日作紀（Jpn. J. Crop Sci.）72(2)：177―184（2003）

形態

湛水土壌中散播イネにおける苗立ち型別の生育と収量の特徴

周紅・森田脩・江原宏*
（三重大学）

要旨：湛水土壌中散播栽培において，苗立ちの安定度がイネの生育と収量に及ぼす影響を明らかにする目的で，酸素供給剤（過酸化カルシウム）でコーティングしたどんとこい，コシヒカリ，ヤマヒカリを用い，苗立ちが揃う播種後2週目の3葉期の幼苗について，地表への根の露出程度と幼苗固定の状態によって苗立ちを分類した．即ち，根の一部は見えるが苗は地面にしっかり固定されている接地型，種籾が水中に浮き上がっているが，根によって比較的しっかり固定されている浮上りI型，種籾は浮き上がって個体の揺れが大きかったり，横転している浮上りII型，土壌中に埋没した種籾から出芽している土中型の4種類に苗立ち型を分類し，苗立ち型別に幼苗期から収穫期までの生育過程と収量を調査した．苗立ち型の生育経過をみると，3品種とも浮上りI型，II型は3葉期で草丈，乾物重，苗の充実度（地上部乾物重/草丈）などが土中型苗より劣り，6葉期になると接地型も各形質は土中型より顕著に小さくなった．3～6葉期にかけて，接地型，浮上りI型，II型と土中型との葉身長および葉幅の差が拡大し，葉身が相対的に小型化した．草丈は最高分げつ期前後に苗立ち型間で差が小さくなり，劣勢を回復することができたが，乾物重と茎数は3～6葉期に生じた差が収穫期まで継続した．接地型，浮上りI型，II型由来の個体は，土中型由来の個体との間に千粒重および登熟歩合の差は認められなかったが，1株穂数は有意に少なくなり，1株収量が減少した．このことから，接地型，浮上りI型，II型は幼苗期の分げつ数の減少が1株穂数に直接影響して，1株籾収量を減少させる要因となり得ることが判明した．

キーワード：転び苗，散播，初期生育，水稲，苗立ち，苗立ち型．

我国において，省力あるいは低コスト栽培を指向する際，必ず取り上げられる栽培法に直播栽培がある．乾田，湛水を含め，直播栽培は60年代後半の高度経済成長期には5万haを超えたが，70年以後田植機の急速な普及により激減し，90年代は7,000ha台を推移していた（三石1991，姫田1995）．しかしながら，1997年に農林水産省は我国の寒冷気候や多雨多湿気候，零細分散化した圃場，集約的栽培技術，高品質米への強い志向等の条件に適合した「日本型直播稲作の確立」（日本型直播稲作導入指針編集委員会1997）を目指した導入指針を提示し，直播栽培の普及は重要な農業上の課題と位置づけている．2001年には全国の直播面積は10,059haと1万haを超え，やや増加の動きが強まった．直播栽培の内訳は湛水直播が5,534haで55%を占め（注：2001年9月12日付日本農業新聞），その大部分が湛水土壌中直播である．

湛水土壌中直播は，湛水直播栽培で問題となる転び苗・浮き苗の改善を目的に開発され，酸素供給剤（過酸化カルシウム：商品名カルパー粉剤）を種籾に粉衣して土壌中約1cmの深さに埋没するよう設定されている（三石1982）．しかしながら，現実には代掻きから播種までの時間の差や地表面の不均一に基づく湛水や露出に伴う土壌表面の硬度の違いなどによって，同一圃場でも軟らかいため埋没しすぎて出芽しない場所や，局部的に多数の種籾が表面に露出している状態がしばしば観察される．しかも，4mm程度の埋没ではほぼ100%の種子がカルパーの分解時に表面に浮き上がる（中村1981）とか，播種深度0.5cm以内では種籾の浮き上りにより苗立ちが悪くなり，48%が転び苗になる（嶽石1990）との報告にみられるように，例え埋没した種籾でも埋没深が浅いとカルパーの分解に伴って多くの種籾が地表面に浮き出てくることが指摘されている．さらに，地表下1cmに播種された種籾でも常時湛水条件では12～15%の転び苗・浮き苗が発生する（小山ら1990）との報告にみられるように，種籾が十分な深さに播種されても，表面あるいは表層で発芽する種籾の数は決して少なくない．前述のように湛水土壌中直播は転び苗・浮き苗の改善技術として生み出されたものであるが，完全に転び苗や浮き苗を防ぐことはできず，同栽培法が普及した後もなお技術的問題点として残されてきた．この点を改良するために，近年，代掻き後に落水する管理方法が考案されている（北陸農業試験場1991a，1991b，椛木・金1991）が，均平作業が難しい大区画圃場では田面の凹凸による部分湛水にみられる苗立ち不良の問題は小さくない．播種後落水出芽が普及しつつある現在でも，苗立ちの質に対する農家の改善要望は依然として高い（北陸地域直播稲作推進会議1998）．このように，直播栽培特に散播栽培においては転び苗・浮き苗の発生は避け難い現象といえる．今後，圃場の大区画化が進み，大区画の能率を最大限に発揮できる栽培法として散播の普及が期待されることを考えると，さらなる苗立ちの質の向上を目指すことが重要である．

転び苗・浮き苗は種籾が湛水条件下の土壌表面で発芽す

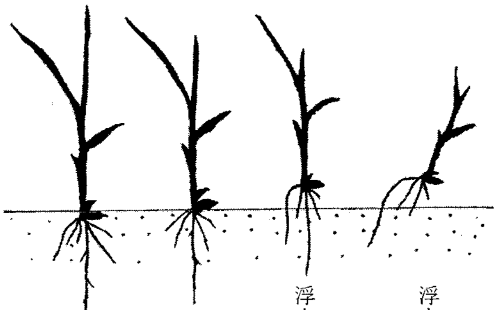
2003年1月10日受理．＊連絡責任者（〒514-8507 津市三重大学生物資源学部．ehara@bio.mie-u.ac.jp）．

