずれにしろ、この書はハーバーとボッシュが78%もある大気の窒素を化学的に固定した結果、何が起こったかを物語る。この発見によって、パンドラの箱は空けられてしまった。そこには、固定窒素の「光と影」が様々な形で紹介される。

窒素の挙動

徳富健次郎こと徳富蘆花は、「みみずのたはごと」で次のように述べている。「土の上に生まれ、土の生むものを食うて生き、而して死んで土になる。我等は畢竟（ひっきょう）土の化物である」。私たちは土壌で生産された作物を食したり、植物を食した動物を食す。私たちの体の元素は、基本的には土壌に由来する。筆者のように土壌学を学んだ者は、この言葉に諸手を挙げて賛同する。土壌学を学んだから賛同するのでなく、ことの本質だからである。

本書の著者は、このことを土壌でなく大気に代替する。「私たちの体をつくっているもの、皮膚、骨、血液、脳などをつくる原子は、基本的に大気に由来する。直接的、あるいは間接的に。……人の体は、空気のできた個体と言えるかもしれない」。

大気由来であろうと土壌由来であろうと、私たちは窒素なしには生きられない。なぜなら、私たちの体は炭素、酸素、水素、窒素などからできあがっている。窒素はDNAの遺伝子に閉じ込められていて、タンパク質をつくる時そこに組み込まれる。十分な窒素がなければ植物も動物も、もちろん私たち人間も死んでしまう。

ところで、地球の大気には78%の N_2 があることは既に述べた。私たちは、日夜この N_2 の海の中で呼吸をしている。しかし、この無量大数と言えるほどの N_2 では、植物も動物も育たない。この N_2 は、不活性でなんの役にも立たないのである。植物や動物が必要とする窒素は、 N_2 とは形態が異なる。固定された形態の窒素でなければならない。

その窒素はどこから来るか。自然界には、大気から N_2 を固定して植物や動物に取り入れる方法が二つある。それは嵐のときに生じる稲妻と、豆科を中心とした植物に付着するバクテリア、すなわち窒素固定細菌である。

神社の注連縄（しめなわ）には、束にして縫った藁に稲妻状に切った紙垂（しで）が下がって

いる。イネに稲妻があたっている状況を模し、豊作を祈念したものである。では、なぜ稲妻なのか？ 雷に伴う雨を表現するとともに、稲妻によって大気中の N_2 が NH_3 として土壤に固定され、植物に取り込まれる。形態を変えた窒素、固定窒素がイネの生息を助けることを人々は昔から知っていた。だから稲の妻、すなわち稲妻と書かれている。雷の多い年は、イネの収穫が良いことを昔の人は知っていた。「雷と稲妻は稲をよく育てる」「立春から 60 日後に雷鳴あれば豊作」「夏の雷は豊作のしるし」「稲光が田んぼに落ちると、稲が育つ」などの諺がある。

豆科植物と共生して、根粒をつくる細菌を根粒菌と呼ぶ。空気中の N_2 が根粒菌の生育する根粒中に固定され、植物の養分になる。豆科のほかに、ソテツ、ハンノキ、アズラなどがあり、窒素の循環に重要な役割を果たしている。自然界では、このようにしてごくゆっくりと少量の窒素が固定されている。そのため植物が利用できる窒素は、つねに不足している状態にある。

窒素と農業生産（光）

人口が増えるにしたがって、食糧が不足する。自然界での窒素固定だけでは、増加する人口を養いきれない。輪作というシステムを確立しても、堆肥を土壤に還元しても、土壤の農業生産力は徐々に失われていく。人類を飢餓から救うには、大量の肥料の生産が不可欠である。植物に必要な三元素は、窒素・リン・カリウムである。この三元素のなかで、土壤ではとくに窒素が欠乏する。

そこで肥料として、南米産の鳥糞石（グアノ）が利用された。グアノが採れなくなると、ボリビア、ペルー、チリの硝石が狙われた。そのうち、チリの硝石の時代にピリオドが打たれた。窒素の欠乏ではなく、過剰に生産され始めた窒素のためであった。

実はその頃、ドイツではひとりの科学者、フリッツ・ハーバーがある機械を完成させていた。無限にある大気中の N_2 を、アンモニアに固定する機械が発明されたのである。空気をパンに変える機械と噂されていた。後に、カール・ボッシュがこれを大型の装置に改良した。したがって、この窒素を固定する方法がハーバー・ボッシュ法と呼ばれるようになった。

この驚くべき発明によって、世界は飢餓から脱出することができた。二人はこれによってノーベル賞を獲得している。20 世紀初頭の世界人口は、約 10 億であった。現在は、自然の窒素固定とハーバー・ボッシュ法による窒素固定により約 70 億の人口が養われている。

経済学者トマス・マルサスや細菌学者パウル・エールリッヒのはるか昔の予測によれば、1800 年代の最高の農業技術を駆使し、耕作可能地すべてに作物を育てれば、40 億人を養うことができるという。しかし、今なお 70 億人にちかい人間に食料を提供できているのは、ハーバー・ボッシュ法による窒素固定の発見のためであることに間違いはない。

窒素と肥満・爆薬（影）

ハーバー・ボッシュ法が発明されて、ほぼ百年が経過した。人間の食生活はバラエティーに富み、カロリーは十分満たされるようになった。ハーバー・ボッシュ法による窒素固定のため、食料は豊富で十分にあり、比較的安価に入手できる。これは固定窒素の光の部分である。

ハーバー・ボッシュ法により固定された窒素肥料は、植物を育て動物を育む。これらからつくられる油脂、糖、肉、穀物が私たちに太らせる。私たちは肥満の蔓延という問題に直面している。一方、肥料と爆薬の化学構造は類似している。固定窒素は火薬や TNT（トリニトロトルエン：爆弾）に変わる。つまり世界の人びとを養うことができる発見が、世界の破壊にも通じるということである。固定窒素がなければ、ヒットラーの脅威はさほどでなかつただろう。ヒットラーは固

定窒素を戦争に活用したのである。

窒素と温暖化・オゾン層破壊（影）

窒素、「ものみなめぐる」ということの大切さと、「万物流転」の法則をこれほどよく教えてくれる元素は、他にないであろう。人間はプラスチック、クロロフルオロカーボンおよびダイオキシンなど、短期間では「めぐる」ことのできないものをたくさん作りだした。それらは、「めぐる」ことのできないままに、使い捨てられ、たまりつづけ、われわれの住む地球生命圏を窮地に追い込む。「めぐらない」から抜け出して、窒素のもつ「めぐる」に帰依しないと、地上はいずれ取り返しのつかない世界となる。

しかし、それも過去のことである。すでにわれわれはこの窒素のもつ「めぐる」にも重大な変調をもたらした。その中でも環境にとって最も重要なことは、固定窒素が主として農業生産のための化学肥料として使われ、大気圏における N_2O 濃度の上昇と、河川、湖沼および地下水の硝酸 (NO_3^-) 濃度の増大を促したのである。

前者の N_2O 濃度の上昇は成層圏のオゾン層を破壊し、対流圏の温暖化に大きな影響を及ぼすため、地球規模の問題として取り扱われている。後者の NO_3^- 濃度の上昇は、飲料水の水質悪化および地下水・湖沼・河川・海洋の富栄養化に代表される生態系への変調に大きく関わっている。窒素循環の変調によって、地下水から成層圏に至る生命圏すべての領域が脅威にさらされているのである。

温室効果気体であると同時にオゾン層破壊の原因物質である N_2O は、現在最も注目されている気体の一つであることはすでに触れた。 N_2O は大気圏での滞留時間が約 150 年もあるきわめて安定した気体であるため、対流圏から成層圏に流れ込む。成層圏に移動した N_2O は、一部は原子酸素 (O) との反応により NO に変わる。NO はまずオゾンから酸素原子を一個奪って、みずからは NO_2 になる。ついで、周囲にある酸素原子がこの NO_2 と反応して、NO と酸素分子を形成する。つまり、NO が NO_2 を経てリサイクルする間にオゾンが失われることになる。

N_2O の発生量については、約半分が海洋、森林、サバンナといった自然発生源から、残りの約半分が農耕地、畜産廃棄物、バイオマス燃焼、その他の産業活動といった人為発生源である。これら人為発生源のそれぞれが、大気 N_2O の濃度増加に関わっていると考えられるが、最も重要な発生源は農業セクターである。特に、第二次大戦後以降における世界的な水田耕作面積の拡大、窒素肥料使用量の増加、および家畜飼養頭数の増加など、農業活動の拡大が、これらの気体の大気中濃度の増加と地球温暖化に大きく影響してきたことは明らかである。

2007 年に公表された IPCC 第 4 次評価報告書 (AR4) によれば、2004 年について計算された地球温暖化への寄与率は、 CO_2 が全体の約 77% と最大であるが、 CH_4 と N_2O もそれぞれ全体の約 14% および 8% を占めている。

全球での年間発生量は、14.7(10-17) TgN と推定されている。1959 年以降、大気の N_2O 濃度が急激に増加しているところから、人為起源に由来する発生源にはとくに注目する必要がある。オゾン層の破壊は他の環境、すなわち太陽からの紫外線日射量の増加のみならず、地球の気候変動や水循環にも影響が及ぶ恐れがある。

世界各地で観測された最近の実測値から、現在の大気の N_2O 濃度は約 315ppbv で、この 20 年間の年増加率は 0.2 から 0.3% の割合である。1950 年代の濃度が約 295ppbv であるから、急激な上昇をつづけていることになる。

世界の窒素肥料の生産量は増加し続けている。窒素肥料の使用量の増加や、耕地面積の増大な

くして、食料の世界的な需要は満たされないから、世界の窒素肥料の生産量は今後も増大しつづけるであろう。また、農地の開発にともなって起こるバイオマス燃焼も増加しているところから、農業生態系のもつ環境への潜在的な負の効果がさらに懸念されつづけるであろう。とくに、窒素肥料の施用による土壌からの発生は今後もきわめて重要な問題となるであろう。

最近の報告によると、モントリオールの議定書の採択によりクロロフルオロカーボンの使用が禁止されたため、成層圏オゾン層破壊の N_2O 寄与率が増加しているという。今後、ますます窒素肥料から発生する N_2O が温暖化やオゾン層破壊に関連するガスとして注目されることはまちがいない。

この本には、上述したような亜酸化窒素が温暖化とオゾン層破壊へ及ぼす影響についての記述がきわめて希薄である。著者がこの分野の専門家ではないから、詳述は無理としても、この視点こそが表題の「大気を変える錬金術」の本質であろう。

ハーバーとボッシュ

大気中の窒素を化学的に固定する技術を開発した二人は、偉大な科学者であった。空気をパンに変える機械を開発して、科学者としての評価はあがったが、二人はさらに異なる大きなものを目指した。世界市場を支配しようという野望である。彼らは近代化学産業の生みの親ともいえる存在になった。その近代科学が何をもたらしたかをこの本は詳しく語る。人間の幸せを目指す科学が、政治、権力、プライド、金銭を巻き込んだとき世界はどうなるのか、という話しがこの本で詳しく紹介される。

窒素を利用する画期的な方法を開発した二人のドイツ科学者の情熱と苦闘を描いた本書は、文明史に深くかかわる窒素という元素の物語である。現実的な科学の世界とは何かが分かる書でもある。本書では、空中窒素の固定法を案出し、第一次世界大戦を毒ガス戦とした張本人のハーバーよりも、その固定法を工業化するのに成功したボッシュの生涯を描くことに主眼が置かれている。本書はハーバーとボッシュが体現した近代科学の明と暗を描いた労作と言える。

本書は、この「歴史上最も重要な発見」のその後を克明に追う。科学者の栄光と悲劇、科学がもたらす光と影、その落差には慄然とさせられる。ユダヤ人であったハーバーは、毒ガスの開発を指揮し結局はナチスに追われる。化学企業のトップに上り詰めたボッシュは、その装置がドイツの戦争継続を助けたのではと苦しみ抜く。ともに失意のうちに世を去った。

補遺の補遺：INI（International Nitrogen Initiative：国際窒素会議）

対流圏に大量に存在する 78%の N_2 が、ハーバー・ボッシュ法により固定され始めて 100 年の歳月が経過した。100 年前には地球上に固定される窒素は、自然界での窒素固定や稲妻などであったため、年間約 90~140Tg ($T=10^{12}$) であった。今では年間およそ 270Tg もの窒素が、自然界の窒素固定のほかに、肥料製造、石油の燃焼などを通して地球上に固定されている。この値は年々増加の一途をたどっている。

窒素元素はプラス 5 からマイナス 3 までの荷電を有するから、自然界でさまざまな形態変化をする。その結果、窒素は土壌、大気、水、作物、食料を経由して地球上のいたる所で循環している。そのため、過剰な窒素は地下水を硝酸で汚染し、酸性雨の原因になり、湖沼などの富栄養化

現象を起こす。さらに大気中では、オゾン層破壊の一因になったり、温室効果ガスとして作用する。

この窒素循環は地球規模で変動している。そのため、過剰窒素は環境汚染や地球規模の変動のみならず人間の健康にも影響を及ぼし始めた。大気や水が運ぶ過剰な窒素は、呼吸の病気、心臓病、および各種の癌に関係している。過剰な窒素は、アレルギーを引き起こす花粉を増産させている。また、肥満の蔓延という問題にも直面している。さらに、西ナイルウイルス、マラリアおよびコレラなどの各種の病原菌媒介病の活動に影響を及ぼす可能性がある。

この地球規模および人間環境での窒素負荷に対し、窒素の適正な管理をめざし、3年に一度国際会議が開催されている。1998年の第1回(オランダ)、2001年の第2回(米国)、2004年の第3回(中国)、2007年の第4回(ブラジル)に引き続いて、2010年はインドで第5回が開催された。

第5回のテーマは「持続的発展に向けた活性窒素の管理-科学・技術・政策-」で、次の6つのセッションにわたり、オープニング講演・研究発表・討論・総合討論が12月3日から7日にかけて行われた。「食料保障」「エネルギー安全保障」「健康と環境破壊」「生態系保全と生物多様性」「気候変動」「統合知」。

なお、第3回の会議の最終日には、窒素負荷軽減と食料・エネルギー生産向上を両立させるための行動計画である「窒素管理のための南京宣言」が採択され、国連環境計画(UNEP)に手渡された。筆者は、第3回INIの副会長で「窒素管理のための南京宣言」の採択と、この宣言を国連環境計画(UNEP)に提出する行動に携わった。また、第5回の「気候変動」セッションのオープニングで次のタイトルで講演した。参考までにその内容を紹介する。

Effect of Nitrous Oxide on Atmospheric Environmental Changes and Strategies for Reducing Nitrous Oxide Emissions from Fertilized Soils

Nothing else but nitrogen would better substantiate the law "ta pantarei"
everything flows, proclaimed by the Greek philosopher HERACLITUS: B.C.540-475

Nitrogen, better than any other element, illustrates the importance of the observation that "everything flows" and the principle that "all things are in flux". Humans have created many substances such as plastics, radioactive materials, and chlorofluorocarbons that cannot "flow". Instead, they are disposed of without being allowed to enter the "flow". They continue to accumulate, and are driving the Earth, where we live, to extremity. If we do not incorporate them into a "flowing system", as expressed by the true nature of nitrogen, the damage to the Earth will be irreparable some day.

However, we humans have also seriously interrupted the flow of nitrogen. The biggest effects on the environment have come from rising atmospheric concentrations of nitrous oxide (N₂O) related to global warming and the destruction of parts of the ozone layer.

For nitrogen, such changes originated with the artificial fixation of atmospheric nitrogen (78% N₂) by Haber and Bosch, about one century ago, at a rate exceeding the rate of the natural cycle. In addition, this artificial nitrogen fixation at the Earth's surface has been done without any consideration for environmental factors such as the balance within ecological systems, the location and the timing of fixation, and atmospheric changes. These problems have already disrupted the nitrogen cycle.

One of the most important diversions of nitrogen flow by humans is the application of nitrogen fertilizers, which worldwide has more than doubled in the two decades from 1990 to 2010, for the purpose of supplying food to an increasing population. Since the global demand for food production cannot be met without increasing use of these fertilizers and further enlarging cultivated area, the output of nitrogen fertilizers in the world will most likely continue to grow larger in the years ahead. Nitrogen, in this way, is seen as a double-edged sword that could be used to enrich humanlife, while simultaneously being the cause of environmental destruction.

