

第一章 緒言

1) 有機農業を取り巻く環境

農業による環境負荷への懸念と、将来にわたる持続的な食糧生産を実現するために、農業が本来有する物質循環機能を活かした有機農業への取り組みが全国的に見直されている。有機農業に対する期待は確実に高まっているが、従来の農業に対しての減収や、その効果のあいまいさから、国内の有機農業生産は停滞しており、有機農産物の需要拡大分は輸入有機農産物の投入によってまかなわれているのが現状である。

このような中で、農林水産省は 1992 年に「新しい食料・農業・農村政策の方向」の中で、環境への負荷に配慮した持続的な農業の確立の必要性を初めて指摘した。その実現に向けて 1999 年に「持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律（持続農業法）」を公布し、化学肥料や農薬などの投入を低く抑えた場合でも、有機物肥料の施用により高品質な安定生産ができる技術の開発を急務としている。そして、2005 年に閣議決定された「食料・農業・農村基本計画」では、環境保全を重視した施策の展開が基本方針に盛り込まれ、農産物残渣、未利用バイオマスの活用の促進が進められている。また、2006 年には「有機農業の推進に関する法律」（推進法）が施行され、それに基づき農林水産省が公表した「有機農業の推進に係る基本的な方針」では有機農業の科学的解明や技術開発に対する試験研究機関の関与が強く求められている。

2) 福島県の有機農業への取り組み

筆者は、現在、福島県農業総合センターに勤務している。本研究に取り組んだ背景には、福島県の施策も大きく影響しているため、まず始めに福島県の有機農業への取り組みを紹介する。

福島県では、県の豊かな自然環境の保全と消費者が安心して購入できる農産物の生産をめざし、県をあげて安全で環境と共生する農業生産方式への転換を進めている。県では有機農業を普及・拡大させるため、福島県農業総合センター内に有機農業推進室を設置し、県内各方部に有機栽培の技術実証圃場（平成 20 年度、21 カ所）を設けている。さらに、福島県は 2006 年 9 月に JAS 法に基づく有機農産物の生産工程を認定できる登録認定機関として国の登録を受け、認定業務を開始し、有機栽培を販売する上でのバックアップ体制も整えてきている。その一環として土作りと化学肥料・農薬の低減に一体的に取り組むエコファーマーの育成に努め、これまでに全国 1 位の 18000 名以上のエコファーマーが誕生している（図 1-1）。県内の有機栽培

面積は、JAS有機認定面積で215ha、同等の有機栽培面積が80ha、合計295ha(平成19年)である。栽培面積のうち約8割が水稲で占められており、残り約2割が野菜である。

また福島県農業総合センターでは、全国の公立農業試験研究機関に先駆け平成17年から有機栽培研究に取り組み(図1-2)、JAS有機規格に適合した有機栽培圃場(有機栽培2年経過圃場)を有している。センターで得られた成果は地方別に、セミナーを開催して農家や関係者に技術の移転を行っており、また年に数回、専門家を招聘し、有機農業セミナーも開催することで県内の有機農業の普及を推進している。

3) 有機農業の種類

一般に有機農業といっても、化学的な肥料や農薬を使用しない栽培や、環境保全型の持続的農業などその概念は様々である。法律に基づく主な農産物や農業者の分類は以下の通りである。

- ・有機農産物 : 化学的に合成された肥料および農薬の使用を避けることを基本として播種または植え付け前2年以上(多年生産物の場合は、最初の収穫前3年以上)の間、堆肥等による土作りを行った圃場において生産された農産物。1999年7月、「農林物資の規格化および品質表示の適正化に関する法律(JAS法)」の一部が改正され、2001年4月から、農産物や農産物加工品に「有機」と表示するには「有機JASマーク」(図1-3a)を貼ることが義務付けられた。この「有機JASマーク」がない農産物と農産物加工食品に、「有機」、「オーガニック」などの名称の表示や、これと紛らわしい表示を付すことは法律で禁止されている。都道府県で認定機関となっているのは、福島県と岐阜県と石川県のみ(平成20年度)。
- ・特別栽培農産物 : その農産物が生産された地域の慣行レベル(各地域の慣行的に行われている節減対象農薬及び化学肥料の使用状況)に比べて、節減対象農薬の使用回数が50%以下、化学肥料の窒素分量が50%以下、で栽培された農産物。2007年3月の「特別栽培農産物に係る表示ガイドライン」による。登録認証機関の認証を受けると、「県の認証票」(図1-3b)を付して販売ができる。
- ・エコファーマー : 「持続性の高い農業生産方式の導入に関する計画」を都道府県知事に提出して、当該導入計画が適当である旨の認定を受けた農業者(認定農業者)の愛称名。1999年7月に制定された「持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律(持続農業法)」に基づく。エコファーマーが導入計画に基づき生産した農産物を「エコ農産物」と呼び、全国環境保全型農業推進

