

(科学研究費補助金「諏訪湖・天竜川水系の物質循環、水循環とマネーフローからの研究」最終報告)

ビーナスライン開通 30 年の軌跡  
— 諏訪湖流域開発後の自然と社会環境の検証 — 2005 年度報告  
土田勝義・星川和俊・辻井弘忠・萩原素之・山田明義

信州大学農学部

Locus in Venus line opening 30 years: Inspection of nature and social phenomenon after Lake Suwa watershed development-report of 2004 fiscal year

Katsuyoshi TSUCHIDA, Kazutoshi HOSHIKAWA, Hirotada TSUJII, Motoyuki HAGIWARA and Akiyoshi YAMADA

Faculty of Agriculture, Shinshu University

キーワード: ビーナスライン、30 年間、天竜川、保護と利用、放牧、水田、菌根

Key words: Venus line, For 30 years, Tenryu river, Conservation and utilization, Grazing, Paddy field, Mycorrhiza

2005 年度は下記のテーマで報告する。

1. 霧ヶ峰高原のナショナル・トラストに向けて—ビーナスライン開通 30 年の霧ヶ峰の今後にあたり—
2. 天竜川水系にける営農および農業的土地利用の変化に関する研究
3. 長野県における放牧の現状および戸隠牧場の概要と小規模移動放牧
4. 西天竜水系の黒ボク土壌水田における減リン酸施肥による水稻栽培
5. 長野県内におけるシャクジョウソウ科植物の菌根形成に関する研究

霧ヶ峰高原のナショナル・トラストに向けて—ビーナスライン開通 30 年の霧ヶ峰の今後にあたり—

土田勝義<sup>1</sup>・三井健一<sup>2</sup>

1 信州大学農学部植物・地域生態学研究室

2 長野県霧ヶ峰自然保護センター・NPO 法人霧ヶ峰基金

はじめに

霧ヶ峰高原は約 3000ha という広大な草原を有する山地帯である、この草原は原生的、自然的なものでなく、現地は古くから(平安・鎌倉時代からといわれている)採草地として草刈りや火入れが行われ、その草種を厩肥の原料としての利用によって草原が維持されてきた。そのピークは江戸時代である。その後昭和 30 年代まで同様の利用がなされてきたが、金肥、化学肥料や農業形態の変化で草種の利用が不要となり、ほとんどが放置されたままになっている(高木 1999)。現在はこの草原景観を観光資源として、観光道路ビーナスラインの建設、各種レジャー、宿泊施設などに利用されており、バックグラウンドである草原はスキー場など一部を除いてほとんど手を付けていない状況である。また放置しているために遷移が進み、森林化が進んでいたり、植林地も増加してきている(土田 2000、栗原・井内・古谷 2001)。なお、土地所有者は地元の多数の牧野組合のほか、県、市町村等であるが、面積的には牧野組合が大部分を占めている。また牧野組合が有す

る土地の位置も霧ヶ峰高原の中心部や湿原、自然保護、景観保全を要する重要な地域を占めているものが多い。筆者等はビーナスライン開通後、観光地化した霧ヶ峰と、放置された霧ヶ峰の森林化が進む中で、環境保全、草原景観保全に対して、ほとんど対策がとられてこなかった経緯を検証し、それをもとに新しい対応を考えるために、原点に帰って改めて抜本的な対策を検討した。その結果の一つとして、牧野組合が所有する土地で、保全を必要としたり、霧ヶ峰における各種の自然活用に要すると思われる土地を入手し、それらの目的にそった利活用、たとえばエコツーリズム（山本 2001）などを図ることを目指して、それらの土地をナショナル・トラスト化する構想と実現への道筋を考察した。

#### ナショナル・トラストについて

ナショナル・トラストはイギリスが発祥の地といわれているが、他者が所有する土地、建造物、その他を市民、あるいは公的機関が買い取り、借用、寄贈などで入手し、それらの代わりに保全、管理、再生、維持し、市民に公開して後生に残していく制度である。世界レベルでもナショナル・トラスト化（運動）が行われているが、日本でもいくつかの場所が市民の手によってナショナル・トラスト化されている（日本ナショナル・トラスト協会HP）。日本では、所有者が遊休地としてあるものでも土地代が高額であるため、特定の市民団体では購入、借用することは難しく、数は少ない。それで必要な土地を自治体などに購入・借用して目的に添った土地利用などをはかる方式も行われている。

