

深水処理が水稻分げつの出現に及ぼす影響

大江 真道・後藤 雄佐*・星川 清親*

(大阪府立大学農学部・*東北大学農学部)

1994年1月26日受理

要旨 : 水稻の分げつの出現に及ぼす深水の影響を調べるために、深水処理期間中の水深を一定に保つ実験(第1実験)と、主茎の葉の展開完了ごとに水深を段階的に深くして行く実験(第2実験)を行った。第1実験では、主茎のすべての完全展開葉の葉鞘が水面下に沈むように主茎葉齢約5.0から葉鞘の高さを水位の基準にして処理した結果、水没した主茎の葉鞘内で生長中の分げつのうちで特に3号分げつ(T3)の出現が抑制された。しかし、T3と同様に水没した主茎の葉鞘内で生長中のT4、T5の出現は抑制されなかった。このことから、深水による分げつの出現抑制は、必ずしも分げつ芽を包む主茎の葉鞘の水没によって決定づけられるものでないと推定した。第2実験では主茎のすべての完全展開葉の葉鞘が常に水面下に沈むように、葉が一枚展開するごとに順次水深を深くする処理を主茎葉齢約5.2から10.5まで行った。その結果、T4、T5、T6の出現が抑制された。水深を深くした時期と分げつの生長反応との関係から、分げつ芽の深水に対する影響は生育段階によって異なり、最も影響を受けやすい生育段階は、分げつ芽自身が葉原基を約4枚分化して葉鞘から出現直前の時期で、その前の、葉原基を2~3枚分化した早い時期、及び出現を開始した生育の進んだ時期は影響が小さいことがわかった。

キーワード : 水稻, 生育段階, 生育抑制, 深水処理, 分げつ。

Effects of the Deep Water Treatments on the Emergence of Tillers of Rice Plant : Masamichi OHE, Yusuke GOTO* and Kiyochika HOSHIKAWA* (*The College of Agriculture, University of Osaka Prefecture, Sakai 593, Japan*; **Faculty of Agriculture, Tohoku University, Sendai 981, Japan*)

Abstract : We carried out two types of experiments to clarify the emergence of tillers of rice plants under deep water conditions. One (Exp. 1) was to keep the water level constant during the treatment, and the other (Exp. 2) was to raise the water depth in some grades. In Exp. 1, when the water level was deep enough to submerge the leaf sheath of the fully expanded leaf of main stem at about 5.0 plant age in leaf number, the emergence of 3rd node tiller (T3), which was growing inside the completely submerged leaf sheath, was inhibited. Though the emergence of T3 was inhibited, the emergence of T4 and T5, which were growing inside the completely submerged leaf sheath at the start of treatment, was not inhibited. There was not always a relation between the inhibition of tiller emergence and the complete submergence of the leaf sheath. In Exp. 2, the emergence of T4, T5 and T6 node tiller was inhibited when the water level was deep enough to submerge the leaf sheath of the fully expanded leaf of the main stem from the plant age of about 5.2 to 10.5 in succession. From the relation between the plant age at the time of the deep water treatment and the growth response of the tiller, we concluded that the growth response of the tiller under deep water varied with the growth stage of the tiller bud; the most sensitive growth stage of the tiller bud to the deep water was just before emergence of the tiller which had four differentiated leaves. However, at the early growth stage just as the tiller bud differentiated 2-3 leaves and at the late growth stage just as the tiller began to emerge from the leaf sheath, the tiller growth was scarcely inhibited.

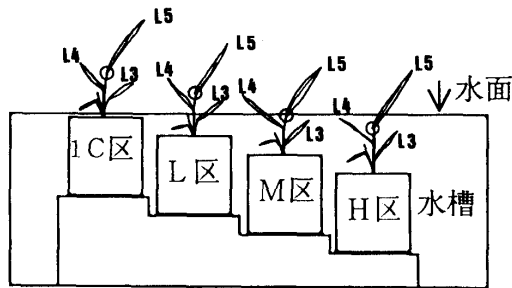
Key words : Deep water treatment, Growth inhibition, Growth stage, Rice plant, Tiller.