会議(事務局;JA 全中)が作成した「エコファーマーマーク」(図 1-3c)を付して販売できる。福島県はエコファーマー認定農業者が全国 1 位。

4) 有機農業の普及上の問題点

有機農業における最も大きな技術的課題は施肥、そして病害虫と雑草の問題である。特に、化学肥料を使用できない有機農業では、有機質肥料の施用が作物の収量や品質に大きな影響を与える。有機質肥料は、地域で生産された有機物の利用を基本とし、堆厩肥や稲わら、魚かすや菜種かすなどその種類は多岐にわたる。福島県内の調査結果においても、有機質肥料の施用効果は、作物や年次、地域によって評価が異なり、統一的な見解が得られていない。有機農業はこのように地域の生態系の多様な要素の複雑な関係の上に成立していることから、実践農業者の技術が経験則として語られることが多く、これまで科学的分析に基づいて技術が汎用化されることが少ないという特徴がある。しかし、安全、安心な農作物の供給や、持続的な農業として期待される有機農業を普及・拡大するためには、農業技術として科学根拠に基づいた有機質肥料の施用効果を提示し、農業者が有機農業に取り組み易くする必要があると考えられる。

5) 窒素施肥の重要性

植物が生長するためには 17 の必須元素が必要であり、そのうち三大元素と呼ばれる窒素、リン酸、カリウムを中心に施肥が行われている。特に、窒素は植物の体をつくるタンパク質、体内での様々な反応に寄与する酵素タンパク質、光合成の場となる葉緑体タンパク質の構成成分として、植物の生命維持に重要な役割をはたしている。このため、窒素は植物生長に最も重要な養分であり、植物の要求量が多く、土壤中で不足しがちで、植物生長の制限要因になりやすい元素である。

1843 年にリービヒが「植物はその生長に際し、無機化合物のみ養分として与えればよい」とする無機栄養説を提唱し、化学合成による肥料が生産されるようになると、それまで使用されていた有機質肥料から化学肥料へ転換が急激に進んだ。化学肥料は有機質肥料に比べて省力的であり、施用効果も速やかに発現することから、作物の養分要求に応じて分施するなど適切な施肥管理を行うことが可能となり、食料生産が向上した。化学肥料による生産性の増大が、19 世紀以降の爆発的な人口増加に対する食糧増産を支えた要因のひとつであることに疑う余地はない。しかし、化学肥料はその効果が速効性であるがゆえに作物による利用率は半分以下であり、過剰な肥料が地下水や河川水に移行し、地下水汚染を引き起こす等の環境問題も指摘されている。

6) 有機質肥料から供給される窒素形態

有機質肥料の養分供給に関するこれまでの研究でも、無機栄養説に基づき有機質肥料から分解する無機化量(可給態窒素量)を予測する試みが行われている(山室 1988、上野ら 1990)。しかし、無機化量だけでは生育の説明が付かない事例も多々報告されている(Mattingly 1973、Matsumoto et al. 1999)。これは、土壌中の窒素は、無機態で存在するのはわずか 1%にすぎず、ほとんどが有機態で存在する(Nemeth et al. 1988)ことに起因すると考えられる。土壌に添加された有機物は、微生物による分解を受けタンパク質、ペプチド、アミノ酸を経て最終的に無機態窒素になる。つまり、土壌中では、様々な大きさ、形態の窒素が存在しており、有機農業では有機物や有機態窒素を積極的に施用するため、無機態窒素を施用する近代農業より有機態窒素の土壌中の存在量が多くなると推察される。そのため、有機農業での栽培では、特に、無機態窒素だけではなく有機態窒素の存在も考慮すべきであり、有機態窒素の吸収や無機態窒素との利用の違いを検討する必要があると考えられる。

7) 有機態窒素に関する研究

有機態窒素の研究は古く、アミノ酸やペプチド、たんぱく質などについての植物生育に関する報告がいくつか寄せられている。Virtanen ら(1946)は、根粒菌を摂取していないマメ科植物は、アスパラギン酸、グルタミン酸をよく利用している可能性について報告した。Ghosh ら(1950)は、クローバーではアスパラギン、アラニン、ヒスチジン、フェニルアラニンが無機態窒素源より多く利用されたが、タバコではどのアミノ酸も利用されなかったと報告している。楨ら(1966)は、水稻では α -アミノ酪酸、グルタミン酸、グリシンによって無機態窒素と同等の生育を示し、フェニルアラニンでは 80%程度の生育しかならないという報告や、有菌状態のオオムギにおいて、アルギニンやグルタミンなどで生育が旺盛になった報告(森 1979)もある。また、核酸の生育促進効果が、タバコ(藤原ら 1961)、裸麦(森 1986)、水稻(三井ら 1962、輪田 1959)で報告されている。また、山縣ら(1997)は、C/N 比を変えた米ぬかを施用した結果から、低分子有機態窒素に対するイネ(陸稲)の吸収能力はトウモロコシ、テンサイより高いことを示している。Matsumoto (1999)は、有機物施用によって分子量 8000 程度のタンパク様窒素が増加し、ニンジン、チンゲンサイ、陸稲、ソルガムはこの分画の窒素を吸収すると報告している。