#### 霧ヶ峰高原におけるナショナル・トラストの目的

先述したように、霧ヶ峰高原は草原景観が最近では消失しつつあり、森林化が進みつつある。霧ヶ峰の魅力は広大な草原景観であり、森林はその周辺に大面積が存在するので、この地域だ

けでも草原景観を維持することは許されるものである。しかも草原の成立は人文的、社会的な歴史を持っており、いわゆる歴史的・文化的環境でもある。このような自然的、歴史的環境としての霧ヶ峰を草原として維持していくことは意義あることと考える。しかし、実際にはかつて肥料素材の確保のために維持管理されてきた草原も、いまは必要がなくなりほとんどが放置され、一部観光のため（スキー場など）にのみ草刈りがおこなわれているだけである（また一部は観光的な草原維持と伝統行事のために火入れのみ行われている場所もある）。実際、広大な草原を維持するには、現在では莫大な費用や労力、また伝統的技術、防火対策などが必要であるが、その費用の出所はない。また土地所有者の意志、意向もあるし、勝手な行為はできない。一方では所有者は現在、かつて所有していた一部を別荘地、ゴルフ場、その他の売却、貸与などしている場合もあるが、バブル経済がはじけたあとは、開発資本がほとんど入らぬ状態で他に転用することもできず、放置せざるを得ないこと、また固定資産税などを支払わねばならず、さらに組合内でも組合員の相続問題が生じており複雑な問題を抱えている。

霧ヶ峰の自然の保全活動に関わる人たちにとって、これらの土地を購入し、それにあった利用を図ろうとする動きがあった。それは長野県が建設した霧ヶ峰有料道路（ビーナスライン）建設時に、建設反対運動側が提起した霧ヶ峰の土地の公有化である。すなわち霧ヶ峰を国、長野県や地元自治体が牧野組合から購入し、それによって霧ヶ峰を適正に管理しようとするものである。一方では所有者にとっては不要な土地を売却する機会でもあり、両者にとってメリットがあるというものであった。しかし実際には、公的機関としても土地の価格に会う予算も少なく、購入案は消えていった。

新たに霧ヶ峰の環境保全に強い関心をもって様々な活動をする市民団体が、霧ヶ峰で自主的な活動をしていく中で、草原景観を維持、活

用し、その中で自由な活用ができること、また護らねばならない自然保護地域などを確保するために、ナショナル・トラスト方式で土地を購入し、管理していこうという動きが始まった。しかしそのためには地元、所有者、自治体その他様々な分野の理解と協力が必要であるし、また何よりも資金が必要である。それで究極の目的（実はそれ以後も課題は多いが）のナショナル・トラスト化はあるにしても当面は年月をかけて資金を得ていくために、地道な運動を進めていく方針が決まり、以下のような活動が始まりつつある。

### NPO法人「霧ヶ峰基金」の創設

霧ヶ峰の中心部、強清水の駐車場近くに、長野県霧ヶ峰自然保護センターという施設があり、霧ヶ峰の自然や歴史の紹介、展示、解説、自然観察会、自然保護活動などを行っている。この活動を支える支援者としてパークボランティア等がいるが、これらの中から霧ヶ峰の自然を守り、育てるためにより活動の場としてのNPO法人組織を創設し、様々な活動をしていくこととなり、長野県にNPO法人「霧ヶ峰基金」として申請し、近々認可される見通しである（2006年4月）。その目的は、霧ヶ峰の八島湿原付近の宿泊施設を購入し、それを拠点としてビジターセンターとして運営し、エコツアーの普及・啓発に関する事業を行い、その収益を霧ヶ峰基金として運用し、霧ヶ峰の環境保全に寄与することを目的とするものである。その事業の当面の内容を以下に示した。

#### 1. ビジターセンター運営事業

霧ヶ峰高原のなかでも、天然記念物の八島ヶ原湿原や旧御射山遺跡、旧御射山神社に囲まれ、重要な地域にある「ヒュッテ御射山」を公園利用者のためのビジターセンターとして運営する。開花情報などの霧ヶ峰の最新情報をお伝えするインフォメーションカウンターの設置や、霧ヶ峰を紹介する展示物の作成、展示をおこな