る場合に多数発生する．これは，種子根が直接土壌中に進入できず，その後出現する数本の冠根があたかもタコの脚のように水中で伸長するため，苗は根上がり状態を示す．このような苗を三石（1975）は根上がり株，あるいは「たこあし苗」と呼んでおり，本実験では，表面に根が露出している苗や転び苗を含めて，「たこあし苗」と呼ぶこととする．「たこあし苗」にみられる苗立ち不良苗の生育については，嶽石（1990）は播種後40日目で分げつが劣ること，中村（1981）は第4～5本葉の出葉時に乾物重が劣ることを指摘している．しかしながら，従来の研究の多くは圃場・試験区全体の収量（群落収量）との関連で解析されており，「たこあし苗」と土中に埋没した種籾から出芽してきた苗の生育は同様か否か，また収量が影響を受けるのかなどに視点を当てた詳細な研究はみあたらない．直播水稲の生育不均一性と個体生育について論じたものは，苗立ちの遅速に着目した千葉ら（2002）の報告にみられるのみである．このような現状から，「たこあし苗」の生育並びに収量特性を解明することは，湛水土壌中散播栽培の苗立ちや収量の不安定性の問題を解決するうえで有益であるばかりでなく，湛水直播の苗立ちや収量性の問題点を検討するうえでも資するところ大と考える．

そこで本研究は，湛水土壌中散播栽培で発生する「たこあし苗」の生育・収量特性を明らかにするため，カルパーでコーティングした種籾を水田に播種し，「たこあし苗」の発生率並びに「たこあし苗」と土中から出芽した苗について，発芽直後から収穫期までの生育と収量を比較検討した．

材料と方法

実験は，三重大学生物資源学部実験圃場内水田において1999年から2001年の3年間行い，供試品種は三重県で直播向きとされているどんとこい（草型中間型），奨励品種であるコシヒカリ（同中間型）およびヤマヒカリ（同偏穂重型）の3品種とした．種籾は比重1.12で塩水選し，ベノミル水和剤（商品名：ベンレート水和剤）500倍24時間で消毒した後，水温25℃で浸漬してハトムネ状態の時，乾籾の2倍重の過酸化カルシウム粉粒剤（商品名：カルパー16粉粒剤）でコーティングした．試験区の面積は各品種1.1aとし，代掻き2時間後に50×50cmの調査枠を4カ所に設置してそれぞれの枠内にコーティング種子35粒を土壌表面に露出しないように丁寧に手で播種した．3葉期には間引きを行い，乾籾4kg/10aの播種量に相当する32個体ずつとした．調査枠外には乾籾相当4kg/10aとなるように全面に散播した．施肥は代掻き時に窒素成分量で基肥3kg/10a，播種後8週目に穂肥を3kg/10aとし，播種の翌日，除草剤ジメピレート・ベンスルフロンメチル粒剤（商品名：プッシュ粒剤）を3kg/10a散布した．播種後15日目に1日間芽干しし，播種後9週目から1週間中干しした以外は，収穫2週間前まで約5cmの水深を保持した．



第1図　3葉期における苗立ち型の分類模式図．

前報（周ら 1999）で示したように「たこあし苗」は露出する根の長さが様々で，根の露出の程度が異なると生育や株の大きさに差が生じることから，本報では，出芽が揃った播種後2週目の3葉期に，露出した根の長さと苗の固定の安定性を基準として，苗立ち型を次の4種類に分類した．土中型は土壌中に埋没した種籾から出芽した苗，接地型は種籾が土壌の表面に露出して根の一部は僅かに見えるが，種籾と稈基部は地面にしっかりと固定され直立している苗，浮上り型I型は露出根が比較的短く，個体がやや斜めになったり，揺れているが稈基部は比較的しっかり固定されている苗，浮上りII型は個体が完全に横転して水中に没していり，水面で大きく揺れ動いている苗である（第1図）．浮上りI型とII型苗について，水中に露出した種子根の長さを測定したところ，露出根が1.5cm以上の苗は，ほとんどが浮上りII型であり，1.5cm以内の場合は浮上りI型であった．そこで，水中に露出した根の長さ1.5cmを基準にして，1.5cm未満を浮上りI型，1.5cm以上を浮上りII型と判定した．各苗立ち型の発生率は調査枠内の個体について行った．各品種とも播種後16日目の土中型が3葉期に達した時にそれぞれの苗立ち型の発生率を調べた．

土中型の葉齢が3.2，4.2，5.2，6.2に達した時に，調査枠外の個体を対象として幼苗のサンプリング調査を行った．どんとこいとコシヒカリは播種後16，20，24，31日目，ヤマヒカリは播種後16，19，22，29日目であった．サンプリング調査では4つの苗立ち型の苗を無作為に10個体ずつ掘り取って，葉齢，草丈，最長根長，根数，乾物重と完全展開した本葉の葉身長と葉幅を測定した．

幼苗期の生育調査がほぼ終了する播種後4週目から最高分げつ期までは毎週，最高分げつ期から出穂期までは2週間毎に，調査枠内の個体を対象として生育追跡調査を行った．各苗立ち型とも1調査枠から3個体ずつ，4つの調査枠で合計12個体について葉齢，草丈，茎数を調査した．成熟後は調査枠内の全個体について収穫物の形態形質と収量構成要素を調査した．さらに，調査枠内の異なる苗立ち

型由来の個体も全て込みにした全株の籾重を単位面積当たりの籾収量とした．

結　果

1. 異なる苗立ち型の発生率

1999，2000年における各苗立ち型の発生状態を第1表に示した．接地型，浮上りI型，II型を合わせると30〜50%発生したが，どんとこい，コシヒカリ，ヤマヒカリの3品種の間に有意差は認められず，また浮上り型（I型とII型を含む）は両年とも20%前後で差がみられなかった．