さらに近年、野外で生育した植物が有機物を吸収・利用していることが証明されている。アラスカのツンドラの湿地では、低温と冠水による酸素不足のため、土壌微生物活性が抑制され、土壌の有機物分解が不十分となり、無機態窒素より多くのアミノ酸態窒素が存在している。こうした条件に生育しているスゲ属の植物は、アミノ酸を窒素

源にしたときに最も良く生育することが報告されている (Chapin et al. 1993, Kielland 1994, Lipson 1998, Nasholm et al. 1998, Nordin 2001)。さらに同様な条件下で生育する高山植物 (Raab 1999)、牧草 (Nasholm et al. 2000, Weigelt et al. 2005) についてアミノ酸の積極的な利用が報告されている。

また、高分子吸収のメカニズムとして、西澤ら (1980) は、根からヘモグロビンが、細胞膜のくびれこみ構造により吸収されることを証明している。また、アミノ酸が植物細胞を通り抜けることに関与するトランスポーター遺伝子が根表面でも発現している可能性についての報告がある (Hirner et al. 2006, Lee et al. 2007)。

このような研究事例の蓄積から、植物は無機態窒素だけでなく、有機態窒素も吸収、利用していることはある程度実証されていると言えよう。しかし、無機態窒素の吸収や利用に関する研究に比べて、有機態窒素に関する研究は未だ少なく、有機農業で栽培されている作物での有機態窒素の直接吸収、有機態窒素利用能の作物間差、有機態窒素と無機態窒素の利用上の違い等大きな研究課題が残されている。

8) 本研究の位置づけ

本研究では有機態窒素としてアミノ酸を研究対象とした。アミノ酸は有機態窒素の最小単位でタンパク質を構築するものであり、アミノ酸の吸収特性を詳細に検討することが、有機態窒素研究、有機質肥料の施用効果の解明に繋がると考えたためである。これまで、アミノ酸が生育に与える影響に関して検討した事例はあるが、実際のアミノ酸の吸収部位、環境が吸収に及ぼす影響、吸収されたアミノ酸の代謝および窒素と炭素の利用について検討している事例は少なく、本研究ではこのアミノ酸の吸収代謝などを中心に実験を行った。

第二章において、まず有機質肥料の効果を検討し、有機質肥料の効果が、施用する作物によって異なるかを明らかにしようと試みた。また、土壌中の無機態窒素量と作物の窒素吸収量の比較も行った。

無機態窒素以外の窒素、すなわち有機態窒素のアミノ酸が植物に与える影響を、第三章以降で検討した。

第三章では、タンパク質を構成するアミノ酸 20 種類を窒素源として、作物 5 種類の生育に与える影響を検討した。

第四章では、有機栽培で最も栽培面積が多いイネを用いて、その幼植物におけるアミノ酸吸収について、アミノ酸の直接吸収、吸収部位、吸収速度、生育時の窒素条件

が吸収に及ぼす影響などを検討した。

第五章では、吸収したアミノ酸の代謝やアミノ酸由来の窒素や炭素の地上部/地下部の分配割合、アミノ酸から得られるエネルギーについて検討した。

最後に第六章において、アミノ酸の窒素源としての植物の生育促進効果、有機農業におけるその意味、今後の有機農業の展開において何が重要となるかを本研究から得られた知見として総合考察を行った。