う。また、ミュージアムショップや喫茶、宿泊施設も利用可能である。

#### 2. 霧ヶ峰に関連するエコ商品の製作・販売事業

霧ヶ峰の風景や、花の写真など、固有の資源を生かした「ポストカード」や「カレンダー」などオリジナルなエコ商品を製作し、ビジターセンター内のミュージアムショップで販売することによって、霧ヶ峰の多様な魅力を紹介する。

#### 3. エコツアーの普及・啓発事業

御射山周辺をインタープリターが案内するガイドウォーク、また1泊2日などの宿泊型のエコツアープログラムも開催予定（会員割引あり）。また、霧ヶ峰でのエコツアーの普及のために、インタープリターの育成や霧ヶ峰のエコツアーガイドライン策定に向けて活動する。

#### 4. 霧ヶ峰保全事業

エコツアーや物販などの収益に加え、NPO年会費や募金活動・寄付によって積み立てられた「霧ヶ峰基金」をもとに、地権者や行政、また県内外の市民と協働しながら、植生復元などの自然再生事業や登山道やトイレなどのハード整備などの霧ヶ峰保全事業を行う。

#### 5. 霧ヶ峰に関連する調査・研究事業

霧ヶ峰の自然や遺跡などの資源についての情報収集やモニタリングを常に行ないながら、保全事業やエコツアーなど他の事業へのフィードバックを行う。

#### 6. 霧ヶ峰に関連する出版物刊行事業

新田次郎著「霧の子孫たち」をはじめとする霧ヶ峰に関連した出版物や、「霧ヶ峰エコツアーガイドブック」、会員向けの「ニューズレター」などのオリジナルな出版物の刊行をおこなう。

### 今後の見通しと課題

有料道路ビーナスラインが約30年前に開通し、平成14年に無料化されたが、この間の軌

跡として、霧ヶ峰には大きな変化としては、霧ヶ峰観光の増大とそれに伴う収入の増大(霧ヶ峰高原だけでなく、諏訪湖周辺、白樺湖、八ヶ岳、美ヶ原などに及ぶ)、その他周辺各地の観光地化、大量の観光客の到来による踏みつけによる草原破壊、ゴミ、尿尿問題などの環境問題(いわゆるオーバーユース問題)、霧ヶ峰の草原生態系の変化、草原景観の変化、森林化、植林地化、外来植物の繁茂などがある。これらは平成16年に、長野県が「ビーナスライン沿線の保護と利用のあり方研究会提言」で総括している(長野県 2004)。それぞれの問題が生じてきた際に、いろいろな部署で様々な対応がなされてきたが、いわゆる対症療法でしかなく、しかも対応されなかった、あるいは対応できなかったものも多い。もちろん抜本的な対策は検討されなかった。ビーナスラインが無料化されるにあたって、はじめて国定公園としての直接的な管理者である長野県によって、先述した「ビーナスラインの保護と利用のあり方研究会(土田勝義会長)」が抜本的な検討をおこなったという状況である。遅きに失したことはあるが、それでもこれを機会によい方向に改善して行ければいいのではないかと考える。

霧ヶ峰の一部の必要な土地のナショナル・トラスト化であるが、購入資金を得るための手段として、上記の基金を元手に進めていくこともあるが高額な土地代を確保するには事実上困難ではある。また様々な方法も考えられる。特に所有者への要望として、理解を得ながら土地を無償、あるいは少額で貸与してもらって、活動の場として利用する方法である。この場合、使用目的の変更、税法など法律的な問題がクリアされれば可能性がある。いずれにしろかなり時間を要するものであるが、活動を続けていくうちに打開策が生まれたり、また新たな展開が開ける可能性がある。たとえば環境省が行っている「自然再生事業」の実施に乗る可能性もある。これらも含めて、NPO法人霧ヶ峰基金の活動と資金集めが最大の要となるが、国、県、

地元市町村などの行政、地権者、観光業者、また多くの市民の支援が必要である。霧ヶ峰の自然をバックグラウンドに、これらの人々の協働を期待したい。

#### 参考文献

- 栗原雅博・井内正直・古谷勝利 2001 霧ヶ峰草原における樹林化の把握と保全手法に関する研究。環境情報科学論文集、15,215-220。  
高木直之 1999 平安時代以降の諏訪地方における土地利用の変遷—霧ヶ峰を中心として—。信州大学大学院農学研究科修士論文。pp86。  
土田勝義 2000 霧ヶ峰高原の森林化の実態と刈取り実験による草原の維持に関する調査報告。信州野外研究会、長野、pp26。  
長野県 2004 ビーナスライン沿線の保護と利用のあり方研究会提言。pp131、長野県環境自然保護課。  
山本恵子 2001 中信高原(美ヶ原・霧ヶ峰)におけるエコツーリズムについての可能性。信州大学農学部卒業論文、農学部植物・地域生態学研究室、pp71。