To understand the phenomena and problems surrounding N load and N₂O, and its use as a fertilizer, this discourse first describes the history of discovery of nitrogen fixation and N₂O emission through nitrification from fertilized soils. Then, the relationship between N₂O emission and changes in the atmospheric environment are reported. Finally, mitigation strategies for reducing N₂O emissions from agriculture, forestry and other land uses, especially fertilized soils, are proposed.

緑肥を活用した土づくりの現状と展望

秋山 貴紀

タキイ種苗株式会社

最近、施設園芸地帯や野菜の指定産地などでは、連作などにより発生する病害が問題になっています。

そのような問題に対して、様々な緑肥作物が検討されるようになってきました。

ここでは、そのように緑肥作物を使用して『土づくり』を行なっている事例や、今後の展望などをご紹介します。

■緑肥の効果

- ・ 有機物が増加し、土壌中の微生物がよく繁殖する。
- ・ 土の構造がよくなり、水はけや保水力も高まる。
- ・ 土壌中の微生物間のバランスがとれ、病害虫の多発を防ぐ。
- ・ 施設野菜土壌の塩類濃度を低下させる。

■緑肥作物を使うときのキーポイント

1. C/N 比（シーエヌ比・炭素率）

土壌中の有機物の動向を考える上で重要な指標です。例えば C/N 比が 13 の場合、チッソが 1kg あったとすると炭素が 13kg 含まれるということになります。

表 各種作物の C/N 比（参考値）

作物	C/N 比	作物	C/N 比
ヘアリーベッチ	10～11	ソルガム	34～41
アカクローバ	10～16	トウモロコシ	20～35
ダイズ	14～15	トウモロコシ（稈）	約 45
シロカラシ	12～26	稲ワラ	48～75
ヒマワリ	13～40	モミガラ	72～80
エン麦	15～38	麦ワラ	約 90
ナギナタガヤ	約 20		

C/N 比が高い（20 以上）有機物が土壌中にすき込まれると、土壌中の微生物がそれを分解するために多くのチッソを必要とします。このため、土壌はチッソ飢餓の状態におちいりやすくなります。

対策として、石灰チッソを添加することが有効です。

逆に、C/N 比が低い有機物の場合では多くのチッソが無機化して後作物に利用されやすい形になります。

2. C/N 比による緑肥作物の使い分け

緑肥の後作がチッソ要求量の多いタマネギ等の場合、C/N 比の低いマメ科の緑肥作物が有効です。逆に、ダイズでは C/N 比の高いエン麦等が、根粒菌の着生を促進しよい結果が得られます。

3. 菌根菌の有効利用

菌根菌は植物にとって有益な微生物で、根が届かない場所の養分を吸収して植物に送ってくれます。特にリンサンを吸収する力が強く、植物にもリンサンをよく供給します。植物には、この菌根菌が共生する作物（宿主作物）と共生しない作物（非宿主作物）があり、以下のように分かります。

宿主作物 ひまわり、とうもろこし、マメ類、バレイショ、麦類、タマネギ、ニンジンなど多くの作物、ベッチ、クローバなど多くの緑肥作物。

非宿主作物 ナタネ、キャベツ、ブロッコリー、シロカラシ等アブラナ科作物、テンサイ、ホウレンソウなどアカザ科作物、ソバなどタデ科作物。

宿主作物を栽培する場合には、その前作に宿主作物を栽培することが有効です。逆に、非宿主作物を栽培する場合は、前作が宿主、非宿主作物のどちらであってもあまり影響はありません。

4. 腐熟期間

土壌中にすき込まれた緑肥作物は微生物によって分解されますが、その分解過程の中で一時的にピシウム菌が増殖します。そのため、緑肥のすき込み後は一定期間（夏季で3～4週間）おいてから、後作の栽培に入ります。

5. 各種センチュウ抑制効果

緑肥作物を用いてセンチュウの密度を抑制することは最近盛んに行なわれていますが、主なセンチュウ抑制のメカニズムは以下の3つです。

（最近では、「抵抗性打破系統」のセンチュウが出てきており、抵抗性をもつ品種でも、被害が出るが増えています。そのような際、緑肥によるセンチュウ抑制は有効です。）

- ① 作物内で殺センチュウ物質をつくり、センチュウを殺す（マリーゴールド等）。
- ② センチュウを根に侵入させるが、根内での増殖を抑える（または成長を停止させる）ためセンチュウが減る（えん麦 野生種（商品名：ネグサレタイジ）等）。
- ③ シストセンチュウを孵化させるが、栄養源とはならないため、シストセンチュウを餓死させる（ダイズシストに対するアカクローバ、クロタラリア等。この場合、レンゲやダイズは栄養源となってしまう）。

■土壌くん蒸剤の代替に緑肥作物を！

1. 生物くん蒸とは？

施設などで連作を続けると、土壌中の微生物のバランスが崩れて病気が多発するようになります。

これまでは土壌くん蒸剤が使われていましたが、最もよく使われていた臭化メチルがオゾン層保護（モントリオール議定書）のため、ごく一部（不可欠用途）を除いて使用が禁止されました。また、クロルピクリン剤は周辺環境や作業員自身に及ぼす影響が問題となっており、代替技術の開発が求められています。

最近、『緑肥用からしな』（シロカラシ）などを利用した『生物くん蒸』という技術が注目されるようになりました。これらの植物は名前の通り、辛味成分を含んでいるのですが、その辛味成分が有害センチュウや細菌、雑草の発生なども抑制することが分かってきました。辛味成分である「グルコシノレート」が土壌中で加水分解されることによって「イソチオシアネート」と呼ばれるガスが発生し、そのガスに色々な抑制効果があるというものです。

※ ダゾメット剤（バスアミド）が土壌中で加水分解されて生成されるのが、メチルイソチオシアネート

2. 生物くん蒸をする際の注意点

- ・ 緑肥をすき込む際、植物体をできるだけ細かく砕き、その後できるだけ早くすき込む。
 - ⇒ グルコシノレートをできるだけ細胞外に出し、飛散しないうちに土壌中にすき込むため。
- ・ すき込んだ後は、地表面をなるべく均一にしてローラー等で鎮圧し、可能であればビニールで覆う。
 - ⇒ イソチオシアネート(気体)が地表面から揮発してしまうことを少しでも抑えるため。また、散水することも有効。
- ・ すき込んでから次の作物の栽培までは、通常の緑肥と同様に一定期間（夏季で3～4週間）おく。
 - ⇒ イソチオシアネートはすき込み後数日で消失するが、緑肥作物のすき込みと同様、有機物の分解時にピシウム菌が一時的に増加するため。

■水田の畦畔・空き地などの雑草管理に、グランドカバーを！

- ・ 夏場の畔草刈りは大変です。最近、畔草に『ティフ・ブレア』を植えて、『雑草管理が楽になった。』と、喜んでいただく事例が増えています。
- ・ 『ティフ・ブレア』は、「センチピードグラス」という暖地型芝草の唯一の改良種で、主な特長は以下の通りです。



1. 雑草を抑制する。（太いほふく茎とアレロパシーで雑草を抑制。）
2. 草刈の軽減（草丈が 10～25cm 位しか伸びない。）
3. 耐寒性が強い。（東北まで（高冷地を除く）は越冬できます。）
4. 根系の発達が良い。（根が深く伸長し、土壌をしっかりと保持。）
5. 土壌の適応性が広い。（pH4.2～8.5 まで生育可能。）
6. 病害虫の繁殖を抑制。（雑草と比べて、カメムシなどが寄りつきにくい。）

国土交通省新技術（NETIS）にも登録されており、農業関係のほか、河川や高速道路の法面・中央分離帯など、様々な場面で利用されています。

緑肥作物は、今後もさらに多様になっていくと思われませんが、我々も、日本の農業に貢献できる材料を、探し続けていきたいと思えます。

堆肥のつくり方・つかい方

橋本 力男

堆肥・育土研究所

はじめに

森林や草原、湿地を伐採、抜根して焼畑、水田としてきた私たちの農耕の歴史は、それ以前の食べ分け、棲み分けを行う高度に発達した食循環と動植物の多様な生態系を破壊して、画一化、モノカルチャー、高濃度の養分供給と耕すという栽培を進めてきた。一番影響を受けたのが植物とともに土壌を育ててきた土壌微生物の激減だろうと思う。

その結果、作物化と栽培技術の向上によって収穫量は比類なき増加を見たと思われるが、病虫害の蔓延や塩類集積、作物の品質低下、保存性の低下は農薬使用量の増加や環境汚染、またエネルギーの必要なコールドチェーン化を産んでしまった。

植生がもっていた地表と地下部の生物多様性の減少と破綻は、生物が獲得してきた自立して健康に生き抜くという生命循環の機能を破壊し、病虫害への免疫力の喪失を招いたのではないだろうか。

全国の有機栽培の現場を歩くと化学肥料の代わりに、牛フン、鶏フン、豚フンなどの家畜フン堆肥、米ぬか、油粕など高養分な肥料が多い。しかし作物の品質低下や病虫害で失敗した人は、土壌分析を行い、半発酵分解のボカシ肥料や有機肥料を利用している。

自分で作物に合った堆肥づくりをしている有機農家は10%以下といわれている。つまりご飯もおかずもスーパーで購入して、自宅で料理をして家族の健康管理を行っていないということである。堆肥づくりは、バケットローダー、材料の収集、発酵技術、堆肥舎などが必要であり、またコスト的にも合わないのだから、買ったほうが安いという結論になるのだろう。

農業問題ではよく食料自給がリスク管理として問題視されるが、実際スーパーから食料が少なくなならない限り、日本人は誰も動かないだろうと思う。食料生産が危機的になった場合に必要なのは「農地・ひと・技術・機械そして肥料」である。ここで高騰している化学肥料を将来的にみれば、地域にある有機物や無機物で堆肥づくりをするという「肥料自給」事業を作っておく必要があると思う。そうすれば温暖な日本では3~8か月間もあれば、ほとんどの作物生産は可能となる。

さて、1977年から野菜の有機栽培を病虫害で失敗しながら経験してきた中で学んだ「健康な土づくり」についてまとめてみたい。

健土育成5策

1. 畑にきれいな水をつくる
2. 土づくりは空気づくり

3. 養分バランスと腹八分目
4. 畑に生物多様性を取り入れる
5. 生態系堆肥・・・地域の資源循環

1. 畑にきれいな水をつくる

野菜などの農産物の85～95%は水である。よって私たち農家は田畑でダイコンという水の袋をつくって売っている。つまり農業生産は水商売である。

故においしい品質の良い物をつくるには、畑や田んぼできれいな水をつくるのが大切となる。化学肥料は腐敗しないが、有機物は使い方次第で腐敗ガスや病原菌の発生につながってしまうから要注意である。特に家畜フンでは^{オー}O-157やサルモネラ菌など60℃以上で高温発酵していないとリスクが増加する。

① してはいけないこと

- 腐った堆肥、生ごみ、未熟な家畜フンやボカシ肥料・有機肥料などを鋤き込まない。
- 有機物は利用の仕方では腐敗するので性質を見極め注意する。
- 緑肥や野菜残差、雑草を多量に深く鋤き込まない。

② 行いたいこと

- 完熟堆肥を施用する。
- 表層マルチとして有機物を利用する。地表面から徐々に分解されて土化する。
- 緑肥作物、作物残渣、雑草は細かく刈り取り地表で乾燥させてから、3～4回に分けて、浅く鋤き込み表層で微生物分解を行う。

◎具体的な方法

緑肥作物などはハンマーナイフロータリーなどで粉碎して、水分を40%まで乾燥させてから、5cmぐらいで耕し浅く鋤き込む。これを10日に1回、3回ぐらい繰り返してから深く入れる。この時に分解が悪ければ少量のコメヌカ・堆肥・ボカシを散布して浅く鋤き込むとよい。土ごと発酵は空気が十分入った状態で行うと良い。

水田で深く鋤き込んだワラは、有機酸で酸性化して分解しにくくなるので注意。

③ 畑の水のチェック方法

土壌水の品質をチェックするには、田畑でとれた野菜やお米を腐敗テストしてみれば一目瞭然となる。大豆やお米など乾燥したものには水を少し入れて、分解させると早く判る。

野菜の80～95%は水分であるため、おいしさや品質は「野菜の水」で決まってしまう。畑の土はおいしい水かどうか？を確かめる方法が「**野菜の腐敗テスト**」。分析試験ではないので成分は判らないが、野菜の持っている生命力（日持ち・



写真 野菜の腐敗テスト

腐敗度) や、その野菜が育った土壌の水質を知ることができる。

1) 野菜の腐敗テストの方法

①新しいビンを用意する。ネジのふた付き。

* ジャムビンや酢漬けのビンには、糖分や酢などがガラス内部に吸収されており、正確なテストができない。

②野菜を入れる。大きな場合はナイフで切って投入、ふたをきつく閉める。芽を残すと良い。

* 乾燥した大豆やおコメの場合は、日数がかかるので水を吸収する程度に入れると早く結果がわかる。

③暖かい居間などにおいて、腐敗するまで観察しながら放置する。

④色が変わり腐敗が始まれば、空けて匂いを嗅ぐ。



図 腐敗テストの方法

腐敗テストでわかること・・・土壌の水質と野菜の生命力

腐ってきた匂いで、その作物が育った土壌状態がわかる。いくつかの野菜を同時に比較テストをすると、栽培方法や肥料との関係がよく判る。

次に判ることは、腐敗するまでの期間によって、野菜の持っている生命力、日持ち、保存性がわかる。

2) 野菜ワインと野菜酢

発酵型の良い土でできた野菜は、長い期間腐敗せず、トマトなど糖分の高いものでは、酵母などで発酵分解してアルコールになり、最後は酢になる。これらの原因には、細胞壁の丈夫さ、光合成によって糖分が多いことが確認されている。その点、肥料過多の野菜は日持ちも悪く、腐敗しやすい。

- 乾燥鶏フンなどで栽培した野菜は、腐ると鶏フン=魚粉に近い臭いがする。
- 乾燥してミイラ化することもある。
- 比較する容器が2~3個があると違いが良くわかる。

3) 腐敗した水はどうしてできるのか

畑や田で腐った水ができるのは、生の有機物の水分が多くて嫌気状態にある時に、腐敗物質となり臭いにおいを出し、有害な病原菌を発生しながら汚水、腐敗水となる。土壌微生物が有機物を好氣的に分解して、養分、きれいな水、炭酸ガスの変換できれば良いが、嫌気状態や消化不良

を起こして分解できなければ腐敗分解という現象をとる。その圃場のもっている微生物の消化能力を考慮して、緑肥や野菜残渣などの有機物を鋤き込むことが重要である。

腐敗水のできかた

1. 未熟な家畜フン尿や有機肥料が多量に撒布された。
2. フン尿が表層でなくて、深く耕耘されたために、酸欠、水分過多の嫌気状態になった。
3. ソルゴーやレンゲなどの緑肥が多量に鋤き込まれた。
4. 水田でレンゲなどを、水を入れて代かきした。
5. ブロッコリーなど収穫後の野菜残渣が鋤き込まれた。
6. 未分解の生ごみや嫌気発酵の有機肥料が施用された。
7. 水はけが悪く、有機物が嫌気分解で腐敗した。
8. 腐敗した堆肥が施用された。

4) 腐敗水の影響

土壌中の腐敗水は根から吸収されると、植物の生長にどのような影響があるのかを経験的に調べてみると、病虫害の発生や被害、味などの品質に影響があると思われる。

1. 腐敗した水は、病原菌とともに植物の体内に吸収されて病気の発生になる。
2. 害虫の飛来を招き、被害が増える。タネバエ、アブラムシ、ヨトウムシなどの発生。
3. 農産物の日持ち、保存性の低下につながる。傷みやすい、腐りやすい。
4. 腐敗した水は、作物の甘み、旨み、香りなどの品質低下につながる。
5. 腐敗水・ガス害により、植物根が傷む。生長被害。
6. 地下水汚染につながる。

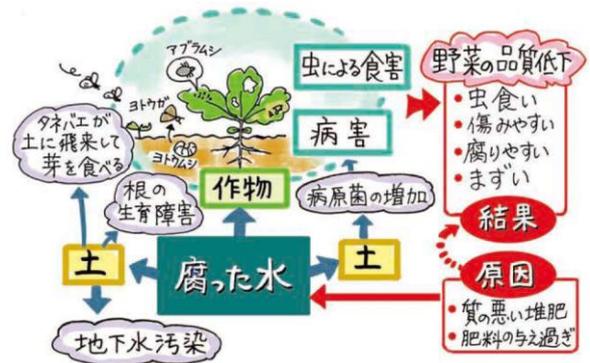


図 腐敗水の影響の例

2. 土づくりは空気づくり

農業の歴史は、土を耕すことから始まっている。この意味は、植物の健全な生育には土壌酸素が欠かせないということであり、水はけのよい土壌が求められる大きな理由である。空気を入れるための工夫には色々ある。

