

# 水稻の湛水直播栽培に関する研究

## 第2報 直播コシヒカリの苗立ち率向上と幼穂形成期生育量の指標化による多収栽培技術

佐藤 勉\*・酒井 究\*\*

### Studies on Rice Direct Sowing Cultivation under Flooded Paddy Field

#### 2. High yielding cultivation of Koshihikari by improving seedling establishment and utilizing growth index at panicle formation stage

Tsutomu SATOH\* and Kiwamu SAKAI\*\*

コシヒカリの湛水直播栽培で、粘質土壌における出芽苗立ち率向上と幼穂形成期の生育量指標化による収量、品質の安定化を検討した。出芽苗立ち率においては、播種後の土壌Ehを0以下に落とさない初期落水の有効性を確認するとともに、倒伏を回避する幼穂形成期の生育量を草丈(cm)×茎数(本/m<sup>2</sup>)×葉色(群落色票値)の値により指標化した。

Key Words : 湛水直播、倒伏防止、出芽苗立ち、指標化

### I. 緒言

稲作作業体系は田植機、自脱型コンバインなどの普及がすすみ、耕起、田植え、収穫を中心に10a当り労働時間は平成13年で32時間に減少した。これは昭和50年の40%にあたる。しかし、作業別にみると育苗作業時間はあまり減少しておらず、育苗と田植えをあわせた労働時間は全作業時間の26%を占めている。これが5ha以上の大規模農家になるとさらに30%まで拡大する<sup>2)</sup>。また、収穫作業等の秋作業労働はいぜんとして、規模拡大の制限要因となっている。したがって、直播栽培は育苗、移植作業を省くと同時に、生育ステージを遅らせることにより収穫作業の分散をもたらすため、特に大規模農家層や集落営農においてコスト低減と軽労化をもたらすと思われる。

本県では大区画化が推進される平成8年頃より年々直播の作付けが増加し、平成15年には1,216haとなった。当初は直播適性の高い品種の導入を予想し、前報では直播適性品種の選定を報告<sup>8)</sup>した。しかし、栽培面積が普及拡大するに伴い多くの農家は、草丈が短く作りやすい

キヌヒカリ、ハナエチゼンよりも経営上価格の高いコシヒカリの導入を要望するようになった。また播種法も散布ムラの発生し易い散播から、より精度の高い条播に変わりつつある。ところで、コシヒカリは出芽苗立ちが他品種に比べて遅く、また草丈が長いため、根の浅い直播では移植よりさらに倒れ易く、収量も不安定である。そこで、1999～2002年において苗立ち率を向上する水管理法、および過繁茂による倒伏を回避するため幼穂形成期の生育指標を明らかにしたので報告する。

### II. 試験方法

試験1. 生育初期の水管理および播種密度が生育、収量に及ぼす影響(1999年)

#### 1) 供試材料

品種はコシヒカリを用い塩水選を行い、10a当り3kg(乾籾)の種子を7日間12～13℃の水に浸漬した。そしてハト胸状の種子に過酸化石灰を種子の2倍重粉衣した。

#### 2) 試験区の構成(1区50m<sup>2</sup>・2区制)

播種量は10a当り乾籾で2kg、3kgの2水準、また播種後無湛水期間は5日と9日の2水準とした。土壌は細粒質強グライ土である。

#### 3) 耕種概要

\* 福井県農業試験場 企画・経営部 作業システムグループ

\*\* 福井県坂井農林総合事務所

5月9日に基肥は窒素成分で4kg/10a(セラコートM・70日タイプ)を施し、代掻きした。落水した後アルミ製の仮畦畔で10a圃場を2a区画にくぎり、翌10日に播種した。5月20日に1回目の除草剤、6月10日に2回目を処理した。中干しは6月20日～7月15日、穂肥は7月22日に窒素成分3kg/10a(セラコートS・40日タイプ)を施し、収穫は9月20日に行った。

#### 4)調査法

種子近傍の土壌酸化還元電位は白金電極を地表と平行に地中1cmに埋め込み、落水5日間と9日間の各区に10地点設置しテスターで測定した。出芽苗立ち率は縦50cm横100cmの木枠に100粒の粉衣籾を地中10mm前後に埋め込み、20日後に各4地点調査した。水稻の生育調査は区内の出芽苗立ち数が平均的な地点に1㎡枠を設定し、株数、草丈、1株茎数を数え、群落葉色は色票板で推定した。収量調査は生育中庸な地点を円形坪刈器で刈り取り、乾燥調整後、脱穀、籾摺りを行い、1.85mmのライスグレーダで選別した。稲の耐倒伏性は最大負荷重1400gで目盛り40となる押し倒し抵抗測定器(D社製)を用い、稲体が地表から45度傾斜させた状態まで押し倒した時の目盛りの値で表した。