2. 幼苗期の生育形質

1999年から2001までの3年間の結果はほぼ同じようであったので，2000年の結果を中心に述べる．第2図に3〜6葉期における草丈，最長根長，根数を示した．草丈は3品種とも3葉期から6葉期にかけて土中型が一番大きく，接地型，浮上りI型，II型の順に小さくなる傾向が認められた．どんとこいとコシヒカリは土中型に比べ，3葉期と4葉期では浮上りII型が，また5葉期以降は浮上りI型，II型がそれぞれ有意に小さくなった．ヤマヒカリで

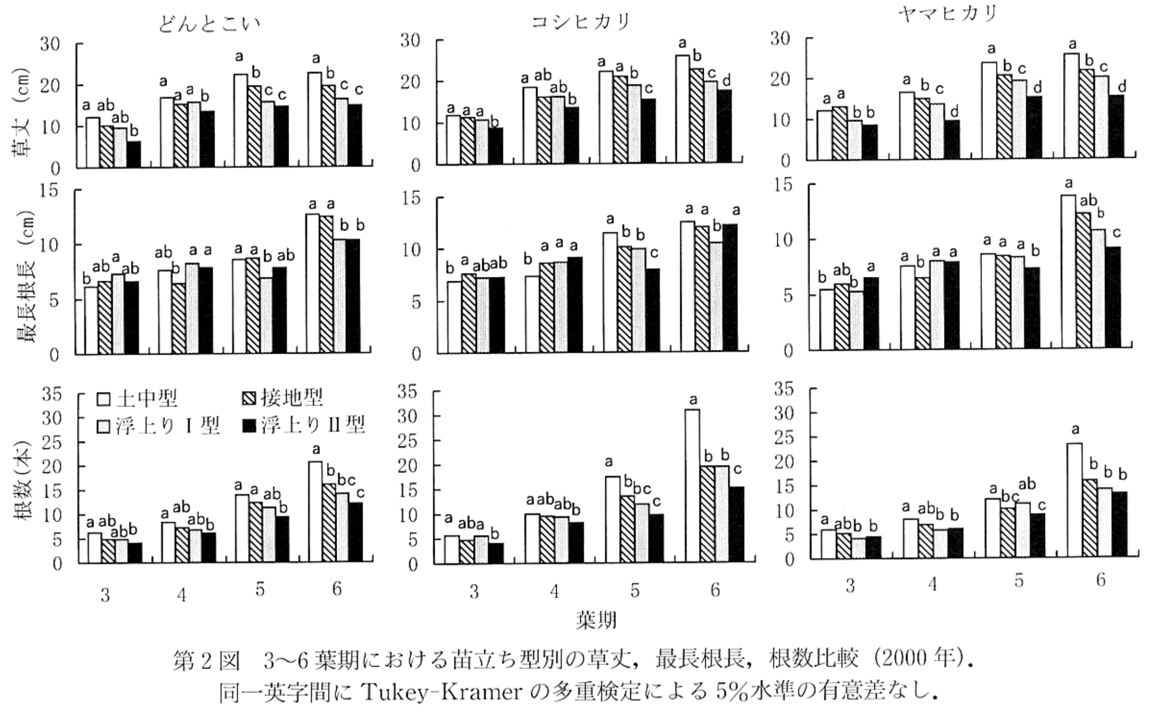
第1表　水田における苗立ち型別発生率（%）．

	苗立ち型	どんとこい	コシヒカリ	ヤマヒカリ
1999年	土中型	67.2 ±2.7	64.8 ±0.8	69.5 ±1.5
	接地型	9.4 ±0.0	11.7 ±0.8	10.2 ±0.8
	浮上りI型	10.2 ±0.8	10.9 ±0.9	9.4 ±0.0
	浮上りII型	13.3 ±2.3	12.5 ±1.3	10.9 ±1.6
2000年	土中型	48.3 ±5.4	50.0 ±4.2	52.9 ±4.3
	接地型	31.1 ±4.3	26.1 ±2.6	29.4 ±1.8
	浮上りI型	10.4 ±1.3	10.3 ±3.0	8.5 ±1.4
	浮上りII型	10.2 ±0.9	13.5 ±3.6	9.3 ±1.6

