

## 湛水直播の展開方向と土壌物理的課題

金子 均

### Some Soil Physical Subjects Relating to Technical Prospects of Direct Sowing Rice Plants in Submerged Paddy Fields

Hitoshi KANEKO

\* Niigata Agricultural Research Institute

#### 1. はじめに

最近の農林水産省の報告によれば、平成9年産水稲の直播栽培面積は全国で7,725 haで、前年産に比べて396 ha増加している(都道府県からの報告を集計した速報値)。現在、稲作の省力・低コスト化をキーワードとして、全国的に水稲直播栽培の研究が精力的になされているが、水稲作付面積に占める直播栽培面積の割合は、現在のところ0.40%に過ぎないわけである。3,600 ha余りの普及面積を誇る岡山県を別格とすれば、その普及面積率はさらに低いことになる。

このような水稲直播栽培の普及実態ではあるが、直播栽培に対する関心が全国的に高まっていることは事実であろう。たとえば、平成6年から開催されている「直播サミット」への参加者は毎年倍増し、昨年6月の福井県での大会では、実に2,400人余りの参加者を集めている。

本稿では、湛水直播栽培について概観するとともに、これまで新潟県で進めてきた湛水直播栽培技術について紹介し、土壌物理にかかわる課題を考察する。

#### 2. 湛水直播栽培の特徴

水稲の直播栽培は、大きく分けて播種前に湛水を伴わない乾田直播と、播種前に湛水を伴う湛水直播に分類される(農研センター(1997))。新潟県を含む北陸地域や東北地域で普及している方式は、主として湛水直播である。乾田直播と比較しつつその特徴を列挙すると、以下ようになる。

##### 1) 利点

湛水直播は全天候型の播種方式で、湿田への適応性が高いとされている。日本海側を中心とした地域では冬季に積雪を伴うことが多いため、春先の土壌は湿潤である。加えて、沖積平野に広がる水田は粘質である場合が

多く、耕起乾田直播に必須とされる細碎土は非常に難しい場合が多い。湛水直播は代かき工程を伴うことが普通であるため、播種前作業については天候や土壌条件の影響は少なく、降雨の中でも播種できる。

また、湛水による保温効果を期待できる。寒冷地においては、乾田直播は湛水直播にくらべて初期生育が劣り、出穂・成熟も遅くなるため、播種を遅らすと秋冷の早い地域では遅延型冷害の危険性が高まる。したがって、寒冷地でも比較的適用しやすい栽培方法は湛水直播である。

##### 2) 欠点

湛水直播の最大の問題点は、苗立ちの不安定さにある。宗村、国武(1964)の報告のように、種子もみが泥に埋まると出芽率が大幅に低下する。過酸化石灰剤を種子粉衣する技術が開発されたことでこの点はかなり改善されたが、いまだに大きな問題点であることにはかわりはない。苗立ち率を確保するために、表面まき、あるいはごく浅い覆土で播種することが多く、株の支持力が弱くなり、根が土壌の上層に集まる傾向が強いため、倒伏しやすい。また、生育前半の過剰生育と生育後半の凋落傾向が強く、生育前半は貧弱になりやすいが秋まきり型となる乾田直播とは対照的な生育となる。北日本から東日本で問題とされている出芽時の鳥害に対する効果的な対策が無いことも大きな問題である。

#### 3. 湛水直播栽培研究の動向

##### 1) 直播用品種の開発

最近の直播研究における最大のトピックは、直播用品種の開発が本格化してきたことではなかろうか。このことは、湛水直播に限らず、直播技術全体のレベルを底上げするための不可欠な条件である。直播適用品種の具備条件としては、従来いわれているように低温発芽性、初期

\* 新潟県農業総合研究所 〒940-0826 長岡市長倉町 857, 現東頸城農業改良普及センター 〒942-0411 新潟県東頸城郡安塚町  
 キーワード: 湛水直播, 代かき, 無代かき, 碎土性, 作溝崩壊

伸長性、耐倒伏性等があげられるが、直播技術が日本の農業に適合するためには、収量の安定性や、良食味であることなども不可欠な条件となる。

#### 2) 湛水土壤中直播栽培

昭和50年代に注目され、かなりの普及面積を實現し、現在も湛水直播の主流となっているのが、三石 (1975)、中村 (1978) らによって開発・体系化された湛水土壤中直播栽培である。湛水直播の持つ苗立ちの不安定性と耐倒伏性の劣る点を改善するために、過酸化石灰剤の種子粉衣技術と土中播種技術を体系化したものである。当初開発された条播方式は、作業技術的にみると移植の延長線上にあるといっている言い過ぎかもしれないが、播種作業の効率化には限界があった。現在ではより省力化をねらった散播方式が多くなってきている。使用する播種機も、背負動力散布機、無人ヘリコプタ、乗用管理機など、多様化してきている。最近では、打ち込み式の点播機が開発され(代かき同時上中点播技術(下坪, 富樫(1996))), 作業性や耐倒伏性の向上などの面から注目されている。