#### 試験2.幼穂形成期の生育量と収量、品質の関係

##### 1)試験構成

農試圃場において1999年～2002年にラジコンヘリおよび高精度条播機による直播を行った。各年とも播種量は3kg/10aとし、間引きにより苗立ち密度を3～4段階に設定し、収量、品質への影響を調べた。

表1 試験構成

年度	苗立ち密度(本/㎡)の水準
1999	①40～50、②60～70、③90～110
2000	①20～30、②30～40、③40～50
2001	①50～60、②90～100
2002	①20～30、②40～50、③70～80、④100～110

##### 2)耕種概要

播種期は5月上旬、施肥量(窒素成分/10a)は基肥4kg(セラコートS・40日タイプ)と穂肥3kg(同右)の合計7kgとした。播種後の初期落水期間は10日間とした。入水の翌日に1回目の除草剤を散布し、6月始めに2回目の除草剤をまいた。6月上旬にいもち予防剤を散布し、同月中旬より中干しに入った。穂肥は幼穂長が10～15mmに伸長した7月中～下旬に施し、8月上旬の出穂直後、および穂揃い期にいもち病防除をおこなった。収穫は9月上～中旬に行った。

##### 3)調査法

水稻の生育調査は区内の出芽苗立ち数が平均的な地点

に1㎡枠を設定し、株数、草丈、1株茎数を数え、群落葉色は色票板で推定した。収量調査は生育中庸な地点を円形坪刈器で刈り取り、乾燥調整後、脱穀、籾摺りを行い、1.85mmのライスグレーダで選別した。玄米品質は品質判定機(S社製:RS1000)、味度値は味度メータ(T社製MA-90A)、玄米タンパク質濃度は赤外線分析計(N社製6500HON)を用いた。

### Ⅲ. 試験結果および考察

#### 試験1. 生育初期の水管理および播種密度が生育、収量に及ぼす影響

直播の出芽苗立ち率について、温度や播種深度などは三石<sup>3)</sup>や佐藤<sup>7)</sup>など多くの報告があり、播種深度は10mm以内が安全で、温度は日平均気温15℃以上が適していることが明らかになっている。しかし、土壌の酸化還元電位(Eh)については、有機物施用等で土壌還元が著しく進行した場合に苗立ち率の低下をもたらすという知見<sup>5)</sup>があるだけで、一定の苗立ち率を得る土壌Ehの絶対値や具体的に普通田で土壌Ehと苗立ち率との関係を検討した事例は少ない。しかし、長野県では大場<sup>4)</sup>が述べているように、播種直後から出芽ごく初期まで、2～3cmの亀裂ができる落水の効果は指摘されている。そこで、土壌Ehと出芽苗立ち率との関係を確認するために播種後の落水条件を変え、苗立ち率との関連を検討した。

本試験は播種後10日間の平均気温が18.2℃、播種深度は5～15mmの条件で行った。図1に播種後の落水期間の長さで土壌表層下1～2cmの酸化還元電位の経過を示した。落水期間を9日間継続した場合は水田表面の水分が蒸発して固まり、亀裂が生じた。しかし、5日間では完全落水ができず、所々に水溜まりが残った。播種4日後にあたる5月14日の種子近傍の土壌は酸化還元電位が50～100mVと高かった。しかし、播種8日後の5月18日に

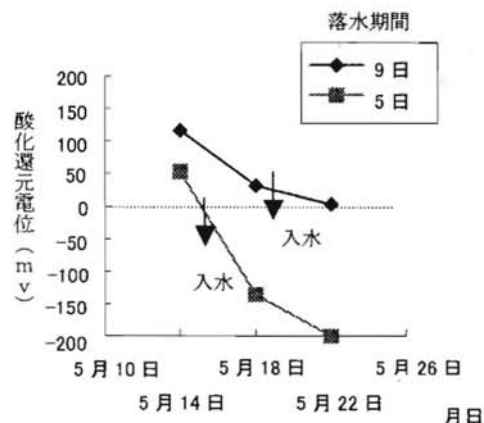


図1 初期水管理と土壌酸化還元電位の関係

なると、5月15日に入水した落水5日区の電位値はマイナスに転じ、まだ入水していない9日区の土壌 Eh との間には約200mVの差が生じた。播種後12日の5月22日には両者の間の電位差はさらに拡大した。その後5月末になると落水5日区では表層剥離を認めたが、9日区はほとんど発生しなかった。