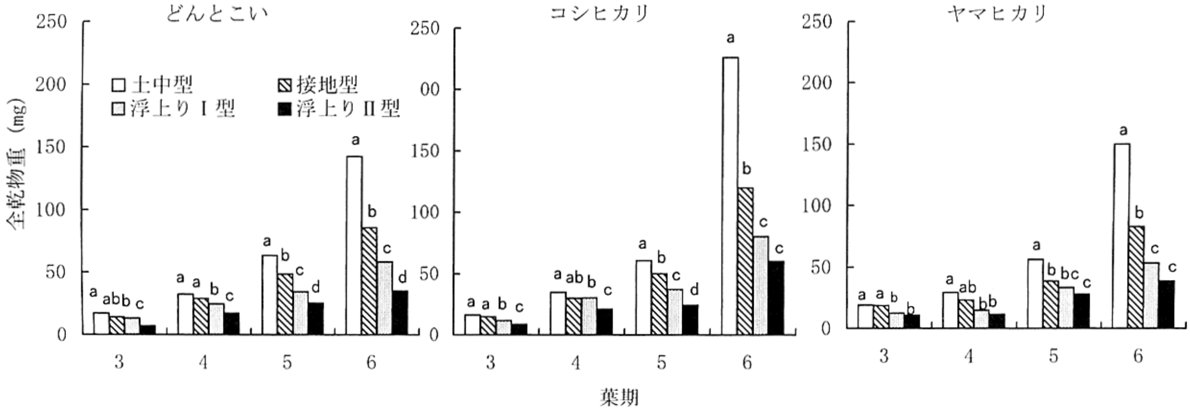
数字は平均値±標準誤差を示す．

は土中型に比べ，3葉期で浮上りI型，II型が，さらに4葉期以降は接地型，浮上りI型，II型がそれぞれ有意に小さくなった．最長根長は3品種とも4葉期までは接地型，浮上りI型，II型が土中型と同じかやや長い傾向があり，5葉期以後は土中型の方が接地型，浮上りI型，II型より長くなる傾向が認められ，この傾向はヤマヒカリで顕著であった．根数についてみると，コシヒカリとどんとこいでは浮上りII型が土中型に比べて3葉期から有意に小さく，接地型と浮上りI型もコシヒカリでは5葉期から，どんとこいでは6葉期から有意に少なくなった．ヤマヒカリでは4葉期には浮上りI型，II型が，それ以後は接地型，浮上りI型，II型が有意に少なかった．全乾物重は3品種とも3葉期から6葉期にかけて土中型，接地型，浮上りI型，II型の順に小さくなり，土中型に比べ，浮上りI型，II型は3葉期から，接地型は5葉期から有意に小さくなった（第3図）．土中型の乾物重を100とした場合，3葉期では接地型，浮上りI型，II型の順に81〜98，65〜77，42〜57，6葉期では53〜60，35〜41，25〜26となり，その差が急速に拡大した．苗の充実度（地上部乾物重/草丈）をみると，土中型に比べて浮上りI型，II型は3葉期ですでに有意に小さく，接地型は5葉期から有意に小さくなった（第2表）．しかも，生長が進むに従って，苗の充実度にみられる差が拡大する傾向にあった．

完全展開した第2，3，4，5，6葉の葉身の大きさを第4図に示した．葉身長は，3品種とも第2葉では土中型，接地型，浮上りI型，II型の間で差がみられなかったが，コシヒカリとヤマヒカリの場合，第3葉から第6葉まで接地型，浮上りI型，II型が土中型より有意に短かった．どんとこいも第3葉と第5葉で葉身長が有意に短くなってい



第2図　3〜6葉期における苗立ち型別の草丈，最長根長，根数比較（2000年）．
同一英字間にTukey-Kramerの多重検定による5%水準の有意差なし．



第3図 3～6葉期における苗立ち型別の全乾物重の比較 (2000年).
同一英字間に Tukey-Kramer の多重検定による5%水準の有意差なし.

第2表 3～6葉期における苗立ち型別の苗充実度の比較 (2000年).

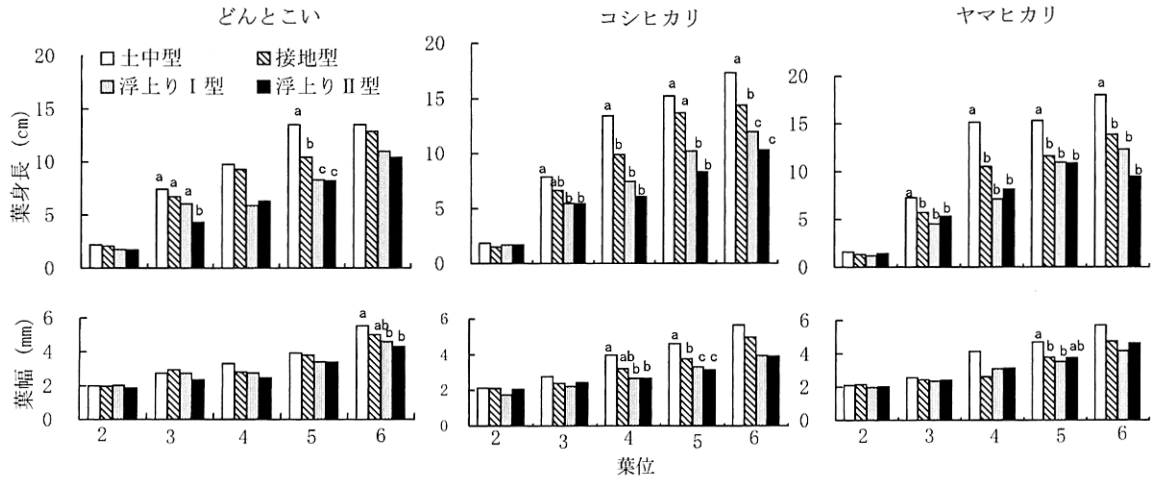
品種名	苗立ち型	地上部充実度(mg/cm)			
		3葉期	4葉期	5葉期	6葉期
どんとこい	土中型	1.0 a	1.4 a	2.2 a	4.8 a
	接地型	1.1 a	1.4 a	1.8 ab	3.2 b
	浮上りⅠ型	1.0 a	1.1 b	1.5 ab	2.6 c
	浮上りⅡ型	0.8 a	0.9 c	1.2 b	1.6 d
コシヒカリ	土中型	0.9 a	1.4 a	2.0 a	6.4 a
	接地型	0.9 a	1.3 a	1.7 b	3.6 b
	浮上りⅠ型	0.7 b	1.3 a	1.4 c	2.8 c
	浮上りⅡ型	0.7 b	1.1 b	1.1 d	2.2 c
ヤマヒカリ	土中型	1.1 a	1.4 a	1.8 a	4.6 a
	接地型	1.0 ab	1.1 b	1.4 b	2.7 b
	浮上りⅠ型	0.8 c	0.8 c	1.3 b	1.9 b
	浮上りⅡ型	0.9 bc	0.8 c	1.3 b	1.6 b

各欄の同一英字間に Tukey-Kramer の多重検定による5%水準の有意差なし.

