

博士論文要約 (Summary)

平成 22 年 4 月入学
連合農学研究科 生物生産科学専攻
氏名 荒生秀紀

タイトル	無肥料・無農薬水田における多数回中耕除草とその効果 (Multiple intertilling and weeding in paddy cultivation and its effect for yield and quality of rice)
<p>【諸言】</p> <p>わが国に水田稲作が伝えられたのは 2500 年以前に及ぶことが知られている。それが広がり改良され、わが国農業の根幹となり瑞穂の国といわれるまでになった。</p> <p>明治以降、西洋農学の導入と農業の工業化の進展のなかで水田稲作は大きな変化を遂げた。そして化学化、機械化、大規模化が進み、さらに低コスト、多収が最大の目標となった。</p> <p>その一方で化学化の負の側面も見逃すことができないほど大きくなった。レーチェル・カーソンの「沈黙の春」(レーチェル・カーソン(青樹訳), 1974)を引き合いに出すまでもなく農業の環境への負荷が問題視され、また過度な化学化による人の健康への悪影響も危惧されるまでになっている。そのことは有機栽培や特別栽培の米作りの増加が示しているといえる。しかし、有機栽培や特別栽培の農法もまだ確立されておらず手探りの状態で栽培が続けられている。環境への負荷を軽減しつつ安全な農作物の栽培方法の確立が急務である。</p> <p>そんな中で本研究の端緒となる 2 冊の本と出会った。1 冊は「共生の生態学」(栗原 1998)で、そこには水田は「意図的な人為生態系」であり、畑は人為生態系に属さない「人工系」とあった。もう 1 冊は「自然農法のイネづくり」(片野, 1990)であり「中耕除草機を押すと数日後には葉色が黒くなることは古くから知られており土壌中のチッソが無機化されていることを示している」とあった。</p> <p>この 2 つの内容はどこかでつながっているのではないだろうか、と考え多数回の中耕除草の効果をも 2007 年の 6 月(修士 1 年)から山形大学農場で試した。実験は無肥料・無農薬で中耕除草を行わない区と、手押し中耕除草機で中耕除草を 8 回行う区とで行った。その結果、中耕除草した区はしなかった区に対して約 3 倍の収量があり、記述の正しかったことを確信した。また、江戸時代の農書にも多数回中耕除草に関する多くの記述があることを見出した。</p> <p>そこで、この方法をさらに発展させることで、これまで考えていた「消費者が安心でき、しかもおいしい米を多収する」という夢のような米の栽培方法に近づくことができるのではないかと、さらに「生態系に肩代わりさせている有用な仕事」とは何かも明らかにすることができると考え、「無肥料・無農薬水田における多数回中耕除草とその効果」を本論文のテーマとした。</p> <p>【第 1 章：江戸時代の農書における水田の多数回中耕除草とその効果】</p> <p>機械的な中耕除草は水田作業の大事な 1 つの工程であり、稲の生長に障害となる雑草を取り除くことが目的とされている。この作業の苦労は 1950 年代に入り、除草剤が開発され一挙に解消されたかに見えた。しかし、その一方で除草剤による農地周辺環境への生態</p>	

的影響や除草剤による生産コスト上昇も顕在化し、新たな展開が必要になってきている。
そのようななかで、「自然農法のイネづくり」には、普通3回程度行われている中耕除草の3倍の10回以上も中耕除草作業をすると収量が増すと記されている。

このことは、江戸時代に書かれた日本農書全集にも多くの地域で実践されていたことが記されていた。そこで、農書全集の全72巻について多数回中耕除草がどのような考えのもとで、年代別・地域別に記載されているかを調べた。

通常3回程度行う中耕除草に対し、5回以上行っている除草を本論文では多数回中耕除草とした。これについて江戸時代の中頃から後半にかけて、20冊を越える農書に関連する記述があった。しかし、明治になると全くといっていいほどこの多数回中耕除草について顧みられなくなっていた。その理由はいろいろ考えられるが、畑作中心の西洋農学の導入もその1つではないかと考えた。現在ある農学の専門書にも「多数回中耕除草」についての記述を見出すことはできない。

これらから言えることは、2500年前とも3000年前とも言われるわが国への水田稲作伝来以降、稲作技術は進歩を重ね、それらは江戸時代に至り農書に集積・統合・整理されたが、その到達点の1つとも考えられる多数回中耕除草は明治以降ほぼ忘れ去られたと言える。この多数回中耕除草を現代の農業に活かすことを、次章以下で検討した。

【第2章：多数回中耕除草の再現とその効果】

江戸時代の農書には、多数回中耕除草を行うことでコメの品質・収量ともに向上することが記されている。そこで本章では、この多数回中耕除草を実際の圃場で再現し、その効果を明らかにすることを試みた。

江戸時代では、水田に有機質肥料が使用されていた。この有機質肥料は、多くの種類があったことが知られている。しかし、有機質肥料を用いた場合、使用する肥料の質や量によりさまざまな影響が出ることが予想された。多数回中耕除草の効果を明らかにするために、この実験では有機質肥料を含め肥料を使わず、かつ無農薬の条件下で行い、物理的な「中耕除草」の回数が収量や品質にどのような影響をおよぼすかについて調べた。

また多数回中耕除草の最適条件を求める前に、無肥料・無農薬で最適な水田管理をするための苗質、栽植間隔、除草方法について検討し、その後、多数回中耕除草についての実験を行った。