出芽苗立ち率は図2のように、播種後の落水期間9日区が5日区より明らかに高く、かつ標準偏差も小さく安定していた。このように温度や種子深度が同一条件でも播種後10日間の土壌 Eh が-150mVになる条件では過酸化石灰を粉衣しても、出芽苗立ち率が不安定となるので、少なくとも酸化還元電位が0以下にならないように強めの落水条件が必要と考えられた。したがって細粒質強グライ土では10日前後の継続した無湛水期間をもうける水管理が有効と思われた。

一方、苗立ち数は播種量3kgが平均90本/m<sup>2</sup>、2kgが平均60本/m<sup>2</sup>程度と1.5倍の差があった。しかし、苗立ち数が少ないと生育が進むに伴い株当りの分けつ数が増え、10葉期の1株茎数は2kg区が平均11本と3kg区より2本程多く、m<sup>2</sup>当りの茎数比率は縮小した。このような補償作用により穂数も2kgで約400本/m<sup>2</sup>が確保され、両者の間には10%程度しか差がなかった。倒伏と関連する押し倒し抵抗値を上村<sup>9)</sup>らの手法により出穂15日後に測定した。1株ごとに倒伏抵抗値を測ってみると1株当りの茎数と正の相関があり、薄まきで1株の茎数が増えるほど、耐倒伏性は高まる傾向を認めた(図3)。したがって1株茎数の多い2kg区が平均すると目盛り10で、3kgの目盛り5の2倍高く、倒伏程度も小さかった。これは、地下部の生育も地上部の生育に伴い発達するためと考えられる。また、初期の水管理においても落水期間がながく土壌が硬い方が、倒伏抵抗性が高まる傾向であった。

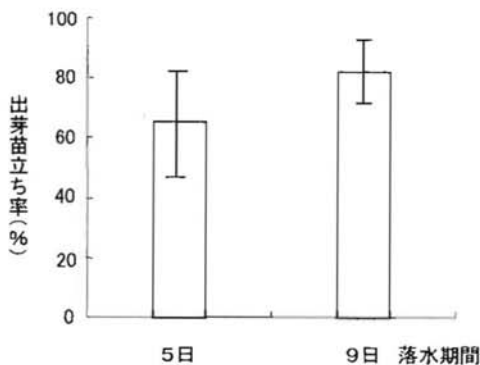


図2. 播種後の初期水管理と出芽苗立ち率の関係

出穂後15日の1株当り倒伏抵抗値と実際の成熟期における倒伏程度の間にも高い相関があり、株当りの倒伏抵抗値が目盛り10以上あれば、成熟期の倒伏程度は3以下と安定していた。しかし、目盛り5以下では明らかに倒伏程度が大きかった(図4)。当然、倒伏抵抗値が大きい場合は収量構成要素における登熟歩合が高く、倒伏抵抗値が目盛り5以下では未熟米が多くなった。

その結果、播種量3kg-落水5日区は出穂後の倒伏抵抗値が低く減収したが、播種量2kg-落水9日区は倒伏抵抗値が高く、総粒数がやや少なかったものの登熟歩合が高く、安定した収量が得られた。品質も播種量2kg区が3kg区に比べて良好であった。