土の中に酸素を入れる方法

土壌に空気を入れる方法は多種多様ある。先人はいろいろな方法を編み出してきた。



写真 根は酸素が大好き
(紫外線が嫌い)

表 土壌に空気を入れる方法

行 為	結 果
耕す	土は深く耕しても大雨が3回降れば元に戻る。耕しすぎると土が細かくなって酸素が少なく入らなくなる。大型機械の登場で、硬盤が形成されるようになった。本当は微生物に耕してもらう事が一番大切・・・土づくりは表層から。
畝たて	水はけも良くなり空気が横から入りやすくなる。
土寄せ	ジャガイモやダイコンの土寄せは、空気を野菜に供給する効果もある。古人によると「土寄せ」は肥料を3回やるのと同じ効果があるという。
草マルチ	麦ワラ・稲ワラ・堆肥などを土の上にマルチ（被覆）することは、雨にも叩かれず、空気を土の中に入れやすくする。いろいろな微生物がたくさん集まって、土を耕し空気が入りやすくなる。
堆肥を入れる	草質堆肥・モミガラ堆肥・落葉堆肥などは土の中で、微生物の生活を活発にして、微生物の棲み家である団粒構造の土を育てる。また、養分をつくり、水はけを良くして空隙を作る。堆肥は、5～7cm程度に浅く入れる事が大切である。
中耕	野菜の間を、雑草を取りながらクワや管理機で浅く耕すと空気が入り、生育がグッと良くなる。
古い根を残す	前作の野菜の根は、土の中に深く入っている。それらは微生物に分解されて空気や水の導管パイプになる。

3. 養分バランスと腹八分目

野生植物を改良した作物は吸肥力が強く、短期間による肥大化が求められる。ブロイラーも肥育牛も同じであるが、高養分な肥料を吸収できるように工夫してきた。しかし人間同様、生物は高タンパク（窒素）・油脂・糖分・アルコールなど高カロリーな養分を摂取すると、消化吸収にエネルギーを使い、酵素などの消耗につながり、肥満体になったり、軟弱化したりするなど生理作用が乱れて免疫力が低下しやすい。このため病気に罹りやすくなるといわれている。作物や土性によって施用量は異なるが、腹8分目の施用が大切である。収穫逡減の法則は、養分は過不足でバランスを壊して、健全な生長を妨げることを示している。

農家は「肥料でお米や野菜をつくる」と感じている。それは確かに肥料をやると野菜が大きくなり葉の緑が濃くなるからである。ほとんどの場合、肥料は土に施し、耕し、根から吸収されている。しかし大雨が3回降ると肥料の半分、50%は地下水や河川に流れていくといわれている。農業における環境汚染は肥料の溶脱や流亡によるものが大きく、これを解決するためには、土壌の粘土鉱物や腐植を増やすことが大切となる。

収穫逡減の法則・・食べすぎたらあかんの法則

養分を含む堆肥は、作物や土壌の状態によって施肥量は変わるが、一作あたり平均して3リットル/m²ぐらいとなる。まったく養分の無い造成地などでは初期だけ10リットル/m²施用すると、有機物が増加して土壌微生物数が増える。堆肥の施用は、養分供給だけでなく、微生物供給もあると考えるとよい。土壌消毒・除草剤で疲弊したハウスの土壌回復にも効果的となる。

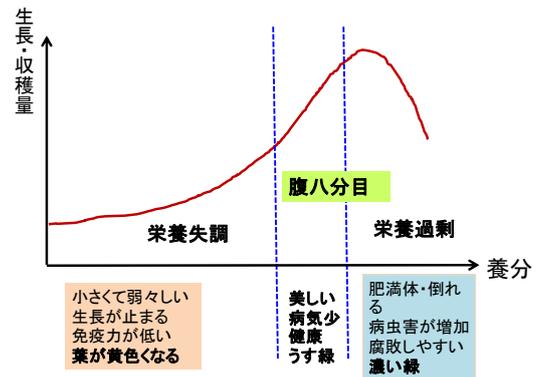


図 収穫逡減の法則

養分バランスを考える

堆肥には、養分の高い肥料的な堆肥と、土壌の生物性や物理性を改善する土壌改良的な堆肥がある。これらを土性や作物によって使い分けすることで、健康な土づくりに近づくことができると思う。

堆肥の種類・・・養分堆肥と育土堆肥

利益を上げている有機農家は、ハウスやトンネル栽培が多く、管理が進めば進むほど、自然循環機能を活かすはずの有機栽培が、プラスチックを多用する農業となってしまっている。心配なのは、一般的な化学肥料の利用以上に多肥栽培となっている畑もあることで、生に近い家畜フン尿やボカシ肥料、生ごみ堆肥が散布され、ハエが舞い、土壌を掘ってみるとドブのような悪臭がする畑もあった。地域の環境や地下水汚染、土壌のことを考えないで「肥料や堆肥で野菜をつくる」という観念は昔も今も変わらない。

表 養分の多少による分類

分類	種類	使用方法	用途
養分堆肥 アルカリ 肥料	土ボカシ・ボカシ肥料・発酵鶏フン・豚プン堆肥・生ごみ堆肥 *有機肥料	養分が多く土壌や野菜の肥料(化学性)として使用	元肥または追肥として利用
育土堆肥 酸性肥料	落ち葉堆肥・草質堆肥・牛フンバーク堆肥・モミガラ堆肥・バーク堆肥・チップ堆肥	水はけなどの物理性や、有益な微生物が生息できる生物性を良くするために使用	元肥またはマルチとして利用

肥料の中和

慣行農家のハウス栽培や、これまで化学肥料の代わりに、家畜フン尿、ボカシ肥料類の多投で富栄養化・塩類集積して微生物バランスを壊してきた土壌には、養分施用を中止し、酸性堆肥を施用して過剰な養分を分解することが大切である。つまり栄養(養分)バランスを考慮した施用方法を行うことが大切である。農家は「肥料」で野菜や果樹をつくるという発想から抜け出して、健康な土壌を養うにはどうすればよいのかを考えたい。フン尿でつくる野菜はどうあがいても腐りやすくまずい「うんこ野菜」である。

日本の土は pH6.0 前後が健康といわれていて、6.5 を越えれば病虫害が増えやすくなるので、その場合は酸性堆肥を利用して中和を図ることが大切である。

4. 畑に生物多様性を取り入れる

有機農法は、慣行農法で行われてきたモノカルチャー・画一的な作付方法から、地表面で輪作・混作・コンパニオンプランツなどの利用を行い、地表面での生物多様性を高め、取り戻す方法である。また地下部で微生物の多様を図るには、山から海までの多種多様な材料でつくった「生態系堆肥」を施用することで土壌微生物の多様性を高めることができるのではないかと思います。地表と地下部の生物多様性を高めることは、免疫力（病害虫への抵抗性）を高めることにつながる、と経験的に思う。



図 生物多様性と循環

土は鶏フンばかり施用していると鶏フンの好きな微生物が繁殖して、土壌微生物相が偏ってくる。またキャベツばかり作っていると、キャベツの根が出す排泄物により微生物相が単純化する。

こうした画一化、単純化は土壌微生物や植生の貧弱化となり病虫害が増加する要因となる。そこで、地域の山から海までの多様な材料で発酵堆肥をつくり施用することで、土壌内の生物多様性を計ることが大切となる。

地表の多様性と地下の多様性

田畑における地表の多様性を計るには、いろいろな作物を作付することである。手法としては、輪作・混作・間作・コンパニオンプラント・バンカープラント・耕作放棄などがあるが、牧草による緑肥栽培、雑草の利用も考慮したい。必然的に生えてくる雑草は土壌を多様にしてくれる大きな味方である。

また地下部である土壌を多様にするには、地表作物を多様にすることによって、それぞれの根から出る根酸や多糖類などの排せつ物を利用する無数の微生物の多様化が図られる。また地域にある多種類の有機物や無機物を集めて良質な発酵堆肥を「エサ」として施用することで、土壌微生物の多様化を図ることが可能である。化学肥料で土壌微生物を養うことはできないが、さまざまな有機物を提供することで微生物をバランスよく増やし、団粒化を図り、土壌の免疫力を向上させ、病虫害を低減させるというイメージである。これは、鶏フンやボカシの施用で増えていたアブラムシやヨトウムシが、完熟堆肥の施用で激減した私の経験からである。

5. 生態系堆肥・・・地域の資源循環

多様な材料で発酵堆肥をつくり、施用する・・・微生物は餌で決まる

動物性窒素である家畜フン尿だけでは微生物が単純化されるが、植物性窒素であるコメヌカや油かす、おからなども混合して堆肥をつくることでバランスが確保できる。

また樹木や剪定くずなど木質材料でつくった堆肥は、果樹や茶木には問題がないだろうが、草であるイネや野菜に施用すると、収穫した野菜は甘みや香りが少なくなり、口内の触感がざらつくようになるから注意したい。また、ミネラルの宝庫である海産物を堆肥の材料に混合することはぜひ奨めたい。殺虫や殺菌剤の農薬や除草剤で死滅した田畑の貝類や昆虫類などの甲殻類を補うために、エビやカニガラ、魚の骨、貝類、または海水を農地に施すことで、微量要素を補い、微生物バランスを取り戻せる。これらが土壌の予防医療となるのである。



図 生態系堆肥の考え方

6. 土の健康と有機栽培

有機栽培の基本は、健康な土をつくり、土壌に育つ作物の病虫害への抵抗性を増加させて、病害虫に負けない健全な作物生産を行うことにある。

ではどうすれば健康な土づくりができるのか。また自然界では植物である木や草は何万年もの間どのようにして、栄養バランスのとれた養分を獲得して、病気を免れて自らの健康と自立を図り、生き延びてきたかの。関心の湧くところである。

私たち人間は、生態系としてたどり着いた森やジャングルを、焼き畑や水田化などの形で破壊して利用してきた。より効率的な収穫を得るために、必然的に肥料をまき、深く耕耘して単作栽培となってしまった。野生植物でもイネ科のアシヤススキ、シバ、針葉樹林のように単一群落をつくるものもあるが、大半は多様な種類の植物で大地をおおっている。草木が多様であると、そこに住む動物や鳥類、昆虫、そして土壌微生物も多様になる。景観植物としてヒマワリやコスモスが植えられることも多いが、それでも植生は単純化し、餌の関係でそこにすむ動物や昆虫などの生き物、土壌微生物も必然的に単純化されることになる。生物多様性は地球生命体といわれるガイア理論の基礎である。

7. 土壌の生物多様性と作物の健康

人間は長年の食生活の知恵から、病気になりにくく健康で長生きできる食文化を各国や地域で作ってきた。それは穀類・雑穀、豆類や野菜、果実、魚、獣肉、卵、発酵食品などの食と病気と健康の知恵を、食文化まで高めてきた。つまり、多様な食材を摂り入れることで、免疫力を高め、病気から解放される予防医学であり、栄養学の知恵である。食べ物のバランス、品質と多様によって腸内細菌叢が多様化されて腸内の良質菌群が主体を占める状況をつくって



図 食事バランスガイド（農水省・厚労省）と堆肥のバランス

きたのである。病気になりにくい体質、病気なってもすぐ回復する免疫系を向上させてきたのである。

私の構想は、これらの人間の食生活の仕組みを、田畑の健康な土づくりに利用するための提案である。田畑の土壌に生物多様性を計るには、地表の植生と地下の微生物の多様性をいかに確保するかである。

8. 有機物を C・N・B・M の資材に分類する

堆肥づくりは簡単に言うと腐敗しやすいものと腐敗しにくいものを適度に混合して発酵させてつくる技術である。堆肥造りでは混合する材料の比率が、水分調整・空隙調整とともに発酵させる重要な条件となる。いろいろな種類の材料を混合することで発酵状態がよくなり、養分のバランスや品質も高まる。その結果作物のおいしさ、品質と結びつくのである。

表 有機物の C・N・B・M 分類

資材名	性質	手に入る材料	注意点など
C タンソ 資材	水を加えて腐敗しないもの C/N 50 以上	オガクズ、チップ、せん定枝、ソバガラ、モミガラ、秋以降のススキ・アシ、小麦ワラ、バーク(樹皮)、樹木や竹の粉碎物	戸外で野積みが可能(養分は流亡する)だが、水分調整剤として利用する場合は屋根下に置く。バークやチップ、オガクズで水分が多いときは N 資材を 5%程度加え発酵させて乾燥させることも可能。
N チソ 資材	水を加えると腐敗するもの C/N 50 以下	畜フン(鶏フン・豚フン・牛フン)、魚粉、魚のアラ、海草、生ゴミ、オカラ、コーヒー粕、茶ガラ、廃食油、ビール粕、野菜残さ、米ヌカ、キノコ廃オガ、油カス	水を含むと、発酵や腐敗が始まるので、乾燥する場所に保管するか直ぐに利用。乾燥すれば貯蔵可能。日光にも当てず酸化を防止する。
B 微生物 資材	発酵を促す多種類の微生物	落ち葉(いろいろな種類)、腐葉土、完熟堆肥、雑草や野草類の根(土着菌を野原、竹林で採取)	地域の微生物を、落ち葉や植物の根から収集。また、種菌として完熟堆肥を混合することも可能。
M ミネラル 資材	微量元素を豊富に含むもの	麦飯石、貝化石、カキガラ、貝・カニ・エビ殻、ゼオライト、草木灰、山土、海水、ニガリ、瓦屋根のカベ土	山の土や岩石から海水まで、多様な素材を集める。

* 廃食油は、堆積比で 30 倍以上の米ヌカに吸収させてから堆肥に利用できる。1:3 で少し混ぜてから全体に混合すること。

* 地域で普段から堆肥の材料となるものを探しておく。できれば無料で手に入り、お互い喜ばれるもの。

* 有機物とは生命の機能を有したものという意味。生物系資源バイオマスとも呼ばれる。

9. CN比（炭素率）

生ごみのCN比は10～12程度。その他は次表を参照。

表 代表的な有機廃棄物の炭素率

炭素率の範囲	有機物の種類	炭素率(C/N)	全炭素(%)	全窒素(%)
5～10	下水汚泥	5.7～7.9	40.8～35.0	5.18～6.10
	鶏フン	6.7	33.2	4.98
	焼酎かす	8.1	26.9	3.31
	豚フン	8.4	44.8	5.32
10～20	紅茶かす	10.2	51.0	5.02
	おから	10.3	26.3	2.60
	焼酎かす	10.5	40.0	3.80
	豆科飼料作物	15.0～16.4	38.3～44.4	2.34～2.95
	ウーロン茶かす	13.8	51.5	3.72
	ビールかす	14.0	40.7	2.90
	牛フン	14.1	32.4	2.30
20～50	アルコール廃液	19.4	36.1	1.86
	米糠	22	48.5	2.20
	コーヒーかす	25	55.2	2.17
	柏葉 クルミ葉	25	29.5	1.20
	廃おが	43	51.0	1.20
50～100	野菜残渣	43	45.6	1.07
	松葉（落葉）	56	42.0	0.75
	ススキ茎葉	62	42.0	0.68
	稲わら	66	40.8	0.62
	籾殻	77	30.8	0.40
	広葉樹落葉	85(50～120)		
100～150	オオムギわら	92	49.0	0.53
	コムギわら	107	41.8	0.39
	コーンコブ	104	46.9	0.45
	エノキ廃床	123	41.8	0.34
	バーク（樹皮）	133	49.2	0.37
	ライムギわら	144	47.4	0.33
150以上	バガス	163	45.5	0.28
	針葉樹バーク	172	51.7	0.30
	おが屑	340～1,258		
	バーク（樹皮）	117～1,295		
	カバ（おが屑）	489	48.9	0.10
	ブナ（ 〃 ）	544	49.0	0.09
	モミ（ 〃 ）	1,010	50.5	0.05
トウヒ（ 〃 ）	1,258	50.3	0.04	

※(財)日本肥糧検定協会による分析結果（公刊された複数の報告書より引用）

全農肥料農薬部研修会資料の他、藤原、竹本、豊川、河田、伊藤、三木、吉沢、西沢、大屋、石田、米沢および松崎の分析値から作表した。『土と堆肥と有機物』松崎敏英著 家の光協会