#### 天竜川水系における営農および農業的土地利用の変化に関する研究

星川和俊

信州大学農学部

#### 【天竜川流域の地理データベース】

天竜川全流域を対象として、農林業の基盤となる地形情報に加え、農業集落単位の営農、農林業における土地利用の時間・空間的变化過程を分析するための地理情報システム(GIS)によるデータベース(ジオ・DB)を作成した。

作成したジオ・DBに加えて250m、50m、衛星データによる15mの各メッシュ標高データによって、地形モデル(DEM)解析を進めた。さらに、対象地域内部にあるダム流域での降雨量、気温、ならびに河川流量などの

データ収集・解析を進め、以下に示す2テーマについての検討、考察を行った。

#### 【天竜川支流・三峰川の伝統的河川工法と周辺土地利用】

三峰川に残る伝統的河川工法・霞堤とその周辺土地利用の実態調査、ならびに微細地形を考慮した水流と貯水量の3次元シミュレーション法を提案し、その解析を行なった。解析結果から、伝統的河川工法の効果が実証されると同時に、変貌してきている周辺土地利用との矛盾や課題を明らかにした。

#### 【USLE法による生産土砂量の推定】

農地からの侵食土砂推定法として世界的に良く知られたUSLE法を援用して、天竜川水系内にある8つのダム流域の生産土砂量を推定する方法を提案・推定し、実際のダム堆砂量実測値と比較検証をおこなった。推定結果は、土砂生産の定性的な傾向をほぼ表現し、とくに赤石山脈側からの特徴を十分に説明した。しかし、木曾山脈側からの土砂生産量の高精度な推定には、ジオDBの地形、あるいは地被（土地利用、植生）、土壌特性などに関して、一層の検討・改良が必要となる。

#### 2005年度業績

1. K. HOSHIKAWA et. Al. : Estimation of Potential Sediment Yield by integrating USLE with GIS-A case study at Tenryu Watershed in Central Japan-, Proc. 26<sup>th</sup>ACRS, published. by CD-R, 2005

2. K. Hoshikawa and J. Suzuki : Local Meteorology and Agriculture on a Mountain-Slope in Central Japan, *J. Agricultural Meteorol.*, Vol. 60, No. 5, pp. 853-856, 2005

#### 長野県における放牧の現状

辻井弘忠

信州大学農学部

長野県における公共放牧場についてAFC報告にまとめた。その概要は、長野県は、気温の年較差・日較差が大きい内陸型の気候であり、山や谷の多い複雑な地形をした山地傾斜地に富んだ地域である。また、京浜、中京、京阪神などの大都市圏まで比較的近距離にあるため農業の盛んな県である。長野県では乳用牛および肉用牛の放牧も盛んに行われ、また、増加傾向にある遊休荒廃地を利用した放牧も行われている。本論文は長野県の放牧場について、放牧場数、放牧頭数、放牧面積、放牧場の立地条件、放牧場の草種、放牧期間ならびに放牧の持つ多角的価値などについて解析を試みてみた。その結果、長野県の放牧の特徴は、急斜地や複雑な地形を利用した季節牧場が多かった。また、近隣県の乳用牛および肉用牛が、長野県内の放牧場を利用していた。このように長野県の放牧に関して、長野県特有の地理的または自然的条件による特徴が見られた。

#### 戸隠牧場の概要と長野県下の小規模移動放牧

辻井弘忠

信州大学農学部

山地利用型の牧場である戸隠牧場の概要と耕作放棄地を利用した放牧についてまとめた。戸隠牧場は、他の公共牧場と同様に地域の畜産の振興を目的として、農家等から140-200頭の牛の預託を受け、乳牛および肉用牛の集団による育成や繁殖を担っていた。特長は、夏の訪問者が多いことで、ミニ動物園で自由に小動物にふれあうことができ重要な観光資源になっていた。また、全国的に耕作放棄地が年々増加し、景観および国土保全等問題が出てきている。この耕作放棄地を長野県下でも小規模移動放牧で有効に土地利用し、牛の放牧を行う試みがなされている。小規模移動放牧によって、従来からいわれている牛の健康、受胎率向上、省力化、景観維持等に加えて、放牧に慣れた牛が増えることによって、公共牧場での放牧牛の事故が減少すると思われる。今後、小規模移動放牧の利