#### 3) 無代かき直播栽培

ここまでは、整地方法として代かきを行うことを想定して述べてきたが、その代かきを省略する無代かき栽培についても以前から研究されている。ただし、整地・播種後に湛水する折衷直播と称する方式が多く、これは農研センター (1997) から提唱された直播方式の分類によると、乾田直播に分類される。湛水直播に分類される無代かき直播の研究は比較的少ない。いずれの方式も、代かきを省略することで春季の作業競合を抑制できるため、直播栽培の持つ省力化の面をより前面に押し出すことのできる技術として検討が重ねられている。

#### 4) 無粉衣種子を用いた直播技術

先にも述べたように、湛水土壤中直播で実用化された過酸化石灰剤の種子粉衣技術によって、湛水直播の苗立ちの安定性は大きく向上した。しかし、直播による省力・低コスト化という面がより強調されるにしたがって、種子粉衣作業自体も問題視されるようになってきた。そこで、再び種子粉衣を省略した直播技術の検討が行われるようになってきている。上中播種でも苗立ちを安定化させるために開発された過酸化石灰剤の粉衣を行わないわけであるから、必然的に土壌表面に播種することになる。このことは、一見これまで直播の技術開発がたどってきた道をまた引き返すようにも見えるが、このような方法が再度注目されてきたのは、土壌表面播種でも耐倒伏性に優れた直播に適した品種が開発されつつあることが大きな要因と考えられる。

### 4. 整地方法別の直播技術

新潟農総研における直播技術関連の研究成果の中で比較的新しいものとしては、平成2年に公表した湛水溝付け直播栽培と、現在も研究中の無代かき湛水散播直播栽培がある。前者は代かきを行い、後者はその名称どおり無代かきという、それぞれ対照的な整地方法を前提としている。以下、これらの技術について、整地方法と関係の深い事項を中心に紹介する。

#### 1) 湛水溝付け直播栽培

新潟県でも昭和50年代に湛水土壤中直播の栽培が各地で試みられ、栽培面積は最高で140haに達したが、その後漸減した。より大面積に普及しえなかった要因の一つに、苗立ちの不安定さが残ったことがあげられる。この問題点を解消するために取り組んだのが湛水溝付け直播栽培であり、苗立ちの高位安定化を技術開発の最優先課題と位置づけ、寒冷地にも適用できる播種・栽培方法の確立を目的とした。

播種方式としては、代かき後に落水したほ場に深さ2cmの逆台形の溝を作溝し、そこに過酸化石灰剤を粉衣した種子を条播し、覆土はせず、播種後に湛水する。覆土しないため土中播種に比べて苗立ち率が高まり、深さ2cmの溝の底に播種することと、湛水後に溝が徐々に自然崩壊して覆土されることによって株元が安定し、耐倒伏性が増すことをねらった。播種機には湛水土壤中直播機を利用する。覆土板を外し、作溝部に簡単な改造を加えて図-1のような作溝ができるようにする。種子生産(収穫・乾燥)方法や休眠覚醒法、種子粉衣剤についての検討などを始めとして様々な要素について検討を加えたが、ここでは作溝と整地方法が苗立ちに及ぼす影響について述べる。

#### (1) 作溝方法と苗立ち

出芽揃いまでは溝の崩壊や種子の埋没が少ない方が苗立ちには有利である。また、株元の埋没により耐倒伏性を高めるには溝はある程度深いほうがよいが、種子の埋

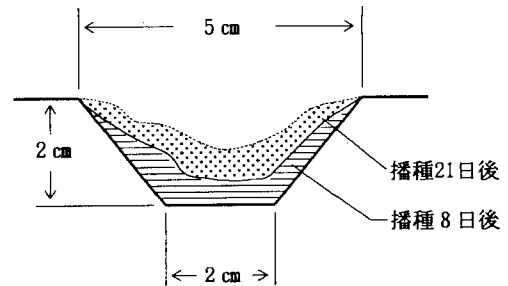


図-1 播種溝の形状と播種後の変化

没程度が大きくなって苗立率を低下させる危険性もある。これらのことを考慮し、各種の播種溝形について、溝の形状変化・種子の埋没状況・苗立ち状況の面から検討したところ、以下のことが明らかとなった。