10. 完熟の判定

堆肥の完熟判定にはいろいろな方法がある。また、堆肥の種類によって完熟度が異なるのが事実である。現場での判断方法を書いてみる。

- ① 幼植物試験 堆肥に赤玉土などを 60～70%混合して、プランターでコマツナやハダイコンをまいて、本葉 5～6 枚まで育てる。
- ② 生育試験 野菜や花苗を植えて生長をみる。20～30 日間。生長が順調に続くか否かを見る。
- ③ 腐敗試験 腐敗試験は土壤に施された堆肥が大雨で浸かった状態を予め知る方法である。未熟堆肥か腐敗堆肥かを知る方法。

堆肥の腐敗試験



図 堆肥の腐敗試験

堆肥を空きびんに半分入れて、水を表面より 1～2cm 程度注ぐ。内部の臭いが出ないように、フタを確実に閉めて室内に放置し、10 日後ふたを開けてみて匂いをかぐ。

11. 堆肥の使い方

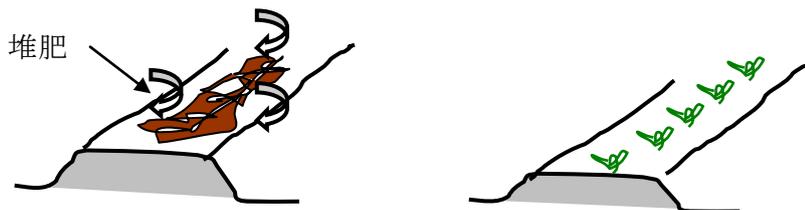
A. 全面施用・・・ばらまいてから耕し、ベッドを作る。



ダイコン・ニンジン・コカブ・サツマイモ・ミズナ・キャベツ・葉菜類・マメ類

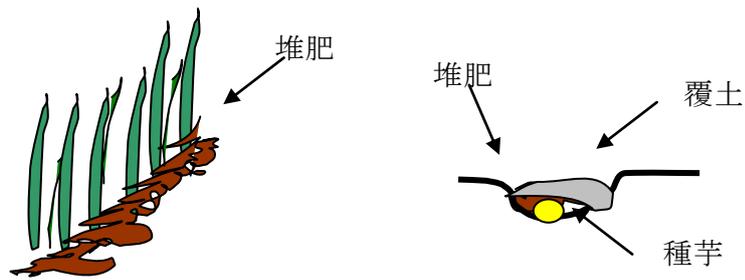
B. 局所施用

1. 畝(ベッド)施用・・・ベッドだけに使用する。全面施用量と比較して 60%で良い。



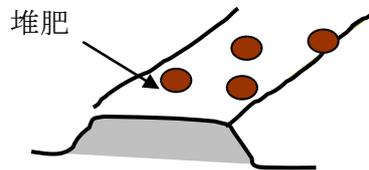
葉菜類・ホウレンソウ・ブロッコリー・根菜類・レタス・キャベツ・白菜

2. 溝条施用・・・溝に沿って堆肥を入れる。50%施用で同効果。

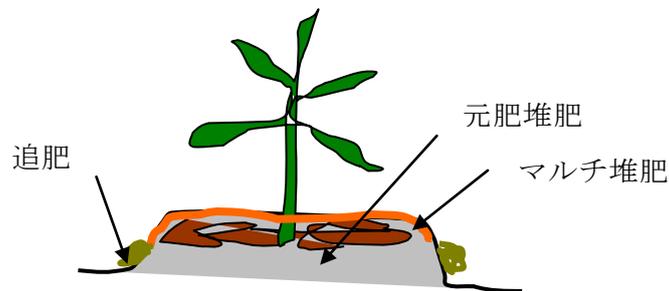


サトイモ・ジャガイモ・ネギ・ニンニク

3. 穴肥（スポット）・・・穴に入れて使用する。追肥や不耕起栽培で使う。30～50cm離してスポット的に施用するが、養分効果は認められる。



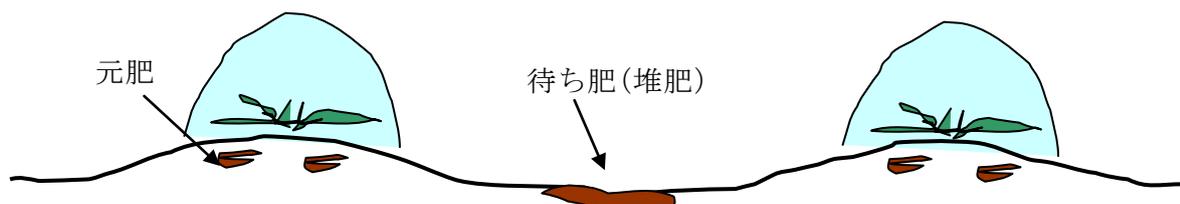
4. マルチ施用・・・ベッドに元肥を入れた後、表層に堆肥の被覆をする。徐々に微生物分解を受けて効いてくる。その後は追肥で対応する。



ナス・ピーマン・キュウリ など果菜類

元肥には、モミガラ堆肥・土ボカシ・草質堆肥などをブレンドして多種類の堆肥を利用する。

5. 待ち肥・・・スイカなど初期に養分が効くとつるボケする作物は、生育中期から効果があるように待ち肥を施用する。



スイカ・カボチャ・マクワウリ・トウガンなどウリ科類

12. 有機栽培の未来

- 外部投入から内部循環へ
- 耕起から不耕起へ
- 除草から抑草へ
- 有機種子、有機苗（購入から自家採種へ）

13. 土を健康にする具体策

土の中に「おいしい水をつくる」と言うことは、「発酵型の土壌生物相をつくる」ということで、また養分バランスの取れた健康な土壌を作るということである。

ではどのようにすれば、健土育成ができるのかを見てみよう。

1. 完熟堆肥を、土性に合わせて適量施用する。
2. 腐敗した堆肥や、腐敗した有機物を施用しない。
3. 生の有機物（雑草や作物残渣）や未熟堆肥は、**土壌微生物の消化能力**を越えて投入しない。
 - * 有機物の量が多いと消化分解できずに腐敗する。つまり未熟な有機物の多施用によって消化不良を起こし、腐敗型に移行し、病虫害の発生や地下水汚染の原因になる。
4. 土性や作物によって施用量や施用方法を変える。砂地と粘土土。土性や栽培する作物に合わせて適量施用して、過剰に施用しない。
5. 堆肥は土壌微生物のエサ：発酵食品。堆肥によって良質な微生物を住まわせる。土壌の水質は土壌中に住んでいる微生物群によって決まり、土壌にきれいな水を作る、良質な微生物を生息させるには、良質のエサと環境をつくることが大切。
6. 土壌微生物は、養分量、土の物理性や化学性、雨、水、太陽、季節などにも影響されることを考慮する。

7. 堆肥は「浅く」すき込む。表層施用で浅耕する。5～7cm

堆肥は生きた肥料であり、多量の微生物が生存している。施用して紫外線に当てると死滅するので、施用後、速やかに土と堆肥を浅く混入することが大切である。自然界の野山・草地では、地表から腐植化して土になって行くのと同様、表層での好気性菌の活動を低下させないようにする。

8. 団粒マンションづくりを意識する。

団粒構造の土づくり、とよく言われるが、**団粒とは微生物のマンション**であり、団粒を増やすには、彼らのえさと部屋作りの材料を提供することが大切である。特にマイナス電荷を帯びた粘土鉱物と腐植は、マンション作りでは欠かせないものだ。しかし団粒は植物や人間のためにあるのではない。家作りのボンド的役割をする粘液は微生物自身や植物根から得ているそうである。

基礎技術 改良牛フン堆肥のつくり方

地域に出てくる牛フン・豚フン堆肥を利用して改良した堆肥である。同じ畜フンばかり施用すると土壌中の微生物が偏り、病虫害が出やすいといわれている。またフン尿ばかりでは、野菜の味が落ちてくるので、おいしい良質資材を混合して再び発酵させた改良堆肥である。

材料および基本配合（体積比）

牛フンバーク堆肥	4
モミガラ	2
鶏フン	1
コメヌカ	1
土	1~2
落ち葉	1

牛フンオガクズ堆肥	4
モミガラ	2
豚フン堆肥	1~2
鶏フン	1
コメヌカ	1
土	2

* 配合比率は、地域で発生する畜フンを主体にして他の材料を混合すれば良い。草や落ち葉、せん定枝、生ゴミにコメヌカなどを加えると品質が高まり、生産物の野菜の味も良くなる。特に牛フンだけでは栄養バランスが悪いので鶏フンを適量混合する。

つくり方

- (1) 材料を軽い順番に重ねてゆく。モミガラ、牛フンバーク堆肥、鶏フン、コメヌカ、土の順
- (2) 水分調整を行い、山積みしてジュータンでカバーする。
- (3) 土は粘りのある山土がよいが、なければ畑の土や田んぼでもよい。カワラ屋根のリサイクルカベ土でも良い。
- (4) 適宜切り返し、温度が 40℃を切ったら熟成させる。

切り返し

- | | |
|-------|--------|
| 1回目 | 7日後 |
| 2回目 | 14日後 |
| 3回目 | 21日後 |
| 4回目以降 | 1ヶ月に1回 |

用途

養分供給としての堆肥。野菜全般、水田・果樹・茶など。

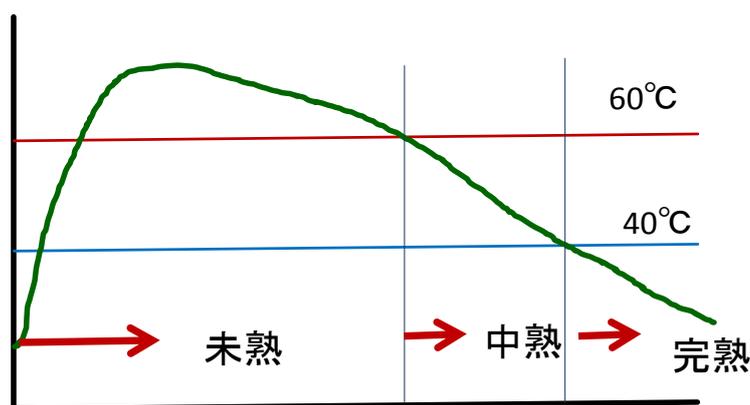


図 堆肥の熟成

プロフィール

橋本 力男	堆肥・育土研究所 所長&有機農業者 〒 515-2603 三重県津市白山町川口 6583-1 お問い合わせは・・・Email r-hashii@e-net.or.jp
1952年	三重県生まれ・松阪工業高校・機械科卒
1977年	東京農業大学卒（国際農業開発学） 有機農業を始める。野菜と水田、苗づくり
2000年	第5回 全国環境保全型農業推進会議会長賞 第1回三重県環境功労賞
2002年	第1回コンポスト学校を始める
2007年	NGO DIFAR からボリビアに1ヶ月間派遣 オーガニックフラワーを始める
2008年	財・ICETT よりフィリピンに派遣 第1回 農林水産省「農業技術の匠」に選定
2011年	公益財団法人 ICETT からパラオ共和国に技術顧問として派遣
2012年	日本農業経営大学校講師になる
現在	野菜の有機栽培と販売、有機苗・堆肥の製造販売、三重大学非常勤講師、三重県農業大学校講師、ICETT 技術顧問、NPO 生ごみリサイクル全国ネットワーク評議員、ユニヴァーサルデザイン総合研究所客員研究員、天然花クラブ代表
企業コンサル	3社（愛知、静岡、三重）
講師歴	鹿児島・大分・佐賀・熊本・長崎・香川・山口・広島・島根・岡山・兵庫・滋賀・福井・和歌山・京都・奈良・岐阜・愛知・長野・新潟・静岡・神奈川・東京・千葉・茨城・山形・福島・青森・北海道・ボリビア・フィリピン・パラオ

MEMO

第 2 部

生産・流通・販売事例





農産物生産・業務用卸
(福岡市中央区・糟屋郡・小郡市)



～暮らしをより豊かに～

casa club

伊都安蔵里ではこの一年間、地域の方、先生方のご協力を得て「安蔵里塾」という学びの場を提供してきました。今まで糸島だけだったこの活動を福岡市内まで広げ、名前も一新「casa club - カーサクラブ - 」としました。casa clubとは、田舎と都心を結び、また都心に住む人同士、このコミュニティでみんなが繋がり合い、新しい価値を創造したり。食卓、子育て農業などの日々の生活にプラスして充実した暮らしができるようなワークショップやコミュニティづくりのお手伝いをいたします。

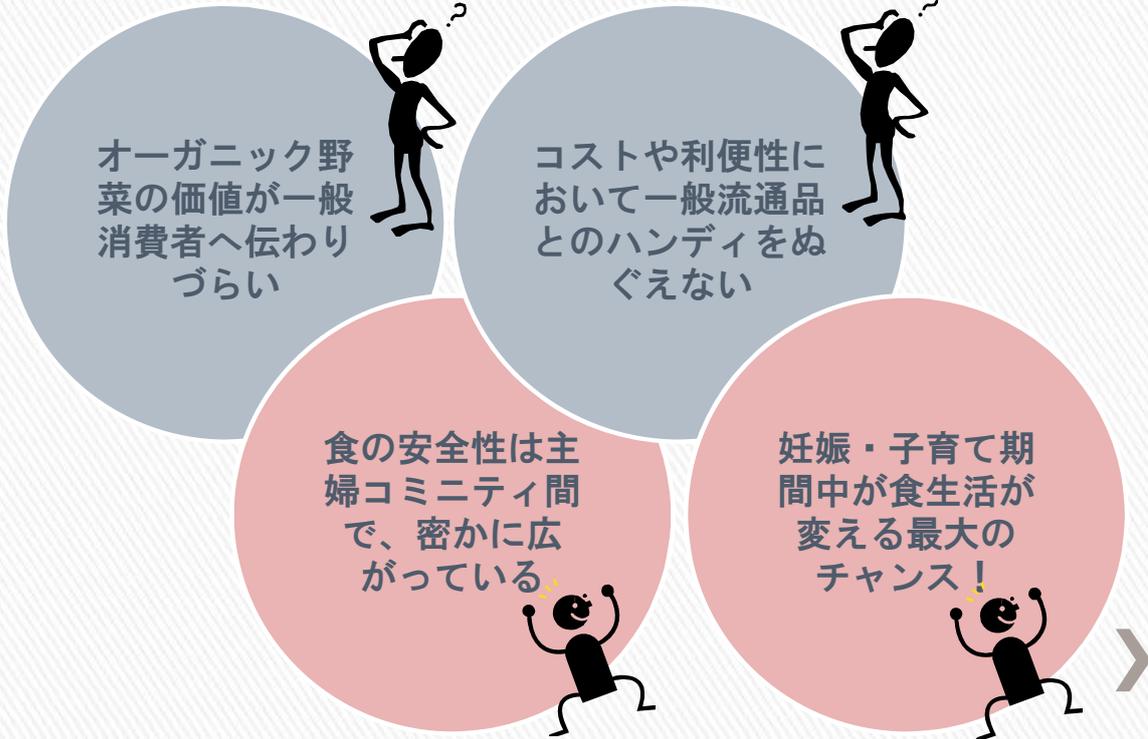


“野菜と対話する”シェフの料理教室





オーガニック野菜の販売は意外と難しい



コミュニティネットワークや子育て支援サークルとの提携販売



登録会員数 **8000** 名以上の
子育てネットワーク





食育イベントとナチュラルバース活動



子育て支援
イベント



企業主催
食育イベント



助産院主催
マザークラス



出荷できる貸農園と企業の福利厚生野菜で開墾活動



都市近郊における大規模有機栽培

高根沢 啓市

MOA 自然農法那須黒羽営農研究会

1. 研究会の概況

栃木県北に位置する米どころ。

発足 平成 6 年 5 月

生産者 16 名 (大田原市、那須塩原市、那須町)

耕作面積 MOA 自然農法・有機 JAS 認証圃場：40ha 減農薬米栽培圃場：25ha (有機肥料、除草剤 1 回)

主な農産物 米

出荷先 産直、自然食品販売会社、食品加工会社など



2. 研究会発足の経緯

平成 5 年の冷害時、地域に住む足の悪いおばあさんが、他人に頼んで田植えだけをしてもらい後は放ったらかしにしているにも関わらず、10a 当たりで 7 俵近くの収穫があったのに対して、自分達は害虫が発生しないように、収量が下がらないようにと、肥料・農薬にお金をかけて、害虫は発生しなかったもののやっと 3 俵半の収穫という状況に悔しい思いをし、同時に自然農法の米づくりに興味を持った。

これからの稲作農家の生き方を考えたところ、収穫量にこだわるのではなく、安全で美味しい質の良い米を消費者に提供して、お互いの信頼関係でやっていくことにたどり着いた。