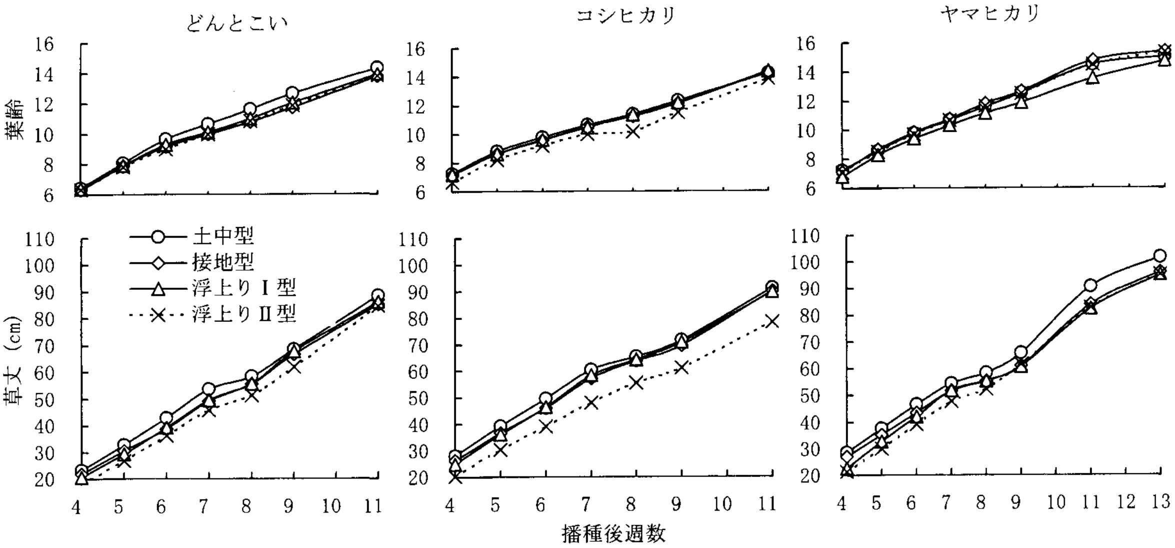
た. また, 葉幅は3品種とも第2, 3葉では差がみられなかったが, コシヒカリの第4, 5葉, ヤマヒカリの第5葉, どんとこいの第6葉は土中型が接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型よりも有意に大きく, 接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型の順に小さくなる傾向が認められた. 以上の結果から, 接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型は土中型と比べて既に第3葉の葉身が短く, 第4葉以降葉幅が小さくなる傾向にあり, 葉位が進むに従って土中型と接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型の葉身の長さと幅の差が拡大していくことが明らかになった. なお, この傾向はどんとこいよりもコシヒカリとヤマヒカリでより明確であった.

3. 6葉期から出穂期までの生育経過

播種後4週目には3品種ともに何れの苗立ち型由来の個体も6葉期に達した. 6葉期から出穂期までの葉齢と草丈の推移を第5図に, 茎数の推移を第3表に示した. 葉齢は3品種とも苗立ちによってバラツキがみられたが, その差は小さく, 出穂期における主稈葉数の差は認められなかった. 草丈は調査期間を通じて3品種とも土中型が最も大きく, 接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型の順に小さくなる傾向があったが, ヤマヒカリは播種後7週目以降, どんとこいは播種後9週目以降になると土中型と接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型の間に差がみられなくなった. 一方, 2000年のコシヒカリは浮上りⅡ型が11週目でも有意に小さかったが, 1999年と2001年にはヤマヒカリと同様に7週目以降有意



第4図 苗立ち型別にみた完全展開した2～6葉の葉身長と葉幅の比較 (2000年).
同一英字間に Tukey-Kramer の多重検定による5%水準の有意差なし.



第5図　播種後4週目～出穂期の苗立ち型別葉齢，草丈の推移（2000年）.

第3表　播種後4週目～出穂期の苗立ち型別茎数の比較（2000年）.

品種名	苗立ち型	播種後週数 4	5	6	7	8	9	11	13
どんとこい	土中型	3.6 a	6.3 a	9.3 a	12.0 a	15.3 a	15.1 a	13.0 a	
	接地型	3.1 ab	4.4 b	6.1 b	7.7 b	8.3 b	8.1 b	5.9 b	
	浮上りⅠ型	2.5 bc	3.7 bc	4.5 c	5.3 c	6.1 bc	5.8 bc	4.8 b	
	浮上りⅡ型	1.9 c	3.0 c	4.1 c	4.1 c	4.1 c	4.3 c	3.8 b	
コシヒカリ	土中型	4.6 a	7.3 a	8.7 a	9.6 a	9.8 a	9.1 a	8.5 a	
	接地型	3.7 b	4.8 b	6.0 b	6.3 b	6.3 b	5.4 b	4.3 b	
	浮上りⅠ型	2.9 b	4.2 b	4.3 c	4.2 c	4.3 bc	4.1 b	3.6 b	
	浮上りⅡ型	1.4 c	2.8 c	3.3 c	3.5 c	3.3 c	3.4 b	2.9 b	
ヤマヒカリ	土中型	4.2 a	6.8 a	7.9 a	8.6 a	10.0 a	9.3 a	9.4 a	8.8 a
	接地型	3.3 b	4.8 b	5.5 b	5.8 b	6.8 b	6.5 b	7.6 a	7.1 a
	浮上りⅠ型	2.5 c	3.4 c	3.9 c	3.8 c	4.1 c	3.8 c	3.8 b	3.6 b
	浮上りⅡ型	1.8 d	2.7 c	2.7 c	3.1 c	2.9 c	3.0 c	3.0 b	2.8 b

各欄の同一英字間に Tukey-Kramer の多重検定による5%水準の有意差なし.

差がみられなかった.