① 播種時の田面が硬いほど発芽率は向上するが、逆に浮き苗やころび苗が増加する傾向にある。浮き苗を除いた正常苗立率が高くなる田面硬度は、下げふり貫入深で8~10 cm程度であった(図-2)。播種時の田面硬度が下げふり貫入深で11 cm以上の軟らかい状態では溝の成形ができず、播種直後に溝が崩れて土中播種状態となった。

② 溝が深く、播種時の田面が軟らかいほど苗立率が低下する。特に、深さ3 cm以上の溝では軟らかいほ場での苗立率の低下が著しかった(図-2)。

③ V字形の溝は逆台形の溝に比べて湛水後の埋没速度が速く、苗立ちには不利であると判断された。

以上のことから、適度な硬度の田面で深さ2 cm、底幅2 cm、上幅5 cmの逆台形の溝に播種すれば、苗立率が高く無覆土でも浮き苗やころび苗の発生を軽減できることがわかった。

## (2) 代かき方法と苗立ち

前記のように、本法では播種溝を成形するために播種時の田面をある程度硬くする必要がある。田面硬度を確保するには、播種前の落水期間を長くするか荒代状態にすることが考えられる。しかし、代かきが粗であると播種後に溝や種子の埋没が速くなり、苗立ちには不利な条件となった。また、田面に稲わら等が極端に多く露出していると作溝作業の支障になる。したがって、代かきは、均平程度をよくして稲わら等を埋没させるためにも、移植栽培並みにていねいに行うことが望ましいものと考え

られた。

## (3) 田面硬度の制御方法

田面硬度の制御方法としては、落水することが当面もっとも実用的である。新潟県内に多い粘質土水田では、代かき後に泥が落ちついた時点で3~4日間完全落水することによって求める田面硬度が得られたが、砂質の強い水田ではこの日数をより短くする必要があった。

代かき後の田面硬度の変化は、土壌条件によって大幅に異なる。現在各地で開発されている直播方法のうち、代かきしてから播種する直播方法では、本法と同様に何らかの形で作溝工程を取り入れているものが多い。より積極的な田面硬度の制御技術が望まれるところではあるが、現在のところこれといった決定打は無いのが現状である。

## 2) 無代かき湛水散播直播栽培

湛水溝付け直播は湛水土壌中直播のバリエーションともいえる方法であり、播種作業の高効率化には限界があり、省力化は主として育苗作業の省略にある。そこで、より省力的で、経営に導入することによってスケールメリットを追求できる散播方式を取り入れて技術開発に取り組んだのが、無代かき湛水散播直播栽培である。

この方法は、ほ場を耕うん・整地後に湛水して、動力散布機や乗用型の播種機などを利用して種子もみをばらまく方式である。代かきを省略することで春季の作業競合が回避できる上に、散播方式の播種作業能率は非常に高く、小人数で大面積を耕作できる利点がある。

研究開始当初は、荒起こししたほ場を湛水し、過酸化石灰剤を粉衣した種子もみをばらまくという方法について検討した。簡易な整地方法で省力化を追求するとともに、土塊の間に播種された種子もみが出芽した後に、土

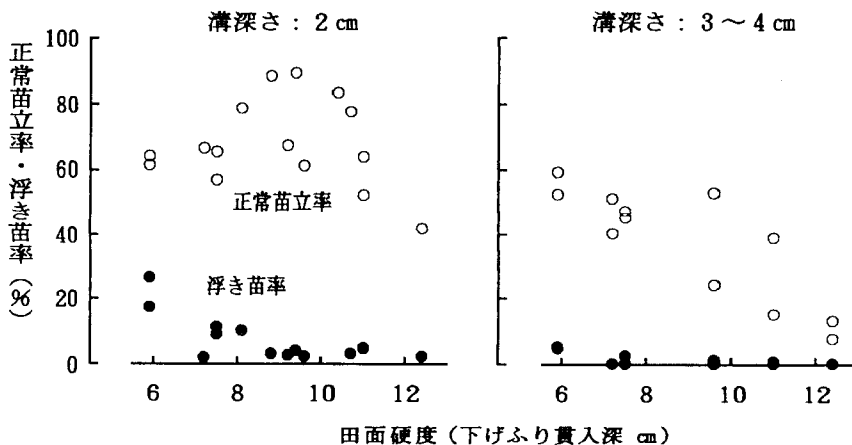


図-2 播種時の田面硬度と正常苗立率・浮き苗率の関係

塊が自然崩壊して株元が埋没することも想定した。しかし実際には、出芽した種子の大部分は土層の浅い部分に位置し、苗立ちと播種位置の確保を同時に達成することは難しいことが明らかとなってきた。また、ロータリで耕うんしたままの状態では大土塊が多く、これらの土塊をすべて水没させるためには大量の用水が必要となり、わずかの減水によっても土塊が水面から露出し始め、除草剤の効果も低くなる。さらに、無代かきでは漏水が問題となることが多い。