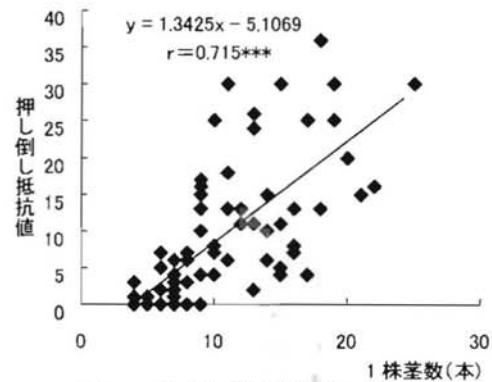


図3 1株茎数と倒伏抵抗値の関係

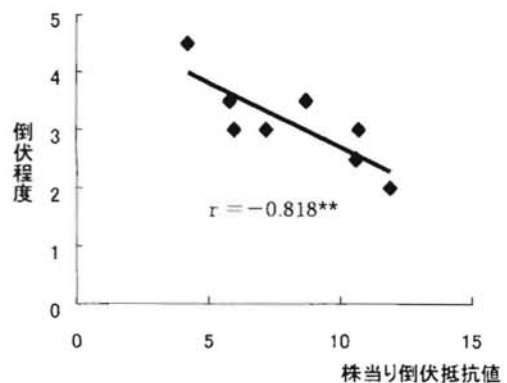


図4 倒伏抵抗値と成熟期の倒伏の関係

試験2. 幼穂形成期の生育量と収量、品質の関係

図5に $m^2$ 当りの苗立ち密度の違いによる $m^2$ 当り茎数の推移を示した。苗立ち密度90~110本では播種後60日には $m^2$ 当りの茎数が700本以上に増加したが、後半は急激に減少した。一方、苗立ち密度が40~50本/ $m^2$ では播種後60日に $m^2$ 当りの茎数が500本となったが、その後の減少程度は小さく約400本が穂をつけた。さらに、苗立ち密度が20~30本/ $m^2$ まで減じても、分けつした茎400本のほとんどが有効化した。このため、苗立ち密度差による穂数への影響は以外に小さかった。

図6は苗立ち密度の違いによる1株当り茎数の推移を示した。苗立ち密度が90~110本/ $m^2$ と多い場合は、1株当りの分けつが株間の生育競争で7~8本に抑えられ、その後、2次分けつの多くが枯死するため50%しか有効化しなかった。それに対して苗立ち密度が40~50本/ $m^2$ になると、1株当りの分けつが旺盛で60日後に茎数は12本前後となりその70~80%が有効化した。この傾向は、苗立ち密度が20~30本/ $m^2$ とさらに少なくとも、1株の分けつが16本と多くなり、苗立ち密度による穂数差はわずかであった。