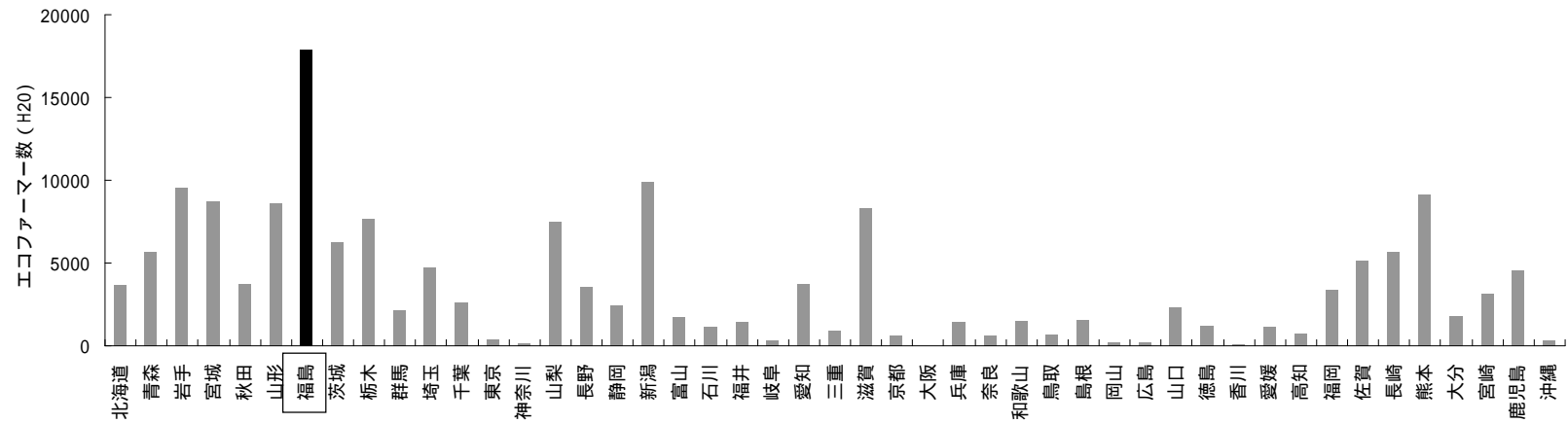
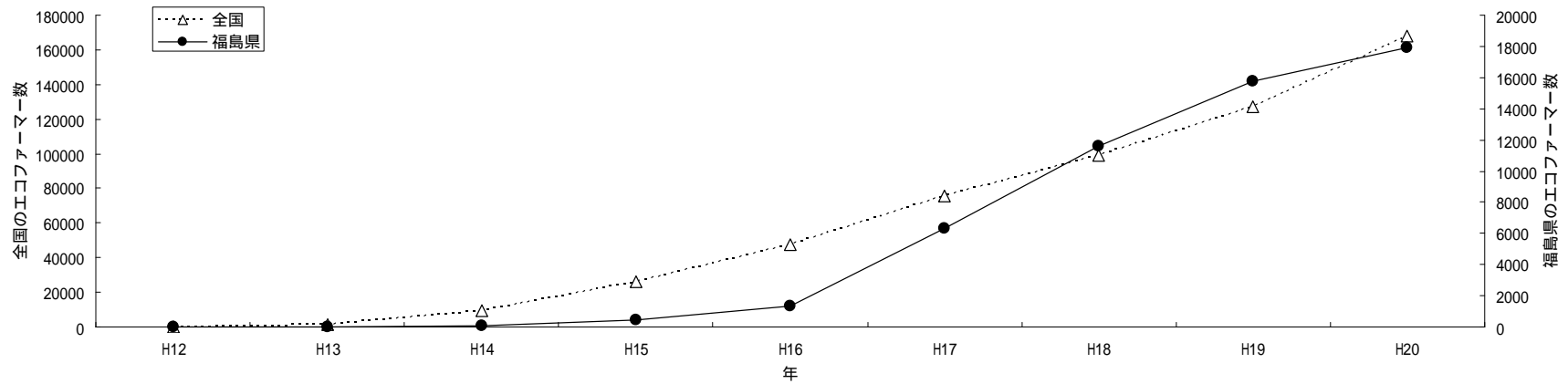


図 1-1 全国と福島県のエコファーマー*数の増加 (上段) と都道府県別エコファーマー数 (下段、平成 20 年末)

エコファーマー*：持続性の高い農業生産方式の導入の促進に関する法律（持続農業法）」第 4 条に基づき、「持続性の高い農業生産方式の導入に関する計画」を都道府県知事に提出して、当該導入計画が適当である旨の認定を受けた農業者（認定農業者）の愛称名。エコファーマーになると、認定を受けた導入計画に基づき、農業改良資金（環境保全型農業導入資金）の特例措置が受けられる



a. 県認定機関の認定を受けた有機野菜



b. 紙マルチ栽培



c. 米ぬか散布



d. アイガモによる除草



e. あぜ波みシート設置による
イネミズゾウムシの侵入阻止技術



f. 株間局所送風による病害抑制技術
(ビニールダクトから空気が吹き出す)

図 1-2 福島県農業総合センターで行われている有機農業に関する試験



a. 有機 JAS マーク



b. 特別栽培農産物の認証票



c. エコファーマーマーク

図 1-3 有機栽培および環境保全型栽培に関するマークと認証票