その結果、多数回中耕除草を行うことで無肥料・無農薬条件下であっても約520kg 10a⁻¹と慣行栽培に近い収量を得ることができた。また、中耕除草4回以上での収量は増加傾向にあるが大きな差はなかった。中耕除草回数については、収量、品質および中耕除草に必要な労力などを総合的に考えると4～8回が最も良いと考えられた。これは江戸時代の農書にある多数回中耕除草の回数とも一致する。

中耕除草回数を増やすことで増収できたことは、収量を左右する養分としての窒素が土壌よりイネへ供給されていると考えられる。そこで、次章ではこの窒素の給源について検討することにした。

【第3章：湛水下の水田表層土における太陽光の透過性と全窒素量の変動】

水田表層では藻類や光合成細菌群による窒素固定が行われていることが知られている。このことが水田土の窒素天然供給量いわゆる肥沃度の主要な給源になっている。

光合成細菌群は電磁波の一種である太陽光をエネルギー源としているため、土中の活動域は太陽光の到達深さに依存すると考えられる。この窒素固定が水田のどの深さで、どの程度の量になるのかを明らかにするには、太陽光が水田表層のどの深さまで到達し、それと窒素の分布とがどのような関係にあるかを明らかにする必要がある。

そこで、太陽光が土中のどの深さまで到達しているかをまず明らかにし、次いで太陽光の有無が水田土表層付近の全窒素分布にどのような影響を及ぼしているかを明らかにするために、薄層に分けて調べた。

水田表層土の太陽光の透過性について調べた結果、光の到達深さはほぼ 1 mm であった。露光した湛水下の水田表層土を深さ 2 mm ごとの層に分けて全窒素量の分布を調べた結果、全窒素量が 0~2 mm の層でのみ増加し、2mm 以深の層では変化していなかった。これに対し太陽光を遮蔽した暗黒区ではどの層も全窒素量は増加していなかった。

以上のことから、露光された湛水下の水田表層が窒素固定に重要な役割を果たしているということが出来る。また、 0.7 kg10a^{-1} の窒素が 7 日間で増加したことは、表層における窒素固定と多数回中耕除草との関係があることが推察される。そこで次章では表層における窒素固定と多数回中耕除草についての関係を検討することにした。

【第 4 章：水田表層における窒素固定と多数回除草】

水田では光合成細菌群による窒素固定が土のごく表層で行われている。多数回中耕除草はこの表層に固定された窒素を、中耕による攪拌で土中に取り込み、イネが窒素を吸収し利用できるようにしていると考えられる。そこで、水田土の表層ではどのように窒素が変化するかを調べるとともに、この窒素の変化と多数回中耕除草による収量や雑草量などがどのような関係にあるかを調べることにした。

イネによる窒素吸収は、生殖成長期に入って以降が大部分となる。しかし中耕除草は幼穂形成期で終了している。中耕除草により土中に取り込まれた窒素の多くは生殖成長期に吸収されていることになるため、微生物体を構成するタンパク質などが土中で分解・無機化されて利用されている。この分解・無機化された窒素の利用は土中に取り込まれてすぐに生じるのではなく、ある程度の時間が必要である。

中耕除草のもつ意義は、文字通り「中耕」と「除草」の両者にあり、「除草」により雑草が取除かれ遮光されることなく太陽光が水田表層土へ届き窒素が固定される。さらに「中耕」により表層で固定された窒素を微生物体として土中に取り込み、分解させることにある。この分解はある程度の時間を必要とするため、稲体が利用する窒素は徐々に放出され、これを順次、イネが利用していると考えられた。植物は低濃度の養分を効率よく利用できると言われている。ある程度の時間と間隔で土中に微生物体を取り込まれることは、分解・放出も少しずつ行われることになり、養分が低濃度で徐々に供給される。これはイネの成長にとっても有利な条件の 1 つである。中耕除草回数は、最低 4 回は必要であり、とくに移植後できるだけ早い時期に除草することは早期発芽した雑草の芽を取り除く意味でも重要である。また回数が多い場合、中耕除草に必要な労力と経費、除草時にイネにかかるストレス、最終的な米の品質などを考慮して除草回数を決める必要がある。これらを総合すると、江戸時代の農書に書かれた除草回数 7~8 回とは、最も妥当な回数といえることができる。

【第 5 章：総合考察】

実験は、同一圃場で無肥料・無農薬条件で多数回中耕除草を 8 年間継続したが、経年的に収量の低下は見られない。品質についても米として高い状態を維持している。さらに、病害および虫害は発生していない。これは、生物の多様性を豊かにし、バランスのとれた耕地生態系が形成されることがその理由と考えられる。

しかし、この多数回中耕除草技術は明治以降、顧みられることがなかったため、どのような理由によって成り立っているかについては不明であった。その根幹は、本研究により「水田土壌の表層土に生息する光合成細菌群の窒素固定機能を、多数回の中耕除草により

活発化させることで、イネの必要とする養分を必要・十分に供給することであった」ということを明らかにすることができた。

以上を総合すると、多数回中耕除草は、水田における微生物生態系を積極的に活用することにより、物質循環速度を速め、イネに必要な窒素を供給する方法であったといえる。中耕除草は単なる除草ではなく、水田における微生物により窒素を固定させ、中耕除草により分解を早め、イネに速やかに吸収させるという方法であり、同時に生物の多様性を生かす循環型の農法であるということが出来る。また、このことは、「水田が意図的な人為生態系」であるという栗原の説を具体的な事実として示すことができた。

この方法を今後さらに深化させるために、より多様な生態系を活用した農業へ移行することで、水田に生息する多くの生物との共生が可能になると考えられる。また、脱ケミカルにより、環境への負荷が軽減することができると同時に、安心・安全な農業に転換できると考えられる。このためには、さらに研究を深化させる必要がある。