そのような中、東京の自然食愛好者グループと、お互い顔の見える産地直送米に取り組むことにした。最初から化学肥料も農薬も使用しない自然農法は無理なので、有機質肥料を使い、農薬は除草剤を 1 回だけ使用する栽培から始まり、徐々に自然農法に切り換えた。

生産者 6 名で平成 6 年 5 月に那須黒羽営農研究会を設立、現在は 16 名の生産者で活動している。

3. 消費者との交流

消費者との交流を積極的に行い、声がかかれば東京まで出かけて行って食セミナーに参加し、自然農法の米作りについて語りかけ、理解を深める努力をしてきた。また、自分たちの思いを訴えるだけでなく、消費者が何故自然農法産米を求めているのかを学び、自分たちの生産意欲の糧にしている。

米の品質等に関するクレームも受けつけ、それを研究会に持ち帰って問題解決を図っている（着払いで返品して貰って、新品を発送）。さまざまなクレームに対応することによって、米の品質の問題だけでなく、消費者宅での米の保管方法が悪いために品質が劣化したり、食べる人の健康状態によって米が美味しく感じられなかったりすること等が分かってきた。そういう人たちには米の保管方法や美味しい米の炊き方などを知らせて、美味しく食べてもらう取り組みをしてきた。最近は化学物質過敏症やアレルギー・アトピーのために米が食べられないという人が増えているが、そのような人たちが安心して美味しく食べられる米作りに努力してきた。



また、研究会会員の田圃を解放して、年3回の交流会を開催している。消費者に米づくり(田植え、草取り、稲刈り)を体験してもらい、農業とは、自然農法とはどういうことなのかを肌で感じてもらっている。また、近くに住んでいる消費者ネットワークが、体験用水田の近くにある会員の畑（『こだわりの郷瑞泉郷』と呼称）を借りて野菜や花を栽培して、毎回の交流会では「この大自然を東京に持ち帰って欲しい」と願って、来場者に花摘みや収穫体験をしてもらっている。交流会に来るまでは「そんな高い米を」と批判していたご主人が、交流会に参加したとたんファンになり、自然農法産米を知人に紹介してくれるようになった事例がある。

このような顔の見える交流を繰り返す中で、生産者は単に作るだけで良しとするのではなく、求めてくれている消費者に対する責任と喜びが醸成されてきた。「あの人が食べてくれているから」という支えがあるからこそ、また、消費者が農家を応援していこうという姿に、どんなにきつい仕事であっても「しっかりやらなければ」という意欲に繋がっている。



そして、なぜ消費者が自然農法産米を求めるのか、また、熱心に研究会の活動を支えてくれている人たちの思いを理解しようと勉強会を継続して行った。その積み重ねの中で、稲を育てる土と人間の身体は同じであり、だからこそ、健康な土づくりをしないと本当に良い物は出来ないという考え方ができてきた。

4. 技術面の取り組み

自然農法の基本の一つに『自然農法で生産された種を用いる』ことがあり、種籾は会員の自然農法圃場から収穫した籾を使用している。毎年、人・圃場を替えて採種している。ゆくゆくは、専用の採種圃場を設けることを考えている。

自然農法で一番苦勞するのは草対策であり（コナギ、クログワイ、オモダカ）、この対策で平成11年から紙マルチ田植機を全面的に導入した。このお蔭で、面積の拡大が可能になった。ただし、紙マルチだけでは完全に抑えることは難しいので、ガス抜きもかねて除草機もしくは手取による除草も行っている。

美味しく安全な米作りについては、有機質資材を活用した土作り、薄蒔き健苗づくり、株間を広くとる疎植栽培を行っている。田植え後は日々稲姿を観察して、水の過不足に注意を払っている。特に、近年は酷暑の夏であり、高温障害を防ぐため、水加減を工夫しており、今年は、稲刈りに備えて水を切る時期になっても未だ切らない圃場があった。稲刈り時の作業性よりも稲の生育を第一に考えた結果である。土作りについては、当初は牛糞堆肥・菜種かす・魚粕由来の有機質肥料を施用していたが、その後^{オー}O157の問題が発生したことにより、平成18年から牛糞堆肥を施用せず、米ぬか・菜種粕・魚粕由来の有機質肥料の施用に切り替えた。栽植密度については、それぞれの圃場条件で変えており、一番疎植の圃場では坪あたり34株で植えている。全員が土壤診断を受けて、それに基づいた土づくりを行い、栽培期間中は生育調査、そして収穫時に収量調査を行い、土づくりの結果を確認している。この取り組みを平成8年から3年おきに行ってきたおり、その結果、理化学性は低下傾向にあるにもかかわらず、収量は減っておらず、玄米品質についても良好であることが確認できている。作土が厚くなって、栽培しやすくなっており、理化学性の数値だけでないもっと大切なものがあることを感じている。これについては、土壤診断及び収量調査を実施している(財)微生物応用技術研究所から次のような考察をいただいている。

『那須黒羽営農研究会では、美味しく安全な米の安定供給に向けて、会員全員が定期的に土壤診断と収量調査および玄米の食味分析（特にタンパク、アミロース）を平成9年から継続して行い、調査結果に基づいた検討会を積み上げながら栽培技術の向上を図っている。この16年間の積み上げの中で見られた傾向として以下の点があげられる。

- ① 収量調査における 10a あたりの収量は平均で 7~8 俵と安定していること。登熟歩合は 80%以上を維持している。
- ② m²あたり株数が少なくなり、風通しや日当たりを意識した疎植栽培になっていること。
- ③ m²あたり穂数が減少し、平均 1 穂粒数が多くなり、もみわら比が高くなっていること。穂数型から穂重型のイネづくりに変化している。
- ④ 管理技術として、投入する有機物量は漸減していること。
- ⑤ 稲わらの分解を目的とした入水前の耕起と栽培期間中の除草作業およびガス抜きを目的とした中耕作業が漸増していること。
- ⑥ 土壤理化学性では、数値の増減は水田ごとに特徴があるため、共通した傾向は見えにくい。その中で特にリン酸の減少が著しいこと。これは過去のリン酸肥料や堆肥施用の影響が見られると考えられる。』

これらの傾向から、栽培をマニュアル化することなく、各生産者が自分の水田の特徴を把握しながらイネに対して最適な管理方法を考え、実践することが、低投入ながらも安定した収量および高品質のコメの生産に繋がっていると考えられる。

出荷時には、農産物検査を受けて、1等米のみ出荷している。単に美味しい、安全と言うだけでなく、その裏付けとして、アミロースとタンパク、重金属（カドミウム）、数十項目に及ぶ残留農薬の検査をしている。その他、水質検査も行った。また、研究会で紙マルチ田植機を

複数台所有して順番に田植えを行ったり、各種資材を研究会で一括購入するなど、生産コストの低減を図っている。

平成 9 年 3 月には環境保全型農業コンクール奨励賞を受賞、平成 11 年産米は第 1 回米食味分析鑑定会(米食味鑑定士協会主催)で食味第一位に輝いた。

現状に甘んずることなく、毎年、先進地を訪問して視察、研究している。自然農法に適した品種育成を目標に、現在、(財)微生物応用技術研究所との共同で育種試験にも取り組んでいる。

5. 出荷体制

平成 15 年春に研究会専用の定温倉庫および精米施設を建て（『こだわりの郷精米所』と命名）、栽培から出荷まで一貫して研究会メンバーが行う体制が出来た。消費者は、交流会時に当施設を見学し、より一層の信頼感を寄せてくれている。また、食事療法を取り入れている人や健康問題に関心の高い人達から栄養価の高い胚芽米や発芽胚芽米の要望があり、専用の精米機を導入した。



食味が大変よく、好評を得ている。平成 20 年には 100 チャンネルの色彩選別機を導入して、本当に良質なもののみを出荷する体制ができた。

6. 地域への広がり

研究会としての活動は活発であり、当会のやっている活動は地域の誰もが知っている。研究会農家のやっていることを真似て、自分のところで食べる野菜を無農薬・有機質肥料で栽培する人が徐々に増えている。米づくりについても、地域のみならず地元農協や市に対して有機の米づくりを積極的に働きかけている。平成 19 年には、研究会の働きかけで地域の農家が減農薬栽培米（肥料は有機肥料のみ、農薬は除草剤 1 回のみ）を開始、現在は 20 名ほどの農家が 40ha の面積で栽培している。

7. 今後の展望

自然農法というのは奥が深い農業だと感じている。単に技術的なことだけでなく、例えていえば子どもを育てることと同じで、子ども一人一人に個性がありそれに合わせて育てていくことと同じように、それぞれの田んぼにも個性がありそれを活かして栽培していくことが求められる。だから、これで良いということはない。毎年、天候や諸々の環境を考慮しながらの米作りはやりがいがあり、誰もが安心して美味しく食べられ、そして健康作りに繋がる米づくりを続けていきたい（美味しい！を超えた米づくり）。自分たちの住む地域に少しでも広げて、人間も田んぼも健康な地域づくりにつなげたい。

第 3 部

有機農業研究の最前線

有機栽培イネ細胞間隙に由来する 微生物の解析と病害防除

高橋 英樹・安藤 杉尋

東北大学 大学院農学研究科

はじめに

有機農業では化学農薬に依存しない食料生産が実現しているが、なぜ有機栽培により病害虫の発生が抑制されるのかについて、十分な理解がなされているわけではない。有機栽培における病害抑制のしくみを詳しく調べることは、さらに安定した有機栽培システムを構築する上でも重要である。様々な要因が作用し合った結果として有機農業が成立しているのであれば、病害抑制効果についても、多面的な視点からの解析が必要であろう。病害抑制に関わる要因をひとつずつ明らかにすることにより、その全体像が明らかになってくるものと思われる。近年、様々な植物内生菌の病害抑制への関与が報告されている(Rosenblueth and Martínez-Romero, 2006; Rodriguez *et al.*, 2009)。有機栽培においては、殺菌剤などを使用しないことにより、植物内生菌叢が多様化しているものと予想される。本研究では、有機農業の成立機構を科学的に解析する第一歩として、イネ細胞間隙に生息する微生物に着目し、有機栽培に特徴的な微生物の解析と病害抑制の可能性について検討を行った。

1. 細胞間隙に生息する微生物とは

植物体の葉表面や細胞組織には様々な微生物が存在し、植物に対して生育促進、病害抑制などの様々な役割を果たしていることが明らかになりつつある(Rosenblueth and Martínez-Romero, 2006; Rodriguez *et al.*, 2009)。これまでは、それら微生物の中で、培養可能なものを中心に研究がなされてきた。しかし、植物の葉表面や細胞間隙で生きている内生菌の中には、培養が難しいものや、培養可能でも休眠により培養不可能な状態(viable but nonculturable, VNC)に移行しているものも多数含まれていることから、これまで、集団を構成する微生物種を総合的に把握するまでには至っていなかった(McDougald *et al.*, 1998; van Overbeek *et al.*, 2004; Rodriguez *et al.*, 2009)。しかし近年、植物組織の細胞間隙中の存在する微生物集団から“まるごと”DNAを単離・解析することにより、培養性状にかかわらず、集団を構成する微生物を解析することが可能になってきた(メタゲノム解析)。したがって、有機栽培と慣行栽培イネの細胞間隙に由来する微生物を従来の培養法により解析することに加え、細胞間隙に由来する微生物DNAをメタゲノム的手法により比較解析することによって、有機栽培イネに特徴的な微生物を包括的に解析することが可能となると考えられる。

2. 有機栽培イネの細胞間隙の生息する内生菌の網羅的解析

イネの葉身および葉鞘組織の細胞間隙に 0.005%Silwet77 を含む滅菌蒸留水を減圧浸漬させた後、細胞間隙に含まれる液体を細胞間隙液として回収し、WaterMaster™DNA purification kit (EPICENTRE, Madison, WI, USA)を用いて ”まるごと” DNA を抽出した。得られた DNA を鋳型とし、細菌 rDNA あるいは糸状菌 rDNA を増幅するプライマーを用いて PCR を行い、増幅断片の塩基配列を次世代シーケンサーにより決定したところ、細菌 rDNA に対しては α -proteobacteria や γ -proteobacteria, *Sphingomonas* sp., *Pseudomonas* sp., *Pantoea* sp., *Microbacterium* sp., *Moraxella* sp., unculturable bacteria などの rDNA に相同性の高い DNA 断片が増幅されていることが確認された。また、糸状菌 rDNA については *Tilletiaria anomala*, *Tilletia iowensis*, *Tilletiopsis penniseti*, unculturable eukaryotes などの rDNA と高い相同性を示したことから、細胞間隙に生息する微生物集団に由来する DNA が抽出できているものと考えられた(Takahashi *et al.*, 2011)。

次に、品種や栽培時期と場所が異なるイネの細胞間隙より抽出した DNA を鋳型として PCR 増幅した微生物 rDNA 断片混合物を、泳動パターンの違いとして検出することができる Denatured gradient gel electrophoresis 法により解析したところ(PCR-DGGE 解析)、異なるイネ品種や栽培地域に比べ、栽培時期の違いにおいて泳動パターンがより顕著に変化していた。したがって、有機栽培イネに特徴的な微生物を見出すためには、異なる栽培時期の有機・慣行栽培イネの細胞間隙に生息する微生物集団の比較解析が必要であると考えられた。

さらに、細胞間隙に由来する微生物 DNA のメタゲノム解析は、難培養性微生物や VNC 状態にある微生物を含む集団を包括的に解析できる利点をもつが、一方で、従来の培養法のように、個々の微生物を生きた状態で単離できるわけではない。したがって、有機栽培のイネ細胞間隙に特徴的な微生物の機能を解析するためには、培養法により単離された微生物の解析と、メタゲノム的手法による解析の両面からのアプローチが必要であると考えられる。

3. 有機栽培イネに特徴的な内生菌と病害抑制

1) 有機栽培イネの葉身・葉鞘組織に特徴的な微生物集団の解析と病害抑制

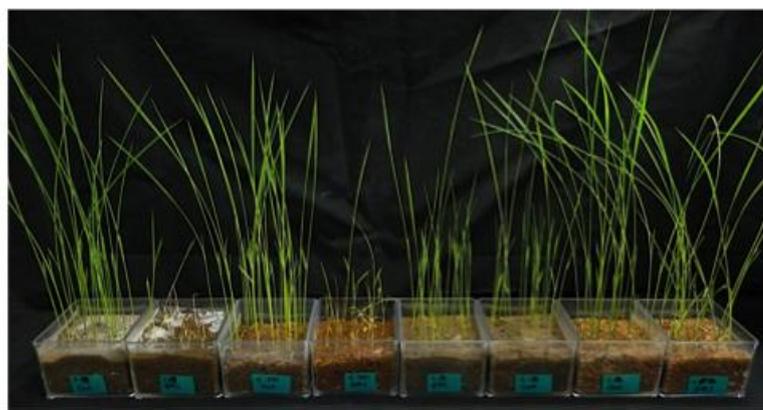
生育時期の異なる有機栽培と慣行栽培のイネの葉身と葉鞘組織から細胞間隙液を採取し、DNA を単離するとともに、一部を NA 培地に塗布して培養した。培養および rDNA 断片の PCR-DGGE 解析を行ったところ、有機栽培イネの細胞間隙液に特徴的な内生細菌がイネの生育初期に比較的多く認められることが確認された。また、培養により単離された細菌の 16S rDNA 断片の塩基配列に基づく分類を行ったところ、有機栽培において特徴的な微生物として *Pseudomonas* sp., *Bacillus* sp., *Curtobacterium* sp., *Acinetobacter* sp.などを見出すことができた。

これまで、イネから単離した *Pseudomonas* 属菌に、いもち病菌の分生子発芽を抑制する抗いもち病菌性抗菌物質の産生や、サリチル酸の蓄積を伴った全身抵抗性を誘導する活性があること

が報告されている (Gnanamanickam and Mew, 1992; Krishnamurthy and Gnanamanickam, 1998)。また、*Bacillus* 属菌も多く多くの植物において全身誘導抵抗性を介して様々な病害に対する抵抗性を高めていることが知られている (Choudhary and Johri, 2009)。本研究においても、単離された *Pseudomonas* sp. について、イネ幼苗の葉鞘組織を用いたいもち病菌の抵抗性を評価した。*Pseudomonas* sp. を処理したイネの葉鞘では、いもち病菌の侵入菌糸が付着器直下の細胞から近傍の細胞に伸展する率が低下し、接種葉鞘内のいもち病菌のバイオマスも減少する傾向が認められた(安藤杉尋・高橋英樹, 2011)。さらに、いもち病菌侵入時の活性酸素生成を DAB 染色によって観察したところ、*Pseudomonas* sp. 処理イネではいもち病菌の付着器直下の染色率が増加していた。すなわち、*Pseudomonas* sp. 処理イネの葉鞘では、いもち病菌の感染を認識後、速やかに活性酸素を生成し、これによっていもち病菌の侵入を遅延させている可能性が考えられた。しかしながら、葉身への噴霧接種では病斑形成に差は認められず、*Pseudomonas* sp. のみでは完全な抵抗性を付与することはできないと考えられた。