生育初期の稲体を低温から守るため、あるいは幼穂を低温から保護するために、従来から深水管理がなされている。また、水稻の生育の安定と収量並びに品質の向上を目的とした栽培技術の中で深水を利用する場合がある。そのような栽培法は水稻の生育に合わせて水位を上昇させ、弱小分げつの出現を抑制して有効茎歩合を高めようとするものであるが、最も深いときには20 cm以上の水深とすることが

ある^{注1}。

日本型イネの深水条件下での生長について、古くは近藤・岡村⁴⁾により、浸水により葉鞘・葉身が対照区に比べて伸長すること、そして分げつの増加が抑制されることが報告されている。また、冠水により主茎葉が著しく伸長すること、分げつの出現が抑制されることが、林・山本³⁾により報告されている。インド型の浮イネ品種を用い、深水と分げつ出現との関係を調べた花田・香川¹⁾の報告によれば、深水による分げつの芽の生長抑制には、その分げつ芽を包む主茎葉鞘の水没が主要因として働くと結論されている。しかし、現行栽培での日本型イネ品種の湛水深

注1「イラストみんなの農業教室。水稻の増収技術(星川清親 1990. 家の光協会, 東京)」 「良食味・多収の豪快イネづくり。(薄井勝利 1991. 農山漁村文化協会, 東京)」で紹介。



第1図 一定水深による深水処理の方法 (第1実験).

○: L5カラー.

1C区: 対照区. 水深は約3cm.

L区: 水位はL3カラーとL4カラーの中間.

M区: 水位はL5カラー付近.

H区: 水位はL5カラーの約2cm上.

に対する反応性については不明確な点が多い.

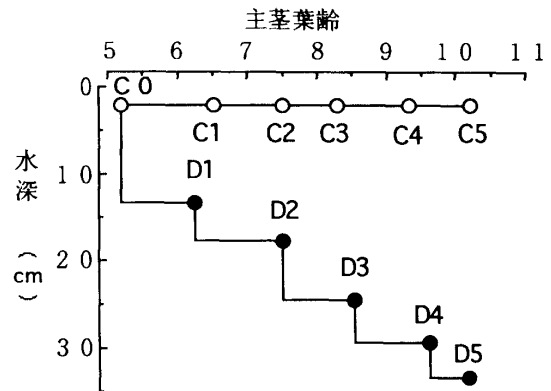
本実験では、水管理による生育制御技術の基礎的知見を得ることを目的として分げつの出現に着目し、二つの実験を行った。すなわち異なる三つの水位の深水処理区を設けて処理期間中一定水位を保つ実験と、主茎の葉の展開に合わせて次々と水位を変える実験である。この二つの実験から、最初に設定する水深の違いが分げつの出現にどのように影響するのか、また、生長に対応して水深を深くすることが分げつの出現にどのように影響するのかを調査し、分げつの出現に対する深水の影響を分げつの生育段階と関連づけて検討した。

材料と方法

水稻品種ササニシキを用い、1/5000 a ワグネルポットにポット当たり9粒(催芽粒3粒ずつを3カ所)播種した。ガラス室内で育て、主茎葉齢約3.5の時に間引いてポット当たり3個体(1カ所に1個体)とした。肥料は深水条件下では追肥が困難であるため、肥効の長い溶出調節型肥料を用い、全量を基肥とし窒素成分量でポット当たり3g与えた。深水処理は大型のプラスチック製の水槽を用いて行った。水温は約25°Cから30°Cで管理した。なお、分げつの表記は、L1(不完全葉を第1葉とし、以下、主茎の第n葉をLnと表記)の葉腋から発生する1次分げつを1号分げつとしT1で表し、以後順にT2, T3, T4, …Tnとし、2次分げつはTn-nと表した。

第1実験: 一定水深による深水処理

水深約3cmの慣行水位区を対照区(以下, 1C区)



第2図 段階的水深増による深水処理の方法 (第2実験).

○: 対照区の水深.

●: 段階的水深増処理区の水深.