点を正しく理解して、耕作放棄地放牧が長野県下の各地でもっと普及することを期待したい。

2005年度業績

辻井弘忠 長野県における放牧の現状  
AFC報告 4, 印刷中, 2006

辻井弘忠 戸隠牧場の概要と長野県下の小規模移動放牧  
環境科学年報 28, 印刷中, 2006

### 西天竜水系の黒ボク土壌水田における減リン酸施肥による水稻栽培

萩原素之・山本貴志

信州大学農学部

西天竜水系は諏訪湖を取水源とする農業用水で、諏訪湖から天竜川の西側を南下している。天竜川からの灌漑のできない農地に農業用水を供給する重要な水路である。本研究の場とした長野県上伊那郡を中心とする西天竜水系の用水供給域には黒ボク土壌地帯が卓越している。黒ボク土壌はリン酸吸収係数が高いのがその特徴で、土壌中のリン酸が難溶性の形態をとりやすいため、植物のリン酸吸収が不足しがちで、リン酸不足が発生しやすい。このため、黒ボク土壌地域ではリン酸不足による生育不良を回避するため、リン酸の施肥量が黒ボク土壌ではない地域の場合の2~4倍程度と非常に多くすることが推奨されてきた。さらに、東北・北海道や中山間地など、水稻栽培における冷害の常襲地域ではその傾向が顕著であり、長野県もその例外ではない。これは、例外の被害が発生する夏季の低温年においても、リン酸施肥量を多くしておいた場合には、被害が軽減されることが知られているためである。つまり、本研究の場とした長野県上伊那郡のように、黒ボク土壌地域であり、かつ冷害発生の危険性の高い

地域では、リン酸の多施用は、作物の生育量を確保して収量を高めるだけでなく、冷害に対する保険としての意味も有している。このような背景から、水田へのリン酸の多施用は水田外へのリン酸の流出による環境負荷を生じていることは認識されているにもかかわらず、旧来の施肥基準の見直しの動きはまだあまり見られない。これは、近年の良食味米(低タンパク米)生産の必要性から、窒素に関する施肥基準の見直しが全国的に進んで水田における窒素施肥量が減少し、結果的に環境負荷軽減が進んでいるのとは対照的である。

寒冷(高冷)な黒ボク土壌地域の水田でリン酸施肥量の軽減を図ることは、次のような意味がある。1) リン酸肥料の原料となる磷鉱石は有限資源で、推定埋蔵量はあと80年分ともいわれ、その有効利用は持続的農業生産上極めて重要、2) 西天竜水系は富栄養化の影響を受けていると考えられ、リン酸施肥の減量は水田による環境浄化機能の利用を高めるとともに水田による環境負荷の軽減にもなる、3) 地球温暖化の進行により冷害発生の危険性は低下が予想され、温暖化に対応した適正なリン酸施肥量の策定につながる。

過去4年間の減リン酸施肥栽培試験で、水稻品種コシヒカリの生育・収量に顕著な影響が認められなかったため、本年度は、これまでよりもさらに大幅にリン酸施肥を減量した試験区(現行の施肥基準の約1/5の施肥量とした)も設けて試験を行った。

#### 材料および方法

水稻品種コシヒカリの稚苗を、信州大学農学部附属アルプス圏フィールド科学教育研究セ

ンター水田に条間 30cm、株間 15cm として手植えで移植栽培した。試験区は、リン酸施肥量（成分量）の異なる以下の 5 区である。対照区：リン酸施肥量= 22.4 g/m<sup>2</sup>、減肥区 1：リン酸施肥量= 16.4 g/m<sup>2</sup>、減肥区 2：リン酸施肥量= 10.5 g/m<sup>2</sup>、減肥区 3：リン酸施肥量= 4.6 g/m<sup>2</sup> で、全試験区とも窒素およびカリの施用量（成分量）はそれぞれ 9 g/m<sup>2</sup> および 18.6 g/m<sup>2</sup> とした。また、リン酸施用量以外の栽培管理は全区同一で慣行法に従った。試験区は 2 反復乱塊法で配置した。