(1) 整地方法の改良

耕うん後に鎮圧を行って大土塊をつぶし、田面を均平に仕上げる整地作業を行うため、試作機を中心に数機種種の作業性能を調査した。その結果、ロータリの後部にソロバン玉状の駆動式鎮圧・作溝ローラを装備した耕うん同時鎮圧・作溝機(写真-1)の作業性が良好で、耕うんと鎮圧・作溝を1工程で行うことができた。

本機に装着してある鎮圧・作溝ローラは、作業速度より速い周速度で進行方向に回転するので、田面を滑りな

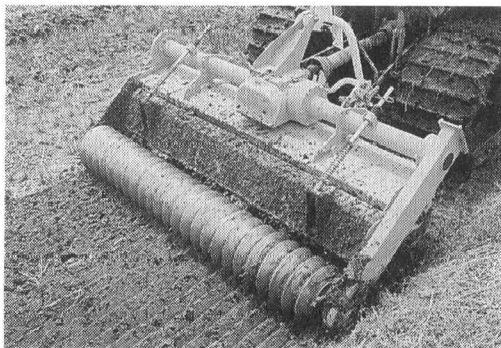


写真-1 耕うん同時鎮圧・作溝機

がら回転しつつ、ロータリで耕起された大土塊を押しつぶす。そのため、田面はローラの形状の溝がついた状態で均平化され、大土塊が無くなるために湛水が容易となった。耕うん同時鎮圧・作溝作業の仕上がり状態は作業時の土壌水分により異なるが、高水分土壌への適応性がより高く、春季の天候が不順である場合や、多湿土壌の多い地域での利用に適するものと考えられた(表-1)。土壌水分が低い場合はローラの溝に土がつまりやすく、作業性がやや劣ることがあったが、ローラの回転数を低くすることで対応できることがわかった。

鎮圧・作溝ローラの形状は、溝幅と深さが5×5, 7.5×5, 8×8, 12×8cmの4種類を供試した。鋭い溝形状(5×5, 8×8cm)のローラはローラの溝に土がつまりやすく、作業性が劣った。

(2) 耕うん同時鎮圧・作溝作業と苗立ち

耕うん同時鎮圧・作溝作業を行うことで、鎮圧無しと比較して苗立率が向上した。また、収穫後の株元の深さと苗立率の間には負の相関が認められ、鎮圧処理区は苗立率は高かったが株元は全般に浅かった(図-3)。一連の試験は粘質土水田を中心に行ってきたが、粘質土壌では作溝した溝形が湛水後も長期間ほぼそのまま残りやすく、溝の自然崩落による覆土効果はあまり期待できないものと考えられた。ただ、鎮圧ローラは円筒形に比較すればソロバン玉状である方が土塊の切削力が強く、均平効果は高いものと推察される。さらに、対照区として設けた鎮圧・無作溝の整地条件では浮き苗やころび苗が多発したことから判断して、作溝には大きな覆土効果はないものの、発芽後の個体の田面への定着を促進する効果は期待できるものと思われた。

ローラの形状による苗立率の差を見ると、12×8cmの形状で浮き苗やころび苗が多発した。これは、田面が

表-1 耕うん同時鎮圧・作溝の作業状況

ローラ 回転速度	作溝形状 (溝幅×溝深さ)	5×5			8×5			7.5×5			12×8cm			
		土壤含水比 (%)	乾 (39)	湿 (58)	多湿 (75)	乾 (38)	湿 (50)	多湿 (61)	乾 (37)	湿 (59)	多湿 (71)	乾 (37)	湿 (55)	多湿 (66)
1 (低速)			△	△	○	○	○	◎	◎	◎	◎	○	◎	◎
2 ↑		×	△	△	○	△	△	○	◎	◎	◎	○	◎	◎
3 ↓		×	×	△	△	×	×	○	○	◎	◎	△	○	◎
4 (高速)		×	×	△	△	×	×	×	×	×	×	×	△	△