深水区の処理開始時の水位はL5のカラーが水面下約1cm(水深約14cm)となるようにし、その後は展開完了した最上位展開葉のカラーが常に水没するように設定した。

とした。深水処理は主茎葉齢約5.0から8.8までの期間(15日間)行った。深水区は水位を次の3段階に変えた区を設け1区4ポットとした。すなわち、水位をL3カラーとL4カラーの間に設定した区(L区: 水深約9cm)、水位を処理時の完全展開葉であるL5のカラー部分に合わせた区(以下, M区: 水深約15cm)、水位をL5カラーの約2cm上とした区(以下, H区: 水深約17cm)である(第1図)。

主茎葉齢約8.8の時に抜き取りを行い、葉身長・葉鞘長、節位別の分げつ出現の有無について調査した。

第2実験: 段階的水深増による深水処理

第1実験と同様に水深約3cmの慣行水位区を対照区(以下, 2C区)とした。深水処理は主茎葉齢約5.2の時に、完全展開葉であるL5のカラーが水面下となるようにポットを沈め(第1回の深水処理: 水深約14cm)、以後主茎の葉が1枚展開するごとに完全展開した葉のカラーが水面下となるようにポットを沈める処理(5~7cmずつ段階的に深くする)を行った。この順次水深を深くする深水区(以下, D区)は、主茎葉齢が約10.5になるまでの25日間に合計5段階(各水深増の時期をD1~D5で表記)設けた(第2図)。なお、水位の調節はポットの下に層状に積み重ねた薄いコンクリートブロックを抜き取ることで行った。水深を深くするごとに3ポットずつ9個体を抜き取り調査した。

結 果

第1実験：一定水深による深水処理

草丈は水深が深くなるにつれて高くなり、茎数はM区、H区で1C区より約3~3.5本少なくなった(第1表)。深水処理による葉鞘長と葉身長の変化を第2表に示した。L5の葉鞘長とL6, L7, L8の葉鞘長並びに葉身長は水深が深いほど長くなった。特にH区では1C区に比べてL6の葉鞘長が約40%長く、L7の葉身長が約25%長くなった。以上のように主茎葉齢約5.0から8.8まで(約15日間)の深水処理により主茎各葉の葉鞘はL5~L8が、葉身はL6~L8が1C区より長くなった。

T2~T6の1次分けつとT2, T3の2次分けつ

第1表 深水における水深*が主茎葉齢と草丈、茎数に及ぼす影響。

区	主茎葉齢	草丈 (cm)	茎数 (本/個体)
1C	8.8 a	52.4 a	9.0 a
L	8.9 a	56.0 b	9.1 a
M	8.8 a	59.9 c	6.2 b
H	8.9 a	60.3 c	5.5 b

*：第1実験。深水処理：主茎葉齢約5.0~8.8 (15日間)。調査時期：主茎葉齢約8.8。

同一英小文字を付した区間には new multiple range test による有意差 (1% 水準) が認められないことを示す。

の深水処理終了時での出現率を第3表に示した。深水処理開始時に既に葉鞘より出現していたT2は、水深に関係なく各区で100%の出現が確認できた。ただし、M区とH区においてT2の第2葉の葉鞘は水面まで伸長し、葉身が軟弱に伸びて水面上に浮くように展開し、生育が停滞している分けつも見られた。T3は深水処理開始時に葉鞘の外に出現する直前の分けつであるが、1C区とL区では100%出現したがM区では33%、H区では20%と低い出現率となった。T4の出現率は各深水処理区ともに約90%で、1C区(100%)よりは低い値であったが、M区やH区のT3(33, 20%)のような低さではなかった。T5はM区で92%であったが、他の区においては100%の出現率となった。2次分けつの出現についてはT2-1, T2-2の出現率がM区(42, 58%)、H区(10, 30%)で低くなった。T3-1はもともと母茎のT3の出現率が低かった(20~33%)ことにもよるが、M区とH区において著しく低い出現率(8, 0%)となった。

第2実験：段階的水深増による深水処理

草丈は、2C区に比べてD区は高く推移し、生育が進むにつれてその差が拡大する傾向となった(第3図)。主茎葉齢約9.2(深水処理後18日目)の時点のL5以上の葉の葉鞘長と葉身長を第4表に示した。深水処理開始時に完全展開直後の葉であったL5の

第2表 深水における水深*が主茎各葉の葉鞘長と葉身長 (cm) に及ぼす影響。

区	L5		L6		L7		L8	
	葉鞘	葉身	葉鞘	葉身	葉鞘	葉身	葉鞘	葉身
1C	11.6 a	14.7 a	14.9 a	21.3 a	17.7 a	26.8 a	20.4 a	31.2 a
L	12.8 b	15.3 a	16.7 b	22.2 a	19.2 b	28.9 b	20.8 a	32.6 b
M	14.5 c	15.7 a	20.1 c	24.4 b	22.0 c	33.0 c	22.7 b	35.8 c
H	14.9 c	14.9 a	21.0 c	24.7 b	22.6 c	33.6 c	22.9 b	35.6 c