#### イネの生育・収量の調査

主要生育段階でイネをサンプリングし、草丈、茎数、葉色、器官別乾物重の測定を行った。収穫期には坪刈りで収量調査を行った。イネの生育期間中に 4 回、光合成速度の調査も行った。土壌の調査

イネの生育期間中に定期的に土壌溶液を採取し、トルオーグ法により定量した。また、用水が水田に流入する場所（水口）および用水が水田外に流出する場所（水尻）で水を採取し、これについても可供態リン酸濃度を定量した。さらに、土壌溶液中の可供態リン酸濃度の推移に影響を与える要因として、土壌の酸化還元電位（Eh）と pH も定期的に調査した。

### 結 果

#### 1. イネの生育

草丈は試験区間にほとんど差がみられなかった。水稻の分けつ発生には稲体のリン酸濃度が影響するため、試験区間で茎数の推移に差異が生じることも考えられるが、対照区に比して減肥区で茎数が明らかに少なく推移することはなく、概して試験区間に差は認められなかつ

た。葉色計（SPAD-502）による葉色測定の結果、対照区に比して減肥区で葉色がわずかに上回る傾向が見られたものの、有意な差ではなく、葉色にも試験区間差はなかったとみなされた。

器官別乾物重は、葉重と茎重については、最大値はいずれも対照区が他区を上回った。葉重は、出穂期ころまでは対照区が大きめ、減肥区が小さめに推移したが、登熟期間中の葉重の減少は対照区が最も大きかったため、成熟期における葉重には試験区間差がなかった。茎重も葉重と同様の傾向で、出穂期頃には対照区が減肥区を上回ったが、登熟期間中の減少は対照区が最も大きく、収穫期における茎重は対照区が最も小さかった。穂重の推移には明瞭な試験区間差が認められなかった。

#### 2. 収量および収量構成要素

本年は好天に恵まれたため、全試験区で 700 g/m<sup>2</sup> を超える高い水準の収量となった。最高収量は減肥 2 区の 732 g/m<sup>2</sup>、最低収量は減肥 1 区の 701 g/m<sup>2</sup> で、収量には有意差がなかった。また、収量構成要素（穂数、一穂粒数、登熟歩合、千粒重）のいずれにも有意差は認められず、対照区に対して減肥区で収量が劣る兆候はまったく認められなかった。

#### 3. 光合成速度

4 回の調査のうちの最初の調査（最高分けつ期ころ）では、試験区間差は認められなかった。その後の穂肥施用期ころの調査では、減肥 2 区および減肥 3 区で対照区を下回る傾向にあり、減肥 3 区は対照区より有意（5%水準）に低い光合成速度を示した。登熟初期は、減肥区が対照区よりも低い傾向にあり、減肥 1 区およ

び減肥 2 区は対照区より有意 (5%水準) に低かった。また、減肥 1 区は減肥 2 区よりも有意 (5%水準) に低く、光合成速度が最も低かった。登熟後期には、減肥 3 区のみが対照区より有意 (5%水準) に低かった。このように、光合成速度は、生育中期以降は減肥区で対照区よりも低くなる傾向が認められた。

#### 4. 土壌溶液および用水、水尻の田面水の可給態リン酸濃度の推移

土壌溶液の可給態リン酸濃度は、移植後 10 日ころには 0.1~0.3 ppm 程度で、移植後 30 日までは全区で低下する傾向にあった。この間、対照区が最も高い値を示したが、その後、穂肥施用で全区とも濃度は上昇に転じ、最高値は、減肥 2 区を除いて 0.55~0.6 ppm で、対照区との差は小さくなった。減肥 2 区では最高値が 0.4 ppm に達せず、他区より低かった。しかし、登熟期には、対照区が減肥区を上回り、リン酸施肥量が少ない区ほど濃度が低いといった明瞭な関係は認められなかった。これは、追肥 (穂肥) にリン酸が若干含まれていること、土壌中のリン酸が土壌還元の進行に伴って可給態に変化することによる影響と考えられる。

水口で採取した用水中の可給態リン酸濃度は移植後 10 日ころには 0.1 ppm あまり、移植後 30 日ころに 0.2 ppm 弱で、最高分けつ期ころには 0.05 ppm 程度まで低下したが、出穂期前には 0.2 ppm あまりとなり最高値を記録した。これは、追肥 (穂肥) 施用に伴い、用水に施肥された肥料分が流入したことの影響が出ているものと推察される。出穂期以降は濃度が急低下して 0.5 ppm 程度となり、登熟期間中はこの程度の値で推移した。