2) 有機栽培育苗培土で生育したイネ苗に特徴的な微生物の解析と苗病害の抑制

イネの生育初期において有機栽培に特徴的な内生細菌が単離されていることから、有機栽培育苗培土で育成した苗を用いて、細菌による苗病害に対する抑制効果を検討した。もみ枯細菌と苗立枯病細菌をそれぞれ接種したイネ籾を、3種類の有機栽培育苗培土に播種し、苗腐敗症状の発生を調べたところ、あらかじめ熱処理を施した培土以外は、



イネもみ枯細菌
細菌接種

—	+	—	+	—	+	—	+
慣行育苗土		いなほN 無肥料培土		宮城県涌谷町 有機育苗土		福島県石川町 有機育苗土	

図1 有機育苗培土のイネもみ枯細菌病抑制効果
イネ籾にもみ枯細菌を接種後、培土に播種した。「いなほN無肥料培土」は製造過程で熱処理がなされている。

症状の抑制効果が認められた。さらに、この効果は培土のオートクレーブ処理により失われたことから、育苗培土中に存在する何らかの生物的要因により、病気の発生が抑制されたものと推察された (図 1)。

そこで、有機栽培育苗培土で培養したイネの内生菌に着目し、地上部組織の細胞間隙抽出液から培養法により内生菌を分離し、16S rDNA 配列解析により慣行栽培区と内生細菌叢の比較を行ったところ、*Bacillus* sp., *Curtobacterium* sp., *Microbacterium* sp. と推定される細菌類に有機栽培に特徴的なものが存在した。さらに、これらの細菌を、滅菌処理した慣行栽培培養土に処理することで、有機栽培育苗培土で観られた病害抑制効果と同様の効果が認められた (図 2)。したがって、有機

栽培育苗土に含まれる微生物が、イネもみ枯細菌病などを抑制するはたらきを持つ可能性が考えられた。

おわりに

本研究により、有機栽培イネの葉身・葉鞘組織には、特徴的な微生物が存在し、イネもみ枯細菌病などの抑制に関わっている可能性が明らかになった。有機栽培は、様々な要因が複合的に関わりあって、化学農薬に依存しないイネ栽培が可能となっているものと推察できる。したがって、有機栽培イネ体内に特徴的な微生物は、有機栽培の成立要因のひとつとして役割を担っているのかもしれない。

それらの微生物が、有機栽培イネにおいてどの程度の普遍性をもって存在するのかを明らかにすることは、今後の課題であろう。また、今回は解析対象としなかった、有機栽培に特徴的な内生糸状菌や難培養性微生物が、病害抑制効果を持つ可能性についても検討が必要である。

有機栽培における病害抑制は、複合的な要因によるものと考えられることから、内生微生物による病害抑制が、環境などの要因により変動されることも十分予想される。有機栽培の科学的な研究は未だ十分ではないことから、さらに多面的なアプローチにより、有機栽培を成立させている機構が明らかになることを期待したい。

引用文献

安藤杉尋・高橋英樹 (2011) 「有機栽培イネ細胞間隙に由来する微生物の解析と病害防除」 (Analysis of endophytes from intercellular fluid of organically-grown rice plants and its effect on disease tolerance) 土と微生物 (Soil Microorganisms) Vol. 65 No. 2, pp. 100~103.

Choudhary, D.K. and Johri, B.N. (2009) Interactions of *Bacillus* spp. and plants - With special reference to induced systemic resistance (ISR). *Microbiol. Res.* 164: 493-513.

Gnanamanickam, S.S. and Mew, T.W. (1992) Biological control of blast disease of rice (*Oryza sativa* L.) with antagonistic bacteria and its mediation by a *Pseudomonas* antibiotic. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 58: 380-385.

Krishnamurthy, K. and Gnanamanickam, S.S. (1998) Induction of systemic resistance and salicylic acid accumulation in *Oryza sativa* L. in the biological suppression of rice blast caused by treatments with *Pseudomonas* spp. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 14: 935-937.

McDougald, D., Rice, S.A., Weichert, D. and Kjelleberg, S. (1998) Nonculturability: adaptation or debilitation? *FEMS Microbiol.Ecol.* 25: 1-9.

Rodriguez, R.J., White, J.F. Jr., Arnold, A.E. and Redman, R.S. (2009) Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New Phytol.* 182: 314-330.

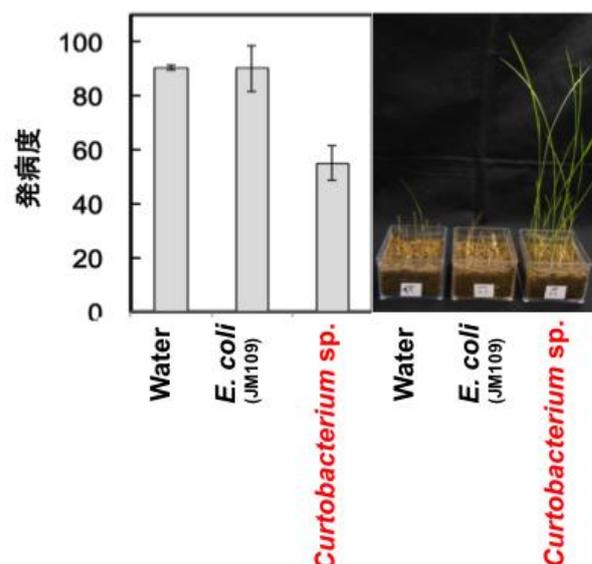


図2 有機栽培育苗土で栽培したイネより単離した細菌によるもみ枯細菌病の抑制

- Rosenblueth, M. and Martínez-Romero, E. (2006) Bacterial endophytes and their interactions with hosts. *Mol. Plant Microbe Interact.* 19: 827-837.
- Takahashi, H., Sekiguchi, H., Ito, T., Sasahara, M., Hatanaka, N. Ohba, A., Hase, S., Ando, S. and Takenaka, S. (2011) Microbial community profiles in intercellular fluid of rice and their variation during stages of growth. *J. Gen. Plant Pathol.* 77: 121-131.
- van Overbeek, L.S., Bergervoet, J.H.W., Jacobs, F.H.H. and van Elsas, J.D. (2004) The low-temperature-induced viable-but-nonculturable state affects the virulence of *Ralstonia solanacearum* biovar 2. *Phytopathology* 94: 463-469.

木村秋則氏が実践する リンゴの自然栽培の可能性

柳沼 勝彦

(独)農研機構・果樹研究所

はじめに

我が国におけるセイヨウリンゴ栽培は明治時代に米国から導入されたのが始まりである。その頃の栽培は病虫害との闘いであり、記録に残っているものだけでもモニリア病、リンゴワタムシ、モモシクイガ、ふらん病等の病虫害により収穫皆無あるいは伐採を余儀なくされた園地が続出している。リンゴは極めて害虫数が多く、これまで 250 種以上の害虫が記録されており、これは日本で栽培されている果樹の中で最も多い数である。また、雨が多く湿度が高いため、糸状菌による病気が葉、果実、幹、根に発生しやすく、深刻な問題になる。そのため、おいしいリンゴを安定して生産するためには化学農薬の使用が不可欠で、無農薬による経済的栽培は不可能とされている。1978 年、木村秋則氏は不可能とされていたリンゴの無農薬栽培に着手し、紆余曲折を経て 9 年目にして「奇跡のりんご」が誕生した。その後マスコミに取り上げられ話題になったのは記憶に新しい。

平成 21 年度から農林水産省委託プロジェクト「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発・低投入・循環型食料生産の実現に向けた技術開発」の B-3 系「省資源型農業の生産技術体系の確立（有機農業型）」に弘前大学、（地独）青森県産業技術センターりんご研究所、（独）農研機構・果樹研究所が参画し、この「奇跡のりんご」が成立している要因を、科学的に解明するとともに、その再現可能性を検証することを目的として取り組んできた。

1. リンゴの自然栽培

木村秋則氏が実践する自然栽培とは、氏の著書によれば「農薬にとどまらず、肥料や堆肥さえも使わずにできる農法」としており、一般的な有機 JAS とは一線を画している。リンゴの自然栽培において使用するのは基本的には食酢と果実袋だけである。他の作業として剪定時期にふらん病感染枝の除去や大枝については病斑部を削り取りわさびの抗菌成分を含有する「樹木の味方」を塗布するなどの処置をする。また、春先にモニリア病に感染した花（果）そうや葉を摘み採り、見かけた害虫を捕殺する。6 月にシクムシ防除のためすべての幼果に果実袋を掛ける。除草剤はもちろん使用せず、草刈りを秋口に一回行うだけである。「奇跡のりんご」が成立する要因解明のため、果樹研リンゴ研究拠点内に木村氏の自然栽培を模倣した区（以下 K 園模倣区）、対照として食酢も散布しない無農薬園、慣行防除園を 3 年前に開設した。食酢（ミツカン清泉 15、酸

度 15%) は 5 月から原則 10 日間隔 9 月中旬まで計 13~14 回手散布した (表 1)。初年度は氏の指導により、列間にコムギと大豆を播種した。コムギは深く根を張るため、土壌を深く耕す効果を、また、大豆は根粒菌による窒素供給効果を期待している。

表 1 各試験区における使用防除剤と散布時期(2011 年)

散布日	慣行防除区	散布日	K 園模倣区
4/14	ベフラン液剤 25(×1,000)		
4/25	ハーベストオイル(×200)		
5/11 (開花直前)	アンビル F(×1,000)	5/11 (開花直前)	食酢(×100)
5/26 (落花直後)	オンリーワン F(×2,000) ダーズバン DF(×3,000)	5/26 (落花直後)	食酢(×500)
		6/6	食酢(×400)
6/8	摘果剤:マイクロデナポン水和剤(×1,200 倍)		
6/13	ジマンダイセン水和剤(×600)		
		6/15	食酢(×200)
		6/24	食酢(×100)
6/26	ユニックス Z 水和剤(×500) モスピラン水溶剤(×4,000)		
		7/5	食酢(×150)
7/11	ユニックス顆粒水和剤 47(×2,000) トップジン M 水和剤(×1,500) スミチオン水和剤(×1,000)		
		7/14	食酢(×250)
7/21	パスポート F(×1,000) バイスロイド EW(×2,000) 殺ダニ剤:オサダン F(×2,000)		
		7/25	食酢(×200)
8/4	フリント F(×2,000) 殺ダニ剤:スターマイト F(×2,000)	8/4	食酢(×150)
		8/15	食酢(×100)
8/25	ベフラン液剤 25(×1,500)	8/25	食酢(×150)
		9/5	食酢(×200)
9/15	ストロビーDF(×3,000)	9/15	食酢(×100)

2. 模倣園における経過概要

1 年目は模倣園が前年度まで慣行防除園であったことから、着花（果）数は対照となる慣行防除区とほぼ同じであった。病害では黒星病、斑点落葉病、褐斑病が多発し、特に褐斑病による早期落葉は果実肥大および品質に大きく影響を及ぼした。また黒点病、すす点病、すす斑病も多発し果面の汚れが顕著であった。害虫についてはマイマイガやカシワマイマイが多発し葉の食害が目立った。またカシワマイマイによる果実被害も認められた。モモシクイガの被害は有袋果ではほとんど見られなかったが、無袋果はほとんどが被害果であった。収穫果は早期落葉の影響で極小、低糖度の果実がほとんどであった。

2 年目は前年の褐斑病による早期落葉の影響で花芽が少なく、結実数が激減した。病害では食酢を前年よりも約 2 倍の濃度で散布したが、1 年目同様黒星病、斑点落葉病、褐斑病が多発し、特に褐斑病による早期落葉が顕著であった。またモモシクイガについては前年無袋果で大発生したため越冬世代の密度が高く、6 月の高温の影響で成虫の発生が早まり、果実袋を掛けた 6 月中旬には既にほとんどの幼果に産卵されていた。そのため果実袋の効果は全く見られなかった。モモシクイガ被害を逃れたわずかな収穫果は早期落葉の影響で昨年同様極小、低糖度の果実がほとんどであった。

3 年目は前年結実数が激減した影響で着花数が回復した。病害では黒星病、褐斑病が多発し、3 年連続で褐斑病による早期落葉が顕著であった。ただ 10 月上旬でも徒長枝を中心に葉が残存し、1 年目、2 年目とは様相が少し異なった。2 年間モモシクイガが大発生した影響で園全体の密度が高まり、越冬世代の成虫が多発生した。前年度より 10 日早く（6 月上旬）袋掛けを行ったが、その時点で既に産卵が見られ、被害が多かった。ただ、袋掛け以降に発生した成虫は産卵可能な果実がないため、次世代の成虫数は減少した。早期落葉のため昨年同様果実品質に影響があったが、過去 2 年間と比較して果実品質は向上した。

青森県りんご研究所の調査では、この 3 年間の木村氏のリンゴ園で問題となった病害虫は、モニリア病、黒星病、褐斑病、モモシクイガであった。

3. 食酢の効果

自然栽培で使用される食酢の防除効果について、検証を行った。3 年間行った試験では、食酢を定期的に散布した模倣園において黒星病、斑点落葉病、褐斑病が多発したことから、防除効果は低いと考えられる。病害担当の伊藤によれば、食酢の病害防除効果は斑点落葉病の場合‘スターキングデリシャス’で防除価 40.9、‘ふじ’は 0 であった。また黒星病に関しては‘ふじ’葉で防除価 53.3、‘ふじ’幼果で 66.8 であり、いずれも防除効果は低かった。黒点病やすす斑病に対しては 100 倍、250 倍の食酢を 10 日感覚で連続散布した場合低い防除効果（防除価 50～60）が認められた。害虫に関しては、リンゴハダニ、アブラムシ類に対する食酢の散布試験を行った

が、効果は認められなかった。模倣園において多くの害虫発生が見られたことから、食酢の防除効果は低いと考えられる。

4. 果実袋の効果

果実袋は明治期からシンクイムシ類の防除を目的として利用されてきており、モモシンクイガに対する防除効果は確認されている。モモシンクイガは通常6月上旬に越冬世代成虫の初発生がみられ、6月下旬から7月上旬にかけて産卵ピークがみられる。3年間の結果から、果実袋を掛ける適期は、遅くとも6月上旬であると考えられた。なお、弘前市の自然栽培園では例年6月下旬頃までに果実袋を掛けているが、モモシンクイガの被害果が目立っている。病害では、すす斑病に対して低い防除効果（防除価30～40）が認められた。

5. 害虫発生と被害

模倣園には主要害虫のフェロモントラップを設置し、また定期的見取り調査、ハダニ類についてはブラッシング法による調査を継続している。その結果模倣区では慣行防除区と比較して害虫の種類や数が多いことが予想通り明らかになった（表2）。これらの害虫のなかで、年々密度が増加し問題が深刻化している害虫として、リンゴハマキクロバとナシマルカイガラムシがあげられる。前者は春先に越冬幼虫が発生し、新芽や花芽を食害するため、樹のダメージは大きく、場合によっては枯死に至る。後者は、主に枝や果実に寄生し樹を衰弱させる。密度が高まると枯死に至る場合が多い。通常防除として春先のマシン油乳剤散布が効果的であるが、木村氏は天ぷら油と石けん水の混合液で代用している。

この他の害虫については多少の被害があっても深刻な問題にはならなかった。その要因として害虫の増加とともに、天敵が増加したことがあげられる。例えばキンモンホソガの密度が高まると、天敵であるキンモンホソガトビコバチ等の寄生蜂の寄生率が高まることが確認されている。また、見取り調査で害虫を採集し室内飼育すると、幼虫が寄生蜂や寄生蠅に寄生され羽化に至らない場合が多かった。さらに、模倣区には慣行防除区に比べクモ類が多く生息していることも確認された。