*：第1実験。深水処理：主茎葉齢約5.0~8.8 (15日間)。調査時期：主茎葉齢約8.8。

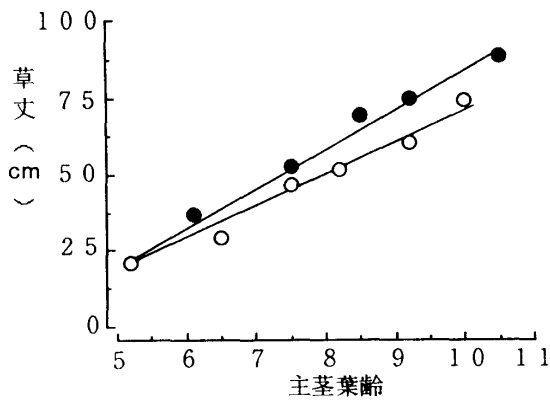
同一英小文字を付した区間には new multiple range test による有意差 (1% 水準) が認められないことを示す。

第3表 深水における水深*が1次分けつ、2次分けつの出現率 (%) に及ぼす影響。

区	T2	T3	T4	T5	T6	T2-1	T2-2	T3-1
1C	100	100	100	100	100	100	100	90
L	100	100	91	100	100	91	91	100
M	100	33	92	92	100	42	58	8(25)**
H	100	20	90	100	100	10	30	0

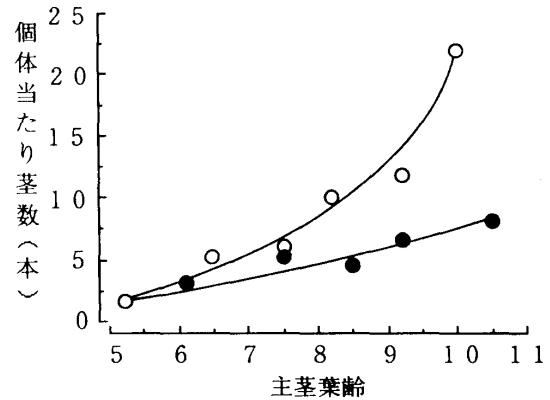
*：第1実験。深水処理：主茎葉齢約5.0~8.8 (15日間)。調査時期：主茎葉齢約8.8。

**：()内は出現したT3に対する出現率を表す。同一英小文字を付した区間には new multiple range test による有意差 (1% 水準) が認められないことを示す。



第3図 段階的水深増による深水処理が草丈の推移に及ぼす影響。

○: 対照区 (2C).
●: 段階的水深増による深水区 (D).



第4図 段階的水深増による深水処理が茎数の推移に及ぼす影響。

○: 対照区 (2C).
●: 段階的水深増による深水区 (D).

第4表 段階的水深増による深水処理*が主茎各葉の葉鞘長と葉身長 (cm) に及ぼす影響。

区	L5		L6		L7		L8		L9	
	葉鞘	葉身	葉鞘	葉身	葉鞘	葉身	葉鞘	葉身	葉鞘	葉身
2C	10.4	14.2	15.2	18.1	16.8	28.4	19.8	31.3	20.9	37.2
D	11.1	12.4	18.9**	18.8	22.0**	32.1**	27.2**	37.8**	30.8**	44.3**

*: 第2実験. 深水処理: 主茎葉齢約5.2~10.5 (25日間), 調査時期: 主茎葉齢約9.2.

** : 1% レベルで2Cに対し有意差あり.

第5表 段階的水深増による深水処理*が1次分げつの出現率 (%) に及ぼす影響。

区	T2	T3	T4	T5	T6
2C	100	100	100	100	89
D	100	100	44	22	33

*: 第2実験. 深水処理: 主茎葉齢約5.2~10.5 (25日間), 調査時期: 主茎葉齢約9.2.

第6表 段階的水深増による深水処理*におけるT4, T5の出現分げつと非出現分げつの全長 (mm).