水尻で採取した田面水の可給態リン酸濃度は、移植後 10 日ころに 3.5 ppm を超えており、同時期の用水に比べて 3 倍の濃度であった。移植後 30 日ころには 0.1 ppm を下回り、同時期の用水 (0.15 ppm あまり) よりも低い濃度となっていた。よって、移植後 30 日近くまでは、移植前に施用した基肥による水田外へのリン酸の流出による用水のリン酸濃度の上昇が起こると考えられる。水尻の田面水の可給態リン酸濃度は、移植後 50 日過ぎの分けつ盛期に用水の濃度をうわまわったが、移植後 80 日過ぎの出穂期前には用水の濃度を下回った。移植後 50~80 日ころの生育中期には、0.1 ppm 前後の値で推移するものと推察され、この期間の田面水の可給態リン酸濃度は用水のそれよりも低いように思われる。つまり、この期間には水田はリン酸浄化作用を有していると推察される。しかし、出穂後は水尻の可給態リン酸濃度は急上昇し、用水の濃度を大きく超える 0.5 ppm 前後を示した。この濃度上昇には、追肥 (穂肥) 施用の影響があることは間違いないと思われるが、穂肥施用だけでこれほど大きな濃度上昇があり、それが期間持続するとは考えにくい。過去のデータでもこれほどの上昇はみられておらず、疑問の残るところである。

#### 5. 土壌 pH および Eh の推移

土壌 pH は移植直後は 6.5 程度で、移植後 50 日過ぎまでは 6.5 前後で推移し、移植後 60 日ころに 6.2 程度に低下した。その後、上昇・低下を繰り返しながら徐々に上昇する傾向であった。このような推移はすべての区で共通で、リン酸施肥量を減らしたことによる特徴的な推移は認められなかった。



土壌 Eh は、移植後 30~50 日ころに対照区が減肥区よりも高めの値で推移した以外は、区間に一定の傾向は認められなかった。土壌 Eh の低下は土壌中のリン酸の可給態化を促進するので、減肥区の土壌 Eh が低く推移する時期がみられたことは、減肥区でリン酸施肥量が少ないことの影響をマスクする要因の 1 つであったと考えられる。

## 考 察

本年は、標準的なリン酸施肥量の 22~25 g/m<sup>2</sup> の約 1/5 の施肥量である 4.6 g/m<sup>2</sup> という極めて少ないリン酸施肥量とする区（減肥 3 区）を含む減リン酸施肥の 3 試験区を設けて栽培試験を行ったが、3 つの減肥区のイネの生育・収量はいずれも標準的なリン酸施肥量とした対照区と有意差が認められなかった。光合成速度は出穂期前ころから、減肥区で対照区を有意に下回る傾向を示したが、乾物生産や収量には影響が及ばなかった。呼吸速度や転流などの面からも、リン酸施肥量の削減が生育・収量に顕著な影響を与えない理由を調査する必要がある。

リン酸施肥量を削減した一連の栽培試験は本年が 5 年目であるが、平成 15 年の冷害年を含めて、減リン酸施用区の生育・収量が対照区を有意に下回ったことは一度もない。この最大の理由は、過去の一連の調査で明らかにされてきているように、過去数十年にわたるリン酸の多施用によって、試験地域の水田には多量のリン酸が蓄積されていることである。水稻栽培上、必要とされるリン酸量を上回るリン酸が蓄積されているため、本年の減肥 3 区のように極度の施肥量削減をしても、単年ではその影響がほ

とんど現れないものと考えられる。ただし、本年の減肥 3 区のように極度の施肥量削減の場合は、低温年であれば冷害発生の懸念はある。過去 5 年間の試験のうち、低温年は平成 15 年の 1 年のみである。このため、リン酸施肥の冷害回避効果という保険的意義については過小評価されている嫌いがあることには留意の必要がある。