3品種の茎数は6葉期（播種後4週目）には土中型は3.6～4.6本であった（第3表）．接地型は3.1～3.7本，浮上りⅠ型は2.5～2.9本，浮上りⅡ型は1.4～1.8本で，浮上りⅠ，Ⅱ型は土中型だけでなく接地型よりも有意に少なく，苗立ち型によって茎数に明らかな差が認められた．このような苗立ち型間の茎数の差は3品種とも最高分げつ期まで続き，最高分げつ数で比べると，どんとこい（播種後8週目）では土中型の15.3本に対して接地型が8.3本，浮上りⅠ型が6.1本，浮上りⅡ型が4.1本と少なく，コシヒカリとヤマヒカリも同様の傾向を示し，各品種とも土中型の茎数は浮上りⅡ型より約3倍多かった．最高分げつ期を過ぎると土中型，接地型の茎数が1～2本減少することもあって，苗立ち型間の差は縮小したが，出穂期においてもどんとこいとコシヒカリでは土中型と接地型・浮上りⅠ型・Ⅱ型の間に，ヤマヒカリは土中型・接地型と浮上りⅠ型・Ⅱ型の間にそれぞれ有意差が認められた.

4. 収穫期における形態形質

接地型，浮上りⅠ型，Ⅱ型苗と土中型由来の個体がそれぞれ収穫期に達した時の形態形質を第4表に示した．各品種とも1株当たりの籾重，藁重とも苗立ち型間に有意な差異が認められ，土中型が最も大きく，浮上りⅡ型が最も小さくなった．籾藁比をみると，どんとこいでは土中型が接地型，浮上りⅠ型，Ⅱ型より有意に大きかった．コシヒカリとヤマヒカリでは有意な差異は認められなかったが，土中型と接地型は浮上りⅠ型，Ⅱ型よりは大きい傾向を示した．このように，幼苗期に地表面への固定の強度が弱い苗ほど藁に比べて籾収量が少なくなる傾向が認められた．1株当たりの根数をみると，どんとこいは土中型の220本に対して接地型が132本，浮上りⅠ型が102本，浮上りⅡ型が63本，コシヒカリとヤマヒカリもどんとこいと同じように，土中型，接地型，浮上りⅠ型，Ⅱ型の順に少なくなり，苗立ち型間に有意差が認められた．1茎当たりの根数に換算すると，1株総根数と逆にコシヒカリとヤマヒカリでは接地型，浮上りⅠ型，Ⅱ型が土中型よりむしろ多い傾向がみられた.

5. 収量および収量構成要素

収量および収量構成要素を第5表に示した．1株穂数は

第4表 収穫期における苗立ち型別個体の形態形質 (2000年).

品種	苗立ち型	稈長 (cm)	穂長 (cm)	1株根数 (本)	1茎根数 (本)	1株籾重 (g)	1株藁重 (g)	籾藁比
どんとこい	土中型	77.3 a	19.0 a	219.6 a	34.3 a	10.5 a	10.3 a	1.02 a
	接地型	73.2 a	16.9 b	131.8 b	30.0 a	7.0 b	10.1 a	0.69 b
	浮上りⅠ型	74.4 a	17.4 ab	101.2 b	28.9 a	4.3 c	5.7 b	0.75 b
	浮上りⅡ型	64.0 b	16.5 b	62.7 c	22.4 b	4.1 c	7.9 b	0.52 b
コシヒカリ	土中型	87.1 a	19.6 a	141.4 a	18.4 b	13.9 a	16.5 a	0.84 a
	接地型	83.6 a	19.4 a	96.2 b	18.9 b	9.2 b	10.4 b	0.88 a
	浮上りⅠ型	80.7 a	19.2 a	78.9 b	21.9 b	5.3 c	6.8 c	0.78 a
	浮上りⅡ型	67.4 b	17.9 a	68.1 b	29.6 a	3.8 c	6.2 c	0.61 a
ヤマヒカリ	土中型	78.7 a	20.7 a	141.3 a	18.1 b	14.5 a	18.8 a	0.77 a
	接地型	75.2 a	18.8 a	110.6 a	26.3 a	7.0 b	8.5 b	0.82 a
	浮上りⅠ型	68.1 a	18.6 a	55.4 b	14.6 b	5.4 b	8.5 b	0.64 a
	浮上りⅡ型	71.9 a	18.7 a	54.8 b	28.8 a	2.5 c	3.7 c	0.68 a

各欄の同一英字間に Tukey-Kramer の多重検定による5%水準の有意差なし.

第5表 苗立ち型別の収量と収量関連形質の比較 (2000年).

品種	苗立ち型	1株穂数	1穂籾数	1株籾数	1株籾重 (g)	登熟歩合 (%)	籾千粒重 (g)	籾収量 (g/m^2)	有効茎歩合 (%)
どんとこい	土中型	6.4 a	84.9 a	543.4 a	10.5 a	80.5	24.0	711.4	64.9
	接地型	4.4 b	80.2 a	352.9 b	7.0 b	81.3	24.5		61.8
	浮上りⅠ型	3.5 b	64.5 b	225.8 c	4.3 c	78.9	24.3		60.4
	浮上りⅡ型	2.8 b	69.7 ab	195.2 c	4.1 c	85.6	24.6		43.4
コシヒカリ	土中型	7.3 a	95.3 a	695.7 a	13.9 a	82.1	24.4	732.7	70.8
	接地型	5.1 b	90.1 a	459.5 b	9.2 b	82.7	24.2		62.5
	浮上りⅠ型	3.6 bc	77.4 a	278.6 bc	5.3 c	80.4	23.8		64.9
	浮上りⅡ型	2.3 c	81.7 a	187.9 b	3.8 c	82.5	24.4		69.4
ヤマヒカリ	土中型	7.8 a	88.1 a	687.2 a	14.5 a	82.5	25.5	715.7	70.3
	接地型	4.2 b	74.2 b	311.6 b	7.0 b	86.9	25.8		85.5
	浮上りⅠ型	3.8 b	69.6 b	264.5 b	5.4 b	79.6	25.6		83.6
	浮上りⅡ型	1.9 c	61.8 b	117.4 b	2.5 c	85.2	25.1		64.7

各欄の同一英字間に Tukey-Kramer の多重検定による5%水準の有意差なし.