分げつ	分げつの出現 ・非出現	調査時期 (主茎葉齢)	
		8.5	10.5
T4	出現	257	787
	非出現	20	20
T5	出現	352	778
	非出現	84	51

*: 第2実験.

葉鞘長と葉身長は、2C区とD区との間に差は見られなかったが、深水処理直後に葉・展開したD区のL6から上位の葉鞘長は、2C区に比べて長くなり、特にL8, L9では約50%長くなった。

深水処理期間中の茎数の推移を第4図に示した。D区の茎数は処理後に僅かながら増加していたが、増加速度は2C区に比べて著しく劣り、主茎葉齢約10.2の時の茎数は2C区の半分以下の約8本であった。主茎葉齢約9.2の時点におけるT2~T5の出現率を第5表に示した。T2は深水処理開始時に葉を約2枚展開している生育段階であり、T3は一部の個体では出現を開始していた生育段階であった。T2, T3は2C区, D区とも100%の出現が確認できた。深水処理開始時に外観上分げつの出現が全く確認されていない生育段階のT4とT5は、2C区では100%の出現率であったが、D区ではT4が44%、T5が22%と低い出現率であった。また、

D区において出現したT4, T5の中には葉を2枚程度展開したままそれ以上には生育が進まない停滞状態のものも見られた。

D区のT4とT5について、出現した分げつの全長を調査するとともに、出現しなかった分げつについてはL4, L5の葉鞘を開いて内包されている分げつの全長を調査して第6表に示した。出現しなかったT4とT5の全長は主茎葉齢8.5の時点ではそれぞれ20mmと84mm、主茎葉齢10.5の時点では20mmと51mmで、その間の約11日間における伸長は全く認められず、出現した分げつに比べて伸長率が著しく劣り、生長は停滞の状態であった。

考 察

花田・香川¹⁾は深水条件下におけるインド型イネの分げつの休眠は、その分げつ芽を包む主茎の葉の葉鞘の水没が主要因であると報告している。また、花田ら²⁾は主茎葉鞘内で生長中の若い分げつ芽の生長には空気の供給が必要であり、葉鞘の先端が水没すると酸素の不足により分げつ芽の生長が抑制されると報告している。しかし、日本型の品種を供試した第1実験では、一定水深による深水処理のM区、H区のT4、T5の出現は分げつ芽を包む主茎の葉鞘が水没していたにもかかわらず抑制されなかった。したがって、主茎の葉鞘の水没とそれに伴う葉鞘先端部分からの空気の供給の不足が、必ずしも分げつ芽の出現抑制を決定づけるとは言えなかった。

第1実験において主茎葉齢約5.0の時に、完全展開葉のL5の葉鞘が水没するように水位を設定したM区、H区において、深水処理開始後間もなく出現する時期に当たるT3の出現が最も抑制されたが、T4とT5は、T3と同様にそれらの分げつ芽を包むL4、L5の葉鞘が完全に水没するような水位であったにもかかわらず、出現率はT3(出現率:20~30%)ほど低くはなく90~100%の比較的高い値であった(第3表)。このことから深水による分げつの抑制には、深水処理の時期と分げつの生育段階とが密接にかかわっていると推定した。そのため、深水による分げつの出現抑制については、特に処理時期と分げつの生育段階に焦点を合わせて検討する必要がある。

関谷³⁾によると、主茎葉の抽出始期の葉(n)を基準とすれば(n-3)葉着生節の分げつ芽が、その第4葉の原基を分化させて分げつとして出現に至るのは、主茎の抽出中のn葉の1出葉期間の後期であるとしている。また、分げつ芽の生長円錐における葉原基の分化速度は主茎の葉の展開速度より速く、主茎の1出葉期間に2枚の葉原基が分化するとしている。関谷³⁾の報告を基に、第1実験における深水処理開始時期(主茎葉齢5.0)の生育段階を推測すると、主茎の抽出開始葉(n)は第6葉に該当し、第6葉の抽出始期におけるT3は第4葉の原基が分化して、ある程度生育は進み出現直前であり、T4は第3葉の原基の分化の徴候が認められる時期で、まだ小さい分げつ芽といえる。西川・花田⁴⁾は水稻の密植栽培実験から、水稻の分げつ芽はその分化及び発育初期には生長抑制を受けず、その後の進んだ発育段階に