6. 自然栽培の可能性

科学的解明研究は緒についたばかりで、自然栽培の問題点が抽出された段階である。模倣区における3年間の調査で明らかになったことは、岩手県盛岡市にある模倣区に限って言えば早期落葉を引き起こす褐斑病対策なしに、リンゴの自然栽培は困難であるということである。木村氏の著書で自然栽培に着手した1年目は斑点落葉病、ハマキムシ類、シャクトリムシ類による繰り返しの落葉が最も問題になったと指摘している。模倣区の1年目の様相とは若干異なっている。このように自然栽培を行うリンゴ園の環境やその年の気象条件により深刻な問題となる病害虫が異

なることから、自然栽培における病虫害防除対策の汎用的な技術を見出すのは困難かもしれない。「奇跡のりんご」誕生までに9年間を要しており、わずか3年しか経過していない模倣区が今後どのような展開になるかは予測がつかないが、継続調査を行い、再現可能性を検証する予定である。

表2 模倣区における害虫発生調査(2011年)

調査日	試験区	採集虫数	種類
5月20日	食酢区	37	リンゴハマキクロハ、トビハマキ、リンゴアオナミシャク、バラモンハマキ、ムモンヒロハキバガ、ヨモギエダシャク
	無農薬区	26	ムモンヒロハキバガ、リンゴシロヒメハマキ、リンゴハマキクロハ
	慣行防除区	2	ツツリモンハマキ
6月10日	食酢区	15	イタヤキリガ、カクモンハマキ、ネスミエグリキバガ、ウメエダシャク
	無農薬区	11	トビハマキ、カクモンハマキ、ミノガ、イタヤキリガ、フタテンヒロハキバガ
	慣行防除区	0	
7月1日	食酢区	40	ヨモギエダシャク、ウメエダシャク、サクラケンモン、オオトビスジエダシャク、リンゴハマキクロハ、ゴマフシロキバガ
	無農薬区	10	ヨモギエダシャク、キンモンハモグリガ、オオトビスジエダシャク、キンモンホソガ
	慣行防除区	16	キンモンホソガ、アカクビナガオトシブミ、ヨモギエダシャク、オオトビスジエダシャク
7月22日	食酢区	25	ムラサキイラガ、テンキイラガ、リンゴハマキクロハ、リンゴモンハマキ
	無農薬区	21	ムラサキイラガ、ヨモギエダシャク、キンモンハモグリガ、アカクビナガオトシブミ
	慣行防除区	2	卵
8月10日	食酢区	28	ヨモギエダシャク、シロシャチホコガ、アトホシハマキ、ムラサキイラガ、トビハマキ
	無農薬区	13	ヨモギエダシャク、シメシロモントクガ、クサキカメムシ、アカクビオトシブミ
	慣行防除区	1	アカクビオトシブミ
9月5日	食酢区	19	キンモンハモグリガ、サクラケンモン、ムラサキイラガ、シロシタヨトウ
	無農薬区	9	シロシタヨトウ、ハスモンヨトウ、ナシケンバイ
	慣行防除区	4	シロシタヨトウ
9月26日	食酢区	86	ナシケンモン、キンモンハモグリガ、ミノガ、キンモンホソガ
	無農薬区	78	ミノムシ、キンモンホソガ
	慣行防除区	7	キンモンホソガ
10月18日	食酢区	179	キンモンホソガ、ヨトウガ
	無農薬区	73	キンモンハモグリガ、キンモンホソガ、
	慣行防除区	53	キンモンハモグリガ、キンモンホソガ、

* 各区全樹(8樹)を調査対象とし、30梢/樹を見取り調査し、害虫を採集し、室内飼育後、羽化成虫により種の同定を行った。

おわりに

現段階で、自然栽培の成立要因の科学的解明や再現可能性の検証は十分に行われていないが、弘前大学では葉圏微生物と病害発生の関係について、青森県りんご研究所では自然栽培園における病害虫の発生動向やリンゴ樹の生育特性及び土壌特性についての研究が進められており、成立要因が明らかになりつつある。さらに青森県内にある有機 JAS 栽培園も調査対象に加え、研究を加速させている。

自然栽培の再現の近道として病害虫抵抗性品種の利用が考えられる。リンゴにおいては、斑点落葉病や黒星病抵抗性品種がすでに育成されている。本研究で最も問題となった褐斑病については残念ながらまだ抵抗性品種は育成されていない。今後の病害複合抵抗性品種育成に期待したい。

参考文献

- 1) 木村秋則 (2007) 自然栽培ひとすじに. 創森社
- 2) 石川拓治 (2008) 奇跡のリンゴ 「絶対不可能」を覆した農家 木村秋則の記録. 幻冬舎

ジャガイモの有機栽培技術の開発

仲川 晃生

(独)農研機構・中央農農業総合研究センター（現：農研機構・本部）

1. はじめに

2006年に有機農業推進法が制定され、各地において有機農業が政策的に進められている。農研機構においても、有機農業への新規参入者に対する利用技術開発を目的に、委託プロジェクト（気候変動プロ（旧省資源プロ））の中で様々な有機農業技術の解明・開発研究を行ってきた。著者らはこのプロジェクトの中で、大都市圏を背景とした関東地域でのジャガイモ生産における有機JASに適合した病害防除法の開発を行ってきた。化学農薬・肥料の使用が制限される有機栽培でのジャガイモ生産では、地上部では疫病および地下部（塊茎）ではそうか病の発生が大きな問題である。このため、有機農業での利用が図られる拮抗微生物（市販微生物農薬、納豆）等のこれら病害に対する防除効果について；圃場条件下で検証した。

本研究は気候変動プロ（B3系有機農業型、旧省資源プロ）の予算で行ったものであり、研究遂行に当たり、出光興産株式会社、タカノフーズ株式会社、茨城県農業総合センター農業研究所の協力を得た。

2. ジャガイモ疫病防除試験

1) 耕種概要

試験は2009年秋～2011年春において行い、春作（植付：4月上、掘取：7月中）および秋作（植付：9月上、掘取：11月下）とも露地条件下で試験した。ジャガイモ（品種：ニシユタカまたはトヨシロ）は、畦間60cm×株間25cmの栽植密度とし、試験区は1区6m²（2m×3m）、30株/区、3反復で配置した。基肥に堆肥600kg/10a、化成肥料（くみあい尿素有機入りジャガイモ専用10-16-14）120kg/10aおよび苦土石灰60kg/10aを施用した。

2) 供試薬剤等

試験回次により異なるが、微生物農薬として市販される4種（B.サチルス菌水和剤、T.フラバス菌水和剤、T.アトロビリデ菌水和剤、バチラス菌・銅水和剤、以上何れもジャガイモ疫病には登録なし）および銅水和剤に加え、納豆調整水（タカノフーズ製おかめ納豆50gをすり潰し加水し3Lに調整）ならびに慣行防除薬剤としてマンゼブ・メタラキシル水和剤またはマンゼブ水和剤を用いた。何れの試験回次でも、薬剤は疫病の初発生前から週毎に200L/10a（納豆調整水は約170L/10a）の割合で、合計4回散布した。調査は毎回1区30株について以下の基準に従って程度別に発病を調査し、最終散布1週間後に発病度から防除価を算出して効果を判定した。

発病指数 A:葉はほとんど枯死、ときには茎部も枯死する。 B:ほとんどの葉が発病、枯死葉がかなり多くみられる。 C:ほぼ半数の葉が発病、ときには一部の葉が枯死する。 D:1/4程度の葉が発病。

発病度 = $100 \times (4A + 3B + 2C + D) \div (4 \times \text{調査株数})$

防除価 = $100 \times (\text{無処理区の発病度} - \text{処理区の発病度}) \div \text{無処理区の発病度}$

3) 試験結果

2009 年秋作試験（疫病中発生）では、無散布区の発病状況は、薬剤の最終（第 4 回）散布時には発病株率で 86.7%に達し、効果判定時には発病株率 100.0%、発病度 38.3 中発生となった。薬剤は疫病の初発確認前からの散布となった。この中で、銅水和剤（400 倍、防除価 71.0、ジャガイモ疫病に登録あり）および T.アトロビリデ剤（200 倍、防除価 79.1）は、慣行化学薬剤であるマンゼブ・メタラキシル水水和剤（防除価 79.6）と同等の効果を示した。これに対し、T.フラバス剤（500 倍、防除価 11.5）および B.サチルス剤（500 倍、防除価 24.5）では効果が低かった。また、2010 年春作試験（疫病少～中発生）では、B.サチルス剤（250 倍、防除価 89.7）、T.フラバス剤（250～500 倍、防除価ともに 79.4）およびバチラス・銅水和剤（250～500 倍、防除価 87.5～97.8）の散布は高い効果を示し有効であった。しかし、2011 年春作試験（疫病甚発生）ではバチラス・銅水和剤（500～2000 倍、防除価 36.2～16.9）の散布は効果が低かったが対照のマンゼブ・メタラキシル水水和剤（防除価 42.7）も十分な効果は得られず、激発条件下では効果が不十分になるものと考えられた。一方、納豆調整水では、疫病の甚発生条件下となった 2011 年春作試験では、納豆調整水のジャガイモ疫病に対する防除価は、慣行薬剤の半分程度となり、納豆調整水では、疫病の発生が急激な甚発条件下では十分な防除ができない可能性があると考えられた。しかし、発病推移を見てゆくと、納豆調整水散布区では慣行薬剤区と無処理区との中間程度の発病推移を示し、塊茎肥大期におけるジャガイモの生育を確保する上で有効であると考えられる。

3. ジャガイモそうか病防除試験

ジャガイモ有機栽培で発生する主要な土壌伝染性病害であるそうか病防除のため、農薬登録を有しない市販微生物農薬の種いも消毒効果、および拮抗微生物やふすまを圃場処理することによるそうか病防除効果について圃場条件下で検討した。

1) 試験方法

(1) 種いも消毒効果

中央農業総合研究センター（以下、中央農研と略）内において、ジャガイモ（品種：ニシユタカまたはデジマ）を用いて試験した。耕種概要は前述通りである。圃場は予めクロルピクリン薫蒸剤（30L/10a）で土壌消毒した。供試薬剤等には B.サチルス菌水和剤（50・100 倍）や納豆調

整液（6 または 9 パック（50g/パック）の納豆に水を加えて磨り潰し 5L に調整）を使い、種いもを瞬間浸漬させた後、室内にて風乾させた後圃場に植え付けた。対照薬剤にはストマイ剤（オキシテトラサイクリン・ストレプトマイシン水和剤、40 倍）を用いた。調査はジャガイモの収穫時に塊茎を掘り取り後、1 区 20 株について以下の基準に準じて程度別に発病を調査し、発病度を算出した。

$$\text{発病度} = 100 \times \Sigma (\text{発病指数} \times \text{塊茎数}) \div (5 \times \text{調査塊茎数})$$

指数 0：病斑無し、1：病斑面積が塊茎表面積の 1%未満、2：病斑面積が塊茎面積の 1%～10%未満、3：病斑面積が塊茎面積の 10%～25%未満、4：病斑面積が塊茎面積の 25%～50%未満、5：病斑面積が塊茎面積の 50%以上

(2) 土壌伝染防止効果

中央農研内ジャガイモそうか病自然発生圃場を用いた。ジャガイモは、上述種いも消毒効果試験に準じて暖地品種を使用した。種いもはストマイ剤で消毒を行った。栽植密度、施肥、区制、供試面積等前述の通りである。供試資材・薬剤等には、納豆（市販品、100・200kg/10a）、バチラス菌資材 2 種（以下バチラス資材 1、2 と略、出光興産試作品、100・200kg/10a）、トリコデルマ属菌資材（以下トリコ資材 1、2、3 と略、出光興産試作品、100kg/10a）、ふすま（600kg/10a）およびクロルピクリン剤（30L/10a）を用いた。クロルピクリン剤は手動式点注器により処理し、その他の資材等は所定量を圃場へ鋤込んだ。

調査はジャガイモの収穫時に塊茎を掘り取り後、1 区 30 株について前述基準に準じて程度別に発病を調査し、発病度を算出した。

2) 試験結果

(1) 種いも消毒効果

そうか病の発生は、無処理区の種いも伝染程度は無処理区の発病塊茎率で 16.5%、発病度で 4.2 となる小発生条件下での試験となった。慣行薬剤であるストマイ剤が 54.8 と低い防除価を示す中、B.サチルス菌水和剤は 50 倍濃度で防除価 71.4 とストマイ剤よりも高い効果を示したが、同剤の 100 倍濃度では効果が全く認められなかった。納豆調整水のジャガイモそうか病種いも消毒効果は、品種ニシユタカでは、納豆調整水（6p）で 50.7 と対照ストマイ剤（防除価 60）よりやや落ちる程度の効果を示した。しかし、納豆調整水（9p）では防除価 35.5 と低かった。一方、品種デジマでは対照ストマイ剤が防除価 90.2 を示す中、納豆調整水（9p）は防除価 56.1 を、また、納豆調整水（6p）は同価 54.9 と対照ストマイ剤に比べ効果は低い、無処理区に比べて発病を半分程度に抑制しでき、一定の効果が見られた。

(2) 土壌伝染防止効果

そうか病の発生は無処理区の発病程度が発病塊茎率で 99.2%、発病度で 54.8 となる多発生条件下での試験となった。ふすま処理区（防除価 74.3）で対照クロルピクリン剤（防除価 77.7）と

同等の効果を示したほか、納豆(防除価 48.0)、バチラス資材 2 (100kg、200kg) (防除価 46.9、58.6) 等も、効果が認められた。また、ジャガイモの出芽率は、無処理区が 100%の出芽率を示す中、納豆、バチラス資材 1 (200kg)、バチラス資材 2 (200kg) およびトリコ資材 3 処理区で若干の低下が認められた(出芽率 95.0~98.3%)。一方、納豆処理試験のジャガイモそうか病の発病程度は、無処理区の発病塊茎率で 84.6%、発病度で 37.0 の中発生条件となった。対照薬剤のクロルピクリン剤が防除価 95.1 を示す中、納豆処理区は 100kg/10a 区で防除価 43.0、200kg/10a 区で 47.0 の価を示した。納豆の処理量の違いによる効果の差は認められなかったが、発病程度を無処理の半分程度に軽減することができ、有効であると考えられた。

以上の結果、ジャガイモそうか病は B.サチルス菌水和剤や納豆調整液で高い種いも消毒効果が認められ有効であると考えられた。また、納豆の圃場施用はそうか病の土壌伝染も軽減することが確認できた。

4. おわりに

現行、有機栽培でも有機 JAS においては疫病に対する防除として銅水和剤の使用が認められている。しかし、これはあくまで緊急避難的な措置として使用を躊躇する有機栽培実践者が多いのも事実である。しかし、ジャガイモ疫病の被害は塊茎が肥大する栽培後期に発生し被害を生じるため、この時期にいかに緑の葉を残すことが出来るかは、後の収量を確保する上での重要なポイントとなる。今回の一連の研究の中では、ジャガイモ疫病に対しては、現時点では農薬登録はないものの、市販の生物農薬や納豆の調整液により軽減でき、また、そうか病に対してはふすまなどの有機物や納豆の鋤き込みにより軽減できることが明らかにできた。生物農薬や納豆調整液をジャガイモ疫病の防除として用いる場合は農薬登録の必要が生じると考えられるが、ふすまや納豆の鋤き込みでは「施肥」設計の中に肥料として組み込むことで、現状直ちに利用することが可能である。今後はそうか病に対する納豆等の有機物の利用方策について使用の場面での改良・検討を進めるとともに、疫病に対しては銅水和剤の使用量低減を目的とした、製剤の改良や納豆菌などの拮抗微生物との組み合わせなど、環境への負担の少ない剤を用いることで、疫病とそうか病の防除を中心としたジャガイモの有機栽培技術の開発と普及が図れるものとする。

九州における二毛作体系（水稻-麦）の 有機栽培技術について

森 則子

佐賀県農業試験研究センター

はじめに

佐賀県では、有機農業に取り組む農家への技術支援を強化するために、2008年から有機農業に関する試験研究の体制整備と強化を行っている。演者らは、県内で実践されている有機農業の実態の聞き取りや圃場調査を行い、これらの調査で明らかとなった個別技術の検証・改良を経て、技術の体系化と現地実証を実施した。ここでは、これまでの研究で得られた水稻-麦の二毛作体系における有機栽培の実態と個別技術について紹介する。

1. 二毛作体系（水稻-麦）における有機栽培の実態について

(1) 水稻有機栽培の収量

水稻の有機栽培圃場 19 筆（2009 年）と 14 筆（2010 年）を調査した結果、雑草発生、病害虫発生および収量が圃場で大きく異なっていた（表 1）¹⁾。

精玄米重は、慣行比の約 70～85%でその収量構成要素の中で主に穂数が少なかった（図 1）。穂数が多い圃場は大豆跡や冬作を作付した圃場で、穂数が少ない圃場は、無肥料栽培、栽植密度が小さい圃場、雑草が多発した圃場であった。これら圃場での肥料の低投入や疎植栽培の意向は、病害虫の多発を懸念してであったが、これら栽培方法が収量低下をもたらしているものと考えられた。