どんとこいが土中型の6.4本に対して接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型はそれぞれ4.4本, 3.5本, 2.8本であり, 土中型は接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型より有意に多かった. コシヒカリ, ヤマヒカリもほぼ同様の結果であった. 1穂籾数はヤマヒカリでは土中型が接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型より有意に多かったが, 接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型の間に差は認められず, どんとこい, コシヒカリでは土中型, 接地型が多いものの, 一定の傾向は認められなかった. 1株籾重と1株籾数は3品種とも土中型が接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型より有意に大きく, 接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型の順に小さくなった. 登熟歩合は3品種とも80%台と良好であり, 籾千粒重と登熟歩合ともに4種類の苗立ち型間で差が認められなかった. なお, 有効茎歩合はどんとこいの浮上りⅡ型が低かった以外は, 接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型と土中型との値に大きな差はなく, ヤマヒカリの接地型, 浮上りⅠ型のように土中型よりむしろ高くなる個体もみられた.

以上から, 接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型と土中型とも株収量は1株穂数の影響を最も強く受け, 接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型の中では幼苗の固定が弱くなるに従って, 即ち, 定着の悪い苗ほど株収量も少なくなることが明らかになった.

考 察

1. たこあし苗の発生について

水田で種籾を丁寧に土壌中へ散播した場合でも, 本実験では接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型が30%から50%程度発生した. 中村 (1981) はカルパーでコーティングした種籾 (カルパー：乾籾重=1：1) を湛水深30 mmの条件で播種して48時間経過すると, 播種深度4 mmの場合が100%, 播種深度8 mmの場合が13%地表へ浮き上がったと報告している. 手播きの場合には代掻き直後に播種することも可能といわれているなかで, 本実験では代掻き2時間後に手播き播種したが, 接地型, 浮上りⅠ型, Ⅱ型を含む「たこあし苗」の割合が30～50%であった. この結果は, 全ての種籾が埋没はしていたが, 必ずしも播種深度が1 cmに達していない種籾もあったことを示していると思われる. しかし,「たこあし苗」の内訳をみると地表に固定されている接地型を除く, 転び苗となる浮上りⅠ型, Ⅱ型の発生率は何れの品種も1999, 2000年とも20%程度

で，小山ら（1990）の12～15%よりやや高いが，鍋島・岩井（1995）の35%，嶽石ら（1990）の48%よりは低く，比較的良好な苗立ちが得られていたと判断できる．なお，本実験では，草型や生育日数が異なる3品種を供試したが，浮上りI型，II型のみでなく，何れの苗立ち型の発生率にも明確な品種間差は認められなかった．

2. 生育形質と収量構成要素について

中村（1981）は，バットを利用した実験で針金を支持体として種籾の底部が地表面に接した状態を播種深度0 mmとし，5 mm間隔で種籾を水中で20 mmまで持ち上げた場合と，逆に20 mmまで埋没させて播種した9種類の苗の播種後20日目の生育を調査し，草丈は播種深度0 mmが最長となり，浮き上がった苗は埋没区より短く，根部および茎葉部乾物重はともに草丈と同一の傾向を示したことを報告している．本実験の3週目の結果ではヤマヒカリは中村の結果とよく似た傾向を示したが，コシヒカリとどんとこいでは土中型の草丈が最も長くて，4週目の6葉期に達する頃には3品種とも土中型が有意に長くなった．このように，中村（1981）が行ったバット実験の報告と一部傾向を異にした結果であったのは，本実験が水田で実施されたものであり，風当たりや田面水の還流移動など環境条件が異なること，またそれらの影響は苗が生長して水上・水中露出部が多くなった段階でより大きくなったためと理解できる．

本実験では，接地型，浮上りI型，II型の個体は3葉期では草丈，根数，乾物重などが土中型よりやや劣り，3葉期から6葉期にかけて葉身長，葉幅が小さくなり，6葉期になると各形質とも土中型より顕著に小さくなった．このように，独立栄養移行期の第4，5葉の葉身が小型化することは光合成量にも差をもたらし，そのことが6葉期になると乾物重の大きな差をもたらしたものと推察される．4週目以降の生育経過をみると，草丈は7～9週目までに接地型，浮上りI型，II型と土中型の間に差が小さくなり，接地型，浮上りI型，II型は伸長の劣勢を回復することができたが，根数と乾物重と茎数は収穫期まで差が続き，3～6葉期に生じた差を挽回することはできなかった．このため，接地型，浮上りI型，II型由来の成熟個体は幼苗期の分げつ数の減少が直接影響して，収量関連形質のうち千粒重と登熟歩合には差が認められなかったもの，1株穂数が有意に少なくなり，1株籾重が減少した．嶽石ら（1990）も播種深度0.5 cm以内では幼苗期に根が浮き上がり，分げつが劣ったことを指摘しており，生育初期における苗の定着安定性の重要さを裏付ける結果と理解できる．本実験においてヤマヒカリでは，有効茎歩合は土中型と比べて接地型で高かった．これは接地型の分げつ数が少なく，1株穂数が少ないことと密接に関係しており，1株穂数の少ないことは1株内の出穂期間の短さ，すなわち穂揃いの良さにつながったものと考えられる．直播栽培の欠点とされる過繁茂，あるいは出穂日の不揃いによって登熟期間が長くなる点においては，ヤマヒカリの接地型は土中型に比べて好ましい結果を示したと言えよう．

3. 苗立ち型に分類することの意義

従来から水稲湛水土壌中散播栽培において転び苗は収穫期に倒伏して収量の減少を招きやすいと指摘されてきた．本実験では，様々な苗立ち型が混在しており，浮上りI型やII型のみが局在して倒伏するということはなかった．そのような状態で，転び苗に相当すると考えられる浮上りI型が播種後1ヶ月半頃から，浮上りII型が播種後2ヶ月頃から，立毛状態では接地型と見分けがつかなくなったものの，土中型に比べて分げつ数が少なく，1株穂数が減少したことから，倒伏しない場合でも両浮上り型の存在は収量を直接減少させる要因となり得ることが判明した．しかも，接地型，浮上りI型，II型の中では，土壌表面に露出する根が長いほど，即ち苗立ちが不安定なイネほど1株収量が少なくなることも示された．