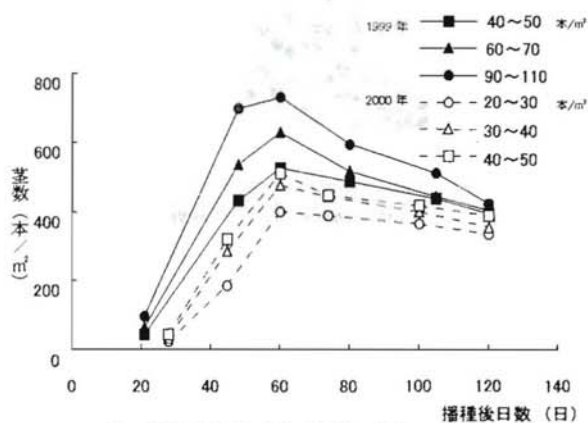


図5 苗立ち密度と $m^2$ 当り茎数の推移

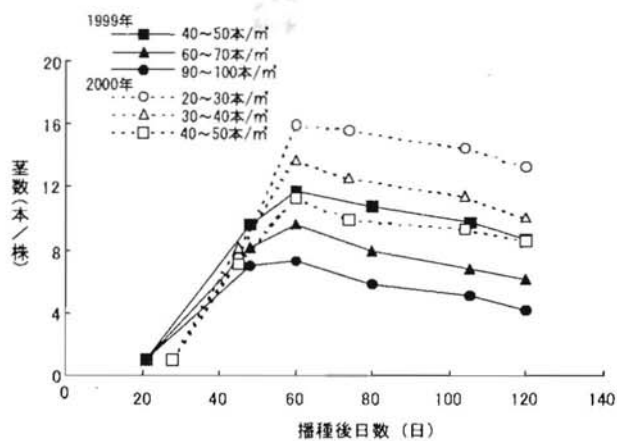


図6 苗立ち密度と1株あたり茎数の推移

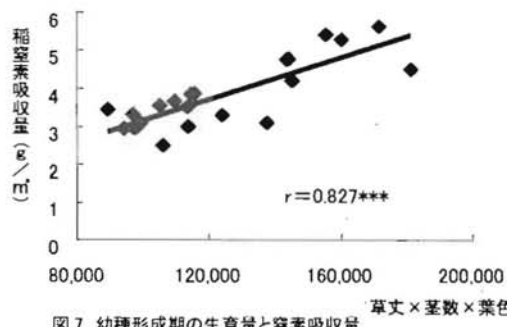


図7 幼穂形成期の生育量と窒素吸収量

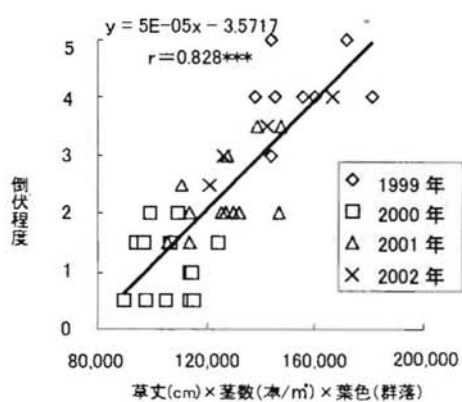


図8 幼穂形成期の生育量と倒伏の関係

出穂後の押し倒し抵抗値は試験1で示したように、1株の茎数が多いほど倒れにくくなる。苗立ち密度が少なくても1株の生育が旺盛となり、倒伏に強い稲となることは、コシヒカリのように倒れやすい品種において、うす播きが重要なポイントと考えられた。

次に、深山<sup>1)</sup>が行った移植における幼穂形成期の群落葉色×茎数に準じた生育診断を直播においても可能にするため、その時点における稲窒素吸収量( $g/m^2$ )と草丈( $cm$ )×茎数( $本/m^2$ )×葉色(群落の色標値)との関係を検討したところ図7のように高い相関が得られた。これによって、幼穂形成期の窒素吸収量が3要素の乗値で置き換えることができ、適正生育量の指標化が可能と思われた。

そこで、1999~2002年の4年間における幼穂形成期の生育量と成熟期における倒伏程度の間を調べた結果、図8のように有意な正の相関関係が認められた。両者の回帰式により生育診断指標を求めると、倒伏を回避する目安は草丈( $cm$ )×茎数( $本/m^2$ )×葉色(群落色標値)の3要素の乗値(以下・指標)が12万前後で倒伏は2程度と少なかった。しかし、指標が16万前後に増加すると倒伏程度も4と高まり、穂肥減肥または倒伏軽減剤施用などの対応が必要と考えられた。

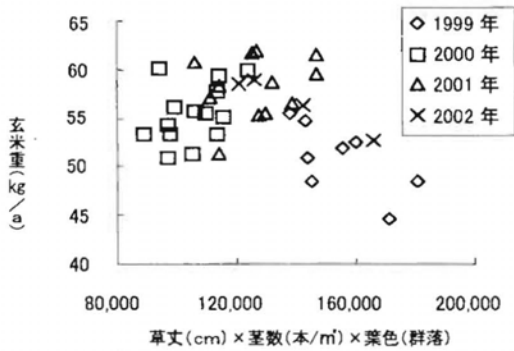


図9 幼穂形成期の生育量と収量の関係

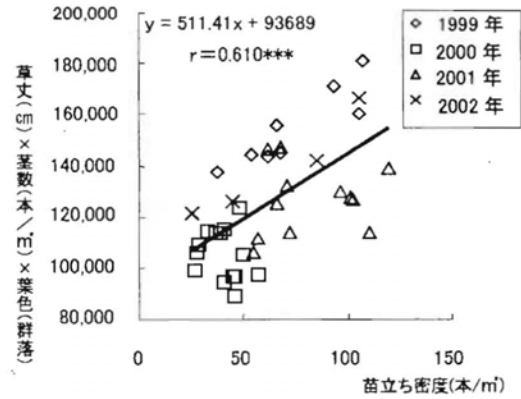


図11 苗立ち密度と幼穂形成期の生育量

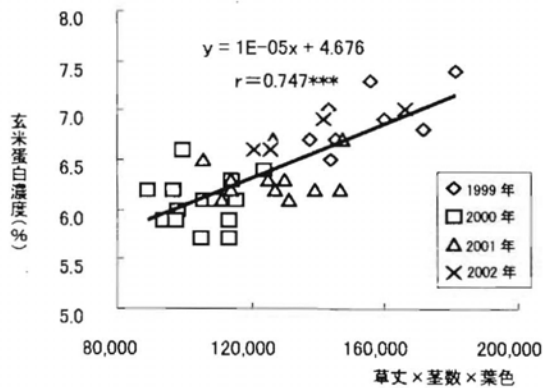


図10 幼穂形成期の生育量と玄米蛋白濃度

#### IV. 摘要

コンヒカリの直播栽培で、粘土質土壌における出芽苗立ち率向上と幼穂形成期の生育量指標化による収量、品質の安定化を検討した。

1. 播種後 10 日間の土壌表面下 1~2 cm の酸化還元電位が -150~-200mV になると出芽苗立ち率は低下するので、水田土壌に亀裂が生じるまで落水管理を行う。
2. 幼穂形成期の窒素吸収量と草丈(cm)×茎数(本/m<sup>2</sup>)×葉色(群落色票値)の値は関連があり、この値と収量、品質を調べたところ 12 万前後が適正、16 万になると倒伏で減収した。これらは、穂肥調節や倒伏軽減剤施用の診断指標になる。
3. 苗立ち密度が高いと 1 株の茎数は少なくなり、倒れやすい。生育指標 12 万に誘導するには、苗立ち密度 50 本/m<sup>2</sup>前後が目安である。