注) ×: 均平整地不可能 △: 均平可能だが作業性不良 ○: 作業性やや良 ◎: 作業性良好  
 ローラ回転速度1: 作業速度に対するローラ周速度比=1.63(5×5, 7.5×5), 1.96(8×8, 12×8)  
 " 2: " =1.97( " ), 2.38( " )  
 " 3: " =2.89( " ), 3.49( " )  
 " 4: " =3.52( " ), 4.25( " )

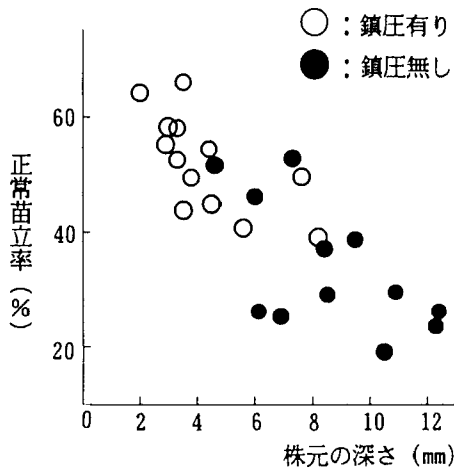


図-3 株元の深さと苗立率

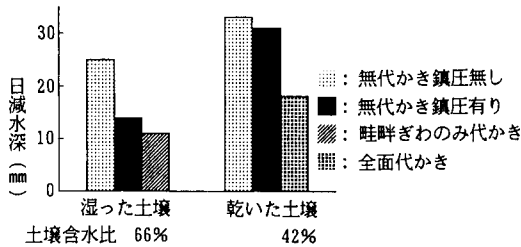


図-4 耕うん同時鎮圧の漏水防止効果

過剰に鎮圧され、根の貫入が不良になるためと推察された。他の形状間では苗立率の差は少ないため、作業性の良い7.5×5cmの形状が適するものと考えられた。

当初は過酸化石灰剤で粉衣した種子を用いることを前提として試験を継続してきたが、前述のように重粘土水田では作溝の自然崩壊が少ないため、出芽前後に泥で覆土されることが少なく、無粉衣もみでもある程度安定した苗立率が確保できる可能性が高い。平成6年からは無粉衣もみを用いた検討も並行して実施している。これまでの結果から、苗立率やその安定性は粉衣種子よりもやや劣るが、実用的には問題ない範囲にあると判断している。

(3) 耕うん同時鎮圧・作溝作業と漏水軽減効果  
無代かき栽培では漏水が問題になることが多い。本法

は、漏水の問題が比較的少ない重粘土水田を前提としてはいるが、漏水の問題が皆無というわけではない。そこで、同一は場で年度を変えて無代かき・無鎮圧と耕うん同時鎮圧・作溝の整地を行い、日減水深を比較検討した。その結果、耕うん同時鎮圧・作溝作業時の土壌含水比が66%のかなり湿った土壌では、鎮圧無しの日減水深25mmに対して、耕うん同時鎮圧の日減水深は14mmとなり、畦畔ぎわのみを額縁状に代かきした場合(日減水深11mm)と同程度の漏水軽減効果が認められた(図-4)。したがって、湛水初期の漏水が懸念されるほ場でも適用できる可能性が高い。しかし、含水比42%の乾いた土壌の場合は漏水軽減効果は少なかった(図-4)。

### 5. おわりに

土壌物理的な観点からの考察は甚だ不十分だったが、新潟農総研で検討した二つの技術を紹介した。いずれの技術も、結果的に土壌(作溝)の自然崩壊をある程度期待しているといえる。作溝の自然崩壊は土壌条件に左右され、フィールドでは風波の影響も無視できない。この点を少しでも克服していくことができれば、技術の安定性がより高まっていくものと考えられる。

### 引用文献

三石昭三(1975): 水稻の湛水直播における土壌中埋没播種に関する作物学的研究, 石川農短大特別研報 4: 1~59  
 宗村明次・国武正彦(1964): 水稻湛水直播栽培における種子の埋没が発芽苗立に及ぼす影響, 新潟農試研報 14: 10~14  
 中村喜彰(1978): 湛水土壌中直播機に関する研究, 石川農短大特別研報 7: 1~137  
 日本型直播稲作導入指針(1997): p2, 農研センター  
 下坪訓次・富樫辰志(1996): 水稻の代かき同時土中直播栽培に関する研究 1. 点播直播機について(予報), 日作紀 65 別 1 12~13  
 下坪訓次・富樫辰志(1996): 水稻の代かき同時土中直播栽培に関する研究 2. 点播水稻と条播水稻の押倒し抵抗の比較, 日作紀 65 別 1 14~15

受稿年月日: 1998年2月26日  
 受理年月日: 1998年7月21日