苗立ちに関して湛水表面播種においては2葉期までが苗立ちにとって最も重要な時期であること（Inoueら 1997），苗立ち率はおおよそ3葉期までに決定される（天野ら 1993）との報告がある．ところが，苗立ち型は生育の進行，なかでも発根数が増加すると外見上は変化したように見えることが本実験でも確認されており，Inoueら（1997）も2葉期と比べて4葉期では本実験の分類に相当する浮上り型の割合が減少し，接地型の割合が増加する，即ち苗立ち型が変化するという結果を得ている．従って，苗立ち型の判定をいつ行うかは重要となる．本実験では苗立ち型の判定を3葉期で行った．3葉期から6葉期まで各葉期に生育形質を調査した結果では，幼苗の全乾物重は3葉期で苗立ち型間に有意差があり，葉身の形態も各品種とも第2葉の葉身長には差がみられないものの，第3葉では苗立ち型間で有意差が出てくる．

このように，直播イネにとって3葉期は苗立ち型によって，即ち苗立ちの良否によって生育形質に差が生じ始め，その後の生育にも影響を及ぼす時期であり，苗立ち型を判定するには適切な時期と考えられる．以上のことから，湛水土壌中直播の生育・収量を検討していくうえで3葉期に苗立ち型を分類することは意味があると考える．

引用文献

天野高久・田中英彦・井上直人 1993. イネ湛水直播における低温苗立ち性の品種間差異. 京都府立大学農場報告 16 : 12—21.

千葉雅大・山口弘道・松村修 2002. 直播水稲の群落内個体間競争に及ぼす苗立ち遅速の影響. 北陸作物学会報 38（別）: 13—14.

姫田正美 1995. 直播稲作への挑戦—直播稲作研究四半世紀のあゆみ—. 櫛渕欽也（監修），農林水産技術情報協会，東京.（1）iii—v.

北陸農業試験場 1991a. 水稲の潤土直播作業技術. 北陸農業研究成果

情報 7 : 149—150.
北陸農業試験場 1991b. 潤土直播水稲の生育の特徴と生育制御法. 北陸農業研究成果情報 7 : 165—166.
北陸地域直播稲作推進会議 1998. 北陸地域水稲直播栽培一斉調査結果報告書. 北陸農政局・北陸農業試験場・北陸地域直播推進連絡会議. 1—31.
Inoue, N., T. Amano and K. Khoko 1997. Seedling establishment of rice sown on soil surface in flooded paddy field. Jpn. J. Crop Sci. 66 : 632—639.
椛木信幸・金忠男 1991. 水稲の高密度散播直播栽培における生育制御. 北陸農試報 33 : 55-81.
小山豊・深山政治 1990. 水管理による出芽・苗立ち及び初期生育の制御. 千葉県農業試験場特別報告 17 : 23—32.
三石昭三 1975. 水稲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. 石川農業短期大学特別研究報告 4 : 1—59.
三石昭三 1982. 水稲の湛水土壌中直播法が成立するまで. 農業技術 37 : 294—298.
三石昭三 1991. 我が国における水稲直播栽培の消長. 岐阜経済大学論集 24 : 11—36.
鍋島学・岩井昭衛 1995. 水稲湛水散播栽培における苗たち向上法について. 浮き苗・転び苗防止のための水管理法. 日作紀 64（別2）: 39—40.
中村喜彰 1981. 水稲の湛水土壌中直播機の開発に関する研究—適正播種深度と稲の生育—. 農機誌 43 : 203—209.
日本型直播稲作導入指針編集委員会 1997. 日本型直播稲作導入指針. 農林水産省農業研究センター. 1—217.
嶽石進・福田兼四郎 1990. 湛水土壌中直播栽培の安定化. 秋田県農業試験場研究報告 30 : 1—16.
周紅・森田脩・江原宏 1999. 水稲湛水土壌中散播栽培におけるたこあし苗と正常苗の生育比較. 日作東海支部報 128 : 9—13.

Stability, Growth and Yield of Different Establishment Types of Rice Broadcasted in Submerged Soil : Hong ZHOU, Osamu MORITA and Hiroshi EHARA (*Fac. of Bioresources, Mie Univ., Tsu 514-8507, Japan*)

Abstract : Field trials were conducted to study the stability, growth and yield characteristics of various establishment-type cultivars of rice broadcasted in submerged soil. Rice cultivars Dontokoi, Koshihikari and Yamahikari were used. Germinated seeds were coated with calcium peroxide and were broadcasted in the submerged soil in the early May in 1999, 2000 and 2001. Establishment of the seedlings was classified into four types at the 3rd leaf stage according to the penetration and fixation of the root into the ground as follows : (1) perfect establishment type (PE type), (2) fixed type : the seedling fixed although a part of roots emerged on the ground (FX type), (3) floating 1 type : the seedling fixed although the seed was floating (FL-1 type), and (4) floating 2 type : the seedling was floating (FL-2 type). The plant length, total dry matter weight and seedling strength (shoot dry-matter weight/plant length) at the early growth stage tended to be smaller in FL-1 and FL-2 types in each cultivar. There was no significant difference in plant length among the four types after the maximum tiller number stage. Contrarily, the total dry matter weight and stem number per plant of FL-1 and FL-2 types were lower than those of PE and FX types. The low yield of FL-1 and FL-2 types was mainly attributed to a small number of spikelets per plant with a small number of panicles per plant. Besides, there were no distinct differences in 1000-grain-weight and percentage of ripened grains among the four types at harvest. As described above, the insufficient fixation of root into the ground at the 3rd leaf stage decreased stem number, which accounted for the small number of panicles and the low yield.

Key words : Broadcast seeding, Rice, Seedling establishment, Seedling establishment types, Seedling growth, Turned down seedling.