#### 引用文献

- 1) 深山政治・勝木田博人(1984). 葉色票による水稻の生育診断. 農業および園芸 59-6 : 775~781
- 2) 福井県農林水産統計年報(平成 13~14 年) : 82
- 3) 三石昭三・井村光夫(1982). 水稻の湛水直播における諸問題(2) 湛水土壌中直播法を中心にして. 農業及び園芸 57(11) : 1383-1388
- 4) 大場茂明(1997). 落水出芽法の由来. 農業技術 52(1) : 33-34
- 5) 大隅光善・土居健一(1988). 重粘土水田における水稻湛水土壌中直播栽培技術(1). 出芽苗立ち安定化. 福岡県農業総合試験場研究報告 A-7 : 19-24

収量との関連は図9のように、指標が12万前後で最も高く安定していた。しかし、16万では倒伏による登熟歩合低下、10万以下では穂数不足によりそれぞれ減収する傾向が示唆された。

幼穂形成期における生育量と玄米タンパク濃度の関係を図10に示した。両者の間にも高い相関が認められ、指標値が12万では6.5%前後と食味は良好であるが、16万では7%以上と食味は低下する傾向が認められた。このため、収量、食味いずれも幼穂形成期の生育量指標は12万前後が適正と考えられる。

幼穂形成期の時点で生育診断指標ができれば、酒井<sup>9)</sup>らのDVRによる生育期の予測が可能な現在、倒伏軽減剤の使用や穂肥の時期、量の調節判断に十分間に合うと考えられ、生育を安定化に導くことが可能である。

また、生育指標はm<sup>2</sup>あたりの茎数が1要素となっているので、苗立ち密度との関係をしらべたところ、図11のように、概ね50本/m<sup>2</sup>の苗立ち数があれば、指標は12万前後に分布し、この程度の苗立ち数で十分と思われた。また、12万のおおよその内訳は、茎数が約500本/m<sup>2</sup>、草丈は約70cm、葉色は3.5前後が目標である。

6)酒井 究・佐藤 勉(2002)稲、雑草の生育ステージ予測技術を活用した栽培管理支援システム.関東東海北陸農業研究成果情報平成 14 年度IV : 2-3

7)佐藤 勉(1975).過酸化石灰による湛水直播水稻の出芽安定化に関する研究(3).過酸化石灰粉衣種子に及ぼす気温と埋没深度の影響.北陸作物学会報 10 : 32-36

8)佐藤 勉・酒井 究(2001).水稻の湛水直播栽培に関する研究(1).直播適性品種の選定.福井県農業試験場研究報告 38 : 11-16

9)上村幸正・松尾喜義(1985).湛水直播栽培水稻の倒伏抵抗性について.日本作物学会四国支部報 22 : 25-31

## Studies on Rice Direct Seeding Cultivation under Flooded Paddy Field

### 2. High yielding cultivation of Koshihikari by improving seedling establishment and utilizing growth index at panicle formation stage

Tsutomu SATOH and Kiwamu SAKAI

#### Summary

For high yield cultivation of direct seeding Koshihikari in flooded paddy field, emergence rate, established seedling rate and growth index at panicle formation stage were examined under clay soil condition. The results were as follows:

1. The percentage of emergence and establishment decreased when the oxidation-reduction potential at 1 to 2 cm below soil surface dropped to -150 to -200 mV during a 10 day period after seeding. This result showed the importance of a level of drainage that yielded cracks on the soils surface.
2. Nitrogen absorption showed close relationship to the Growth Index that multiplied plant length, tiller number per square meter and leaf color value at the panicle formation stage. High yield and high quality data were obtained in the case where the Index was around 120 thousand. In the cases where the Index was more than 160 thousand, lodging occurred and yield decreased. These results showed that this Index was a useful tool for growth diagnosis.
3. High density of seedling establishment which caused lodging was produced by lowering the number of tillers per hill. Fifty of seedling establishment per square meter was recommended for a profitable Growth Index 120 thousand.