収量構成要素の一つである登熟歩合も穂数と同様に変動がみられたので、 m^2 当たり籾数と登熟歩合との関係をみた。一般に m^2 当たり籾数が多いと登熟歩合が低下することが明らかにされているが、その想定される曲線から外れた圃場が両年とも数筆認められた。これら圃場は、残草量や病害虫発生が多かったことから、これらの被害により登熟歩合が低下したものと考えられた。

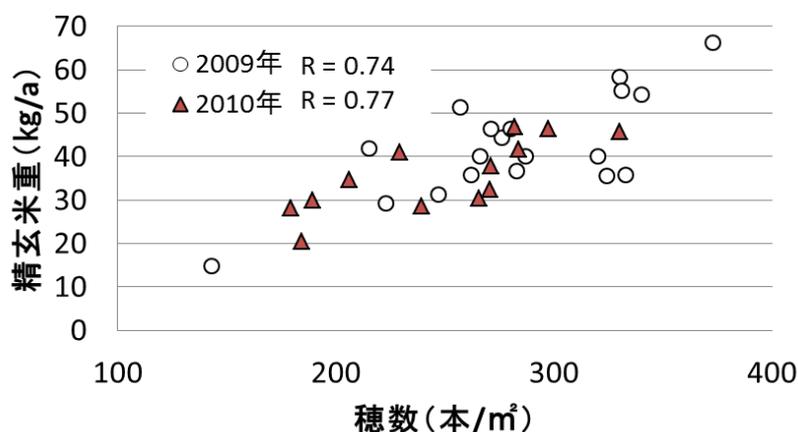


図 1 水稻有機栽培圃場における穂数と精玄米重との関係

表 1 水稲有機栽培における収量構成要素、収量および病害虫の発生状況

調査年	穂数 (本/m ²)	籾数		登熟 歩合 (%)	玄米 千粒重 (g)	わら重 (kg/a)	精玄 米重 (kg/a)	屑粒 歩合 (%)	蛋白含 量 (%)	トビイロウ ンカ (頭/株)	コノメカ 被害率 (%)	フタオビ 被害率 (%)	紋枯病 圃場被 害度
		一穂粒	粒/m ²										
2009年(n=19)	282	80.6	22952	83.3	21.6	57.0	42.3	6.4	6.7	18.3	—	—	10.5
(標準偏差)	(54)	(10)	(6152)	(7.7)	(1.1)	(13.9)	(11.7)	(12.5)	(0.6)	(37.1)			(16.9)
2010年(n=14)	248	79.1	19607	81.9	22.1	51.2	35.7	6.8	7.1	19.5	7.0	7.2	33.3
(標準偏差)	(48)	(9.4)	(4152)	(7.8)	(0.9)	(11.5)	(8.3)	(5.5)	(0.6)	(37.7)	(7.4)	(11.2)	(30.7)

(2) 水稲有機栽培における雑草発生

除草手段は、複数回代かき、深水管理、米ぬか施用あるいは機械除草などの技術が組み合わされていた。米ぬかの散布量は 30~200 kg/10a と幅広く、また施用時期も移植前や移植後2週間までと多様であった。機械除草は、動力が爪方式の除草機が主に使用され、それらの圃場では株間の残草が多く、株間への除草が課題であった。残存雑草種は、圃場や年度で異なったが、主にコナギやノビエが優占していた。また、両年とも顕著に残草が認められない圃場が 5~6 筆あった。これら圃場は、スクミリンゴガイが生息する圃場であったことから、スクミリンゴガイの摂食²⁾による影響と考えられた。また、住吉ら(2012)⁸⁾は有機栽培におけるスクミリンゴガイ生息圃場は、雑草の埋土種子量が少ないことを明らかにしており、雑草の出芽数が少ないことも要因の一つと考えられる。一方、スクミリンゴガイ未生息圃場は、生育期や成熟期にも雑草が見られ、手取除草時間は平均約 34 時間/10a 以上と多大な労力を要していた。

(3) 水稲有機栽培における病害虫発生

1) トビイロウンカ

第三世代の発生頭数が 0.1 頭/株以下から 100 頭/株以上の圃場があり、坪枯れも複数箇所で見られた。発生が多かった圃場は移植時期が早く、7 月までの初期生育が旺盛な圃場であった。これは、山中ら(1989)⁴⁾、寒川ら(1996)⁵⁾が報告した移植時期が早い水田ほどトビイロウンカが多い傾向と一致している。その他、トビイロウンカの天敵であるウンカシヘンチュウ⁶⁾の寄生が認められた圃場で発生頭数が著しく少なかった事例も認められた。

2) 紋枯病

紋枯病の圃場被害度 20 を超える圃場は、2009 年は 2 筆、2010 年は 7 筆認められた。品種は異なるが被害度が 20 を超えると 5%以上の減収がともなう⁷⁾とされていることから、紋枯病の多発が、収量低下の要因の一つになっていると推察された。発生の変動要因をみると、生育後半の水稲生育が旺盛な圃場で被害度が高い傾向が認められた。

(4) 大麦有機栽培の実態

大麦の有機栽培圃場 3 筆の実態調査を 2 ヶ年行った。平均収量は、280 kg/10a で慣行の約 7 割であった。施用資材は鶏ふん類、施用窒素量は全窒素として 10~14 kg/10a で推定された肥効窒

素量は 4～7 kg/10a と慣行の約半分と少なかった。3 月下旬の幼穂形成期から登熟期にかけて、明らかに葉色が淡くなり、収量低下の要因の一つに肥料の低投入による栄養不足があると考えられた。この資材の低投入の理由は、コストの低減や登熟期間の倒伏防止であったことから、今後、増収を目指すためには、有機質肥料を用いた施肥技術（資材選択、量、コスト削減、省力化）が今後の課題である。冬作の有機質肥料による施肥は、後作の水稻の生育にも大きく影響することから周年、さらに複数年の地力変化についての検討も必要である。

雑草対策は、晩播とカルチによる土入れが実践されていた。しかし、土入れ時にカルチの爪が作用しない条間や畦肩に残草量が多く、スズメノテッポウやヤエムグラが優占種として残った。

2. トビイロウンカの被害を回避するには ～水稻の生育量との関係を探る～

実態調査の結果、早植えや 7 月頃的水稻の生育量が大きい圃場ほどトビイロウンカが多い傾向が認められたので、この傾向を検証するため、場内圃場を供試し、異なる施肥条件を設けて、水稻の生育とトビイロウンカの発生との関係について検討した⁸⁾。その結果、基肥の施用量が多いほど、トビイロウンカの発生頭数は多く、坪枯れ面積率も高かった（表 2）。また、基肥重点区(5-0)は、穂肥重点区(0-5)や標準施肥区(3-2)よりトビイロウンカの発生頭数が高く、坪枯れ面積率も高かった。次に水稻の各生育ステージにおける水稻の生育量（草丈×莖数×SPAD）とトビイロウンカとの関係を見ると、多発年において水稻の生育時期が早い 7 月で相関係数が高かった。このことから、「7 月頃的水稻の生育量が旺盛なほどトビイロウンカの発生が多い」と考えられ、トビイロウンカの発生に大きく影響を与える水稻の生育関連形質は中でも稲体窒素濃度であることが示唆された（図 2）。また、作期試験を 3 ヶ年行った結果、6 月 30 日の遅植えは、トビイロウンカが多発年でも 9 月下旬の頭数が 10 頭/株以下で坪枯被害を回避でき、坪枯れした早植え（6 月 1 日、15 日）

より、収量が上回った。このことから、基肥を抑えた後期重点の施肥や遅植えは、トビイロウンカの被害を回避する技術として有効であると考えられる。今後、この「初期生育を抑える」栽培の規模が拡大し、「選好性」の影響が少なくなった場合でも有効であるかの検証が残されている。

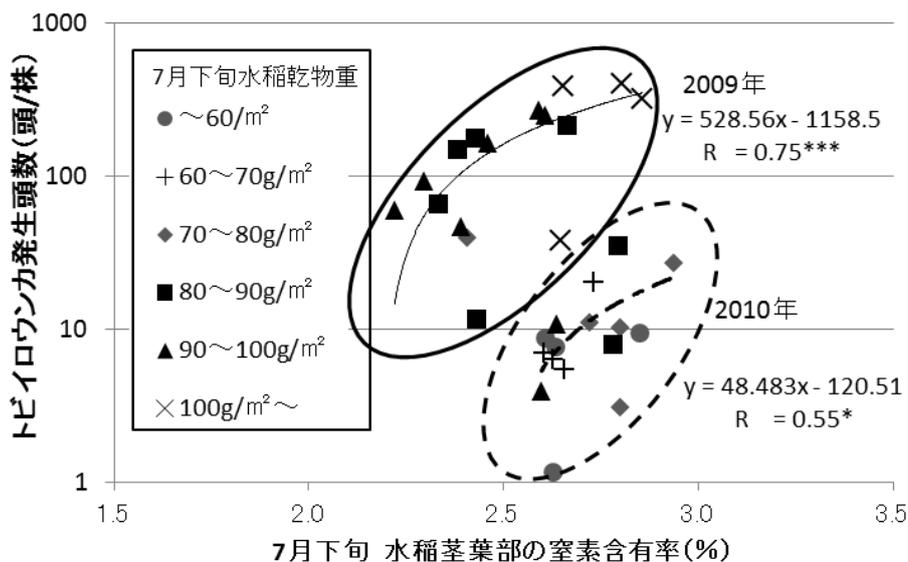


図 2 水稻の窒素含有率とトビイロウンカの発生との関係
注) 異なる施肥区を設けて行った。トビイロウンカは 9 月中旬に調査

表2 水稲の生育とトビイロウンカの発生

試験区	2009年					2010年				
	水稲の生育		トビイロウンカ			水稲の生育		トビイロウンカ		
	前作 基肥-穂肥	7/22 乾物重 (g/m ²)	穂数 (本/m ²)	頭数 (頭/株)	坪枯れ 初見日 (月/日)	坪枯れ 面積率	7/22 乾物重 (g/m ²)	穂数 (本/m ²)	頭数 (頭/株)	坪枯れ 面積率
有麦跡 0-0		91	276	88	-	0%	60	337	4.6	0%
有麦跡 0-2		87	301	113	-	0%	68	375	8.7	0%
有麦跡 3-2		91	307	233	9/19	25%	70	379	11.8	0%
有麦跡 5-2		108	341	397	9/17	75%	84	398	15.5	0%
有麦跡 0-5		79	290	53	-	0%	66	387	9.9	0%
有麦跡 5-0		101	325	293	9/17	50%	73	393	10.2	0%
慣麦跡 5-0		88	283	106	9/20	5%	72	348	20.9	0%
慣麦跡 3-2		99	284	65	-	0%	64	306	6.5	0%

注1) 移植日は、2009年6月18日、2010年6月17日

2) 異なる施肥区を設け、資材は菜種油粕を使用した。(化学肥料代替率70%で施用)

3) トビイロウンカは、9月中旬頃に払い落とし法で25株を調査した。

3. 有機栽培の小麦 ～有機質肥料を用いて、雑草を抑える～

小麦の有機栽培において、慣行の化学肥料を使った栽培と同等の収量・品質を確保するためには、大量の有機質肥料の施用が必要と考えられるが、未熟有機物による麦の発芽や生育障害が問題となっている。また、暖地における麦類の有機栽培では、雑草発生が低収の原因となっている事例が多く、雑草対策も重要な課題となっている。

小麦の基肥としてなたね油かすと鶏ふんを利用する場合において、生育障害を防ぎつつ雑草害を抑え、小麦の十分な生育と収量が確保できる施肥位置を明らかにした⁹⁾。

有機質肥料を種子に接触しないように条間に施用する場合(種子層・条間区)、苗立数を一定量確保できた(表3)。有機質肥料を種子層・全面に施用した場合よりも苗立数が多いのは、有機質肥料が種子に接触しないためと考えられた。また、各施用方法における雑草量をみると、種子層・条間施用は、条間の雑草発生が少なく、有機質肥料のない畦肩の雑草発生は条間よりも多いものの、旺盛な生育とならず雑草乾物重はやや少なかった。また、種子層・条間に施用する場合は、全層・全面施用よりも窒素利用率が向上していた(データ略)。

このことから、有機質肥料を種子層・条間に施用すると、小麦の苗立への影響は少なく、肥料の窒素利用率が向上し、施用した条間の雑草発生も少ないため多収となった。今後、有機質肥料を種子層・条間に施用する機械化技術が課題である。

表3 有機質肥料の施肥位置が小麦の生育・収量ならびに残草量に及ぼす影響

施用位置	苗立数 (本/m ²)	茎数(本/m ²)		穂数 (本/m ²)	精麦重 (kg/a)	蛋白 含量 (%)	残草乾物重(g/m ²)	
		2/上旬	3/上旬				畦肩	条間
1 表層・全面	126 a	386	600	362	27.9 b	11.0	22.3	30.4
2 種子層・全面	88 c	287	533	341	26.1 b	10.9	38.3	33.7
3 種子層・条間	108 b	344	609	403	35.5 a	11.2	18.0	3.3
4 全層・全面	104 b	337	607	354	27.8 b	10.8	38.7	28.6

注)2010年産と2011年産の平均、品種「シロガネコムギ」

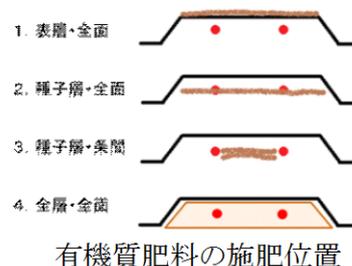
なたね油かす15kg/a+発酵鶏ふん70kg/a

精麦重は篩目2.2mm、蛋白含量はFoss Infratec1242による。

播種2009年11月27日、2010年11月27日、播種量は6.1kg/10a(約180粒/m²)

カルチベータによる土入れを1月下旬と2月中旬の2回、実施した。

英文字異符号間はTukeyの多重検定において5%水準で有意差が認められる。



4. おわりに

以上紹介した他に、水稲における水稲の育苗技術、小麦の有機質肥料の施用技術、前作が異なる水田における有機質資材の施用技術の検証・開発を行った。現在、これら技術を組み合わせた二毛作体系における有機栽培の実証試験を現地で実施している。二毛作体系は、農地の有効活用と農家所得の向上が期待できることから、水稲-小麦体系のほかに、水稲-タマネギや水稲-レタス体系も加えて、水田をフル活用した有機栽培の確立を目指している。

なお、本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「気候変動に対応した循環型食料生産等の確立のための技術開発」の成果である。

参考文献

- 1) 森則子ら (2011) 佐賀県における水稲の有機栽培の実態と課題. 第12回有機農業学会大会資料集: 47-49
- 2) 大隈光善ら (1994) スクミリンゴガイによる水田雑草防除. 雑草研究 39:114-119
- 3) 住吉正ら (2012) 佐賀県内の有機水稲農家圃場におけるコナギの埋土種子量と残草状況に関する事例調査. 第75回九農研発表要旨:11
- 4) 山中正博ら (1989) 水稲移植時期の違いがトビイロウンカの発生量に及ぼす影響. 福岡農総試研報 A-9:51-56
- 5) 寒川一成ら (1996) 水稲の作型によるトビイロウンカの発生型の変化. 九農研発表要旨:108

- 6) 日鷹一雅・中筋房夫編(1990) 自然・有機農法と害虫. 冬樹社
- 7) 早坂剛(2004) イネ紋枯病の圃場における発生分布と要防除水準. 植物防疫 58:381-384
- 8) 森則子ら(2012) 水稻の生育とトビイロウンカの発生との関係解明. 第75回九農研発表要旨:13
- 9) 三原実ら(2012) 小麦の基肥として有機質肥料を条間に施用する場合の効果. 平成23年度九州沖縄農業 研究成果情報

本資料の複製、転載および引用は、必ず原著者の
了承を得た上で行ってください。

2012年10月24日発行

有機農業研究者会議 2012 資料集

「有機農業研究者会議 2012」実行委員会事務局

〒390-1401 長野県松本市波田 5632

Tel/FAX : 0263-92-6622

Email : office@yuki-hajimeru.net

有機農業研究者会議 資料集 2012年10月

「有機農業研究者会議2012」実行委員会

※背表紙の文字の間隔は適当にお願いいたします。