しかしながら、リン酸施肥量の削減はイネの生育・収量に大きな影響を与えることなく実現できそうであるので、地球温暖化の進行により冷害のリスクは低下の方向にあるであろうこと、農業生態系からの環境負荷の軽減、有限資源のリン酸の有効利用の観点からは、早期に適正なリン酸施肥の削減の基準を確立すべきであろう。水尻の田面水のリン酸濃度からみて、代かきの時期から移植後 20 ないし 30 日ころまで、および穂肥施用後の時期については、環境負荷の発生が予想され、環境負荷の発生の懸念される期間は稲作期間の 1/3 以上あると推察される。一方、水田がリン酸浄化の機能を果たす可能性があるのは稲作期間の 1/4 程度と推察される。

リン酸施肥削減の基準策定に当たり最も重要なのは、リン酸施肥量の削減が長期にわたった場合にもイネの生育・収量を低下させない安全な削減程度を明らかにすることである。既に述べたように、リン酸施肥量の削減がイネの生育・収量に顕著な影響を与えないのは、土壌に充分量のリン酸が蓄積されていることの効果と考えられる。従って、リン酸施肥量の削減を長期化する場合、土壌中のリン酸蓄積量の減少速度、つまり、年々のリン酸収支を明らかにすることが重要である。リン酸収支に基づくリン

酸施用量の削減基準は既に試算を明らかにしているが、精度を高めるためにさらに継続した試験が必要と考えている。

## 長野県内におけるシャクジョウソウ科植物の 菌根形成に関する研究

山田明義  
信州大学農学部

### 【序】

本研究では、2001年より長野県内に分布するシャクジョウソウ科3種（ギンリョウソウ、アキノギンリョウソウ、シャクジョウソウ）について、根系の調査を進めてきた。その結果、これら3種はすべて菌根を形成し、ギンリョウソウとアキノギンリョウソウは担子菌門ベニタケ科と、シャクジョウソウは同菌門キシメジ科キシメジ属とのみ関係を持つことが明らかになった。さらに昨年度、ギンリョウソウとシャクジョウソウの種子を実験的に埋土し、上記の菌類が種子発芽に関与することを予報的に報告した。

本年度は、シャクジョウソウ科植物の種子発芽と菌根菌との関係について、野外調査と室内実験を並行して行い、同植物の繁殖様式を考察することを目的とした。

### 【進捗状況の概要】

2004年6月から8月にかけて信州大学農学部構内とその周辺の山林の林床に埋土したギンリョウソウとシャクジョウソウの種子（長野県各地由来）を2005年8月まで継続的に回収し、発芽した植物体について形態学的に調査した。

その結果、ギンリョウソウでは分裂組織が発達・肥大し種皮が破れた微小な発芽植物体とともに、その表面全体を菌糸体（主にベニタケ属菌）に覆われさらに発達・肥大し、棍棒状で根

様を呈する個体（根様体と呼ぶ）が多数観察された。2005年春以降では、発達し分岐が見られる根様体があり、それらの中心部には維管束の分化が認められ、根に分化していることが確認された。さらに夏季の回収では三次分岐まで根系を発達させた個体が見られ、花芽の形成も認められた。シャクジョウソウでは、2005年夏季の回収においても菌糸体（クランプを持つ担子菌）に覆われた棍棒状の根様体が観察されただけであり、このような発芽個体は埋土地点のシャクジョウソウ自生群落から得られた種子の場合のみであった。

ベニタケ属あるいはキシメジ属の培養菌株を感染させたアカマツ菌根実生を実験室内で準備し、その根系にギンリョウソウまたはシャクジョウソウの種子を埋めた結果、幾つかの菌株の場合のみ種子発芽が観察され、対照区（無菌根実生）では全く発芽は見られなかった。しかし、発芽した種子は殆ど菌糸体に覆われていない微小な発芽植物体だった。

以上の事から、ギンリョウソウとシャクジョウソウでは、初夏から初秋に形成された種子が土壌に落下したのち、親個体と関係を持つ菌根菌により発芽が誘導され、菌根菌の定着を受けた発芽個体が根系を発達させ、翌年以降にようやく花芽をつけると考えられた。さらに、ギンリョウソウに比べシャクジョウソウの方が発芽植物体の発達が遅く、また、発芽は同一群落の親植物体の周辺に限定される（他群落由来の種子の発芽を誘導しない）傾向にあると考えられた。

### 2005年度業績

Setoguchi M., Yamada A. and Kuga Y. Fungal colonization occurs at the seed germination of achlorophyllous monotropoid plants, *Monotropa hypopithys* and *Monotropastrum humile*. Abstract of the MSA/MSJ Joint Meeting 2005, 2005年7月（ヒロ、ハワイ）