至って抑制されると報告している。本実験(第1実験)においても同様に、分化後間もない発育初期の分げつ芽(T4)は抑制されず、葉原基・幼葉を4枚程度もつ伸長期の分げつ芽(T3)は、抑制を強く受けたといえる。また、T3の出現は第1実験において著しく抑制されたが、第2実験においてはほとんど抑制されず100%出現した。これは、深水処理を開始した時期が、第1実験の場合は主茎葉齢約5.0でT3はいずれの個体も未出現であったが、第2実験の場合には生育がやや進み、主茎葉齢が約5.2で一部の個体ではT3が既に出現を開始していた生育段階であったため、高い出現率になったと思われる。以上の結果から分げつ芽の深水に対する影響を生育段階との関係でまとめると、主茎の葉鞘外に分げつとして出現してしまった、あるいは出現する時期に達した生育の進んだ分げつ芽、並びに分化後間もない時期の若い分げつ芽は、深水による出現抑制の程度は小さく、ある程度生育が進み出現直前の生育段階に達した分げつ芽が最も強く抑制されるといえる。

栄養生長期に深水条件下におかれた日本型の水稻品種は、インド型の浮イネ品種のように節間伸長を行わないことから、生長の維持のためには葉を速やかに水面上へ展開することが必要と考えられる。つまり、本実験で見られた深水処理後に展開する主茎の葉の葉鞘部分の著しい伸長は、葉身を水面上に少しでも早く出すためであり、その生長が優先される結果として、葉鞘内での伸長が盛んな分げつ芽の生長抑制が生じたと思われる。

第1実験のM区とH区において、T3の出現は最も抑制されたが、T4とT5の出現は抑制されなかった。このことについては、生長において最優先される主茎の葉の伸長により、伸長期の分げつ芽であったT3の出現は抑制されたが、その後、主茎の各葉身は水面上へ伸びて展開し、葉数も増加して葉面積が増したことで養分の分配に余裕ができ、T4とT5の出現が容易になったと思われる。主茎の最上位展開葉が常に水没するように水深を深くした第2実験の場合には、深くするごとに主茎の葉の伸長が優先されるために、T4のみならずT5とT6も、その伸長期に継続的に生長の抑制を受けて出現に至らなかったと考えられる。

深水条件下における主茎と分げつ芽との間の養分の競合と、分げつ出現の抑制との関連については、器官における養分の分配に関する実証実験のもとで

考察する必要があるが、深水に対する生長反応の解析から次のようなことが推測できる。すなわち日本型のイネは、深水条件下において主茎自身の生長の維持のために、葉鞘が速やかに伸びて水面上へ葉を展開するが、その際に、主茎の葉と分げつ芽との間において養分の競合が生じ、葉鞘内で伸長の盛んな出現直前の時期に当たる最も養分を必要としている分げつ芽は、強く出現抑制を受けると考えられる。

謝辞: 本論文を取りまとめるに当たり、終始懇切なる御校閲をいただいた大阪府立大学農学部三本弘乗教授に深謝申し上げます。

引用文献

1. Hanada, K. and K. Kagawa 1985. Growth of tiller buds of a floating rice variety under deep water with special reference to submergence of the subtending leaf sheath. *Jpn. J. Trop. Agric.* 29: 9-16.
2. Hanada, K., K. Kagawa, Y. Yokoyama and S. Nomura 1990. Effect of air supply on the growth of tiller buds in floating rice. *Jpn. J. Trop. Agric.* 34: 276-283.
3. 林 金殿・山本良三 1978. 水稻の耐倒伏性における冠水障害とその対策に関する研究. 第1報 耐倒伏性に関連する外部形態の変化. *日作紀* 47: 674-680.
4. 近藤萬太郎・岡村 保 1932. 水温が浸水稻の生育に及ぼす影響. *日作紀* 4: 150-157.
5. 西川五郎・花田毅一 1959. 作物の分枝性に関する研究. 第1報 播種密度を異にした水稻苗における分けつの分化及び発育について. *日作紀* 28: 191-193.
6. 関谷福司 1977. 水稻幼作物の分けつ原基および分けつ芽に関する研究. 第12報 分けつ原基および分けつ芽の分化および生長について. *日作紀* 46: 474-482.

1. Hanada, K. and K. Kagawa 1985. Growth of tiller buds of a floating rice variety under deep water