

水稻の生育制御を目的とした深水処理適期の検討

大江真道*・三本弘乗

(大阪府立大学)

要旨: 深水処理を実用的な生育制御技術として現行の水稻栽培体系に組み込むには、処理の適期を確定することが重要である。本実験では生育制御のための深水処理の適期を確定するために、分けつ期に4つの深水区 (A区: 分けつ開始期~分けつ盛期, B区: 分けつ初期後半~最高分けつ期直前, C区: 分けつ盛期~最高分けつ期, D区: 最高分けつ期直前~節間伸長始期, 水位: 処理時の完全展開葉葉鞘先端の3 cm上, 処理期間: 16日間) を設定した。深水処理の効果は時期によって異なり, 早期と後期の処理 (A, B, D区) では弱小分けつの出現抑制の効果は劣り, 有効茎歩合は大きく高まらなかった。しかし, C区では, 対照区 (水深約5 cm) に比べて有効茎歩合が26ポイント高まり, また, 穂長と1穂重の増大も認められた。倒伏に関連する稈基部の二つの伸長節間の直径は, B~D区で対照区よりも太くなったが, 挫折強度は必ずしも高まらなかった。特にD区では, 両節間とも対照区に比べて20%太くなったが, その強度はそれぞれ20%, 24%低下した。この低下は破生通気腔の発達によるものと考えられた。以上の結果から, 分けつ盛期から最高分けつ期が弱小分けつの抑制に効果的な深水処理時期で, また収量性の向上にも貢献することから生育制御の適期と考えられた。しかし, その前後の時期は生育制御の効果が小さく, 特に後期の処理では節間の挫折強度が劣ることから考えて倒伏抵抗性が低下する危険性も示唆された。

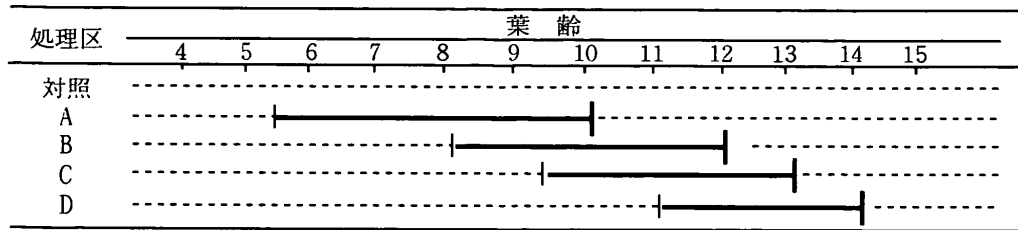
キーワード: 挫折強度, 水稻, 生育制御, 倒伏, 深水, 分けつ。

水稻栽培における深水管理は, 冷害の回避 (小林・佐竹 1979, 農林水産省 1994, 酒井 1949, 佐竹ら 1984), あるいは雑草防除を目的に古くから行われてきたが (鈴木ら 1994, 農林水産省農林水産技術会議事務局 1993), 近年弱小分けつの出現を抑制し, 有効茎歩合を向上させることを目的とした生育制御技術として導入されることがある (川島・村上 1985, 桐山・中谷 1986, 1987, 錦ら 1988)。また最近では, 冷涼な中山間地においても安定的に多収穫を達成するために, 深水の持つ生育制御効果と保温効果を併せて活用する栽培方法も試みられている (渡邊ら 2000 a, b)。水稻の生育に及ぼす深水の影響については, 主茎と分けつ間における乾物分配に変化をもたらすこと (大江・三本 1999), 分けつ増加や葉齢の進行に影響することが知られているが (近藤・岡村 1932, 大江ら 1994, 菅井ら 1999, 2001, 角田・松島 1962), 生育制御を目的として適切に深水管理を行った場合には有効茎歩合が高まり (後藤 1996, 星川 1990, 稲葉 1993, 大江・三本 1998, 薄井 1991), さらに倒伏抵抗性が高まることが認められている (星川 1990, 稲葉 1993, 大江ら 1996, 薄井 1991)。しかし深水は, 生育制御を目的として行っても処理が長期に渡ると節間組織内に破生通気腔の著しい発達を促して節間強度を低下させたり (大江ら 1996), また著しく水深が深い場合には, 茎数の抑制や葉齢進行の抑制に加えて機械組織の劣化や (佐藤 1950, 瀬古ら 1958) 地上部の構造上のバランスの悪化や葉鞘や稈における強度の低下をもたらす (林・山本 1978 a, b) 倒伏抵抗性を著しく低下させる場合がある。このように深水に対する水稻の生育反応は, 深水の条件によって様々であり, 得られる知見は必ずしも統一されたものではなかった。このようなことから, 前報

(大江・三本 1998) では, 有効分けつ決定期から登熟中期までの期間に処理の開始時期と期間の異なる5つの深水区を設けて検討した結果, 無効分けつの消長や稈の生育には, 処理時期の違いによる生育差が認められ, 有効分けつ決定期頃から開始する処理に弱小分けつ出現抑制の効果が認められること, それ以外の時期から開始する処理や長期間の処理では弱小分けつ出現抑制の効果が小さかったり, 稈強度が低下することを報告した。本実験では, 生育制御を目的として深水管理を現行の栽培体系の中に導入する際の栽培管理の利便性から, 短期間で複雑な水位の設定を必要とせずに効果的に生育制御の行える処理適期を確定することを目的とした。深水処理は, 前報において生育制御の効果が認められた有効分けつ決定期を含む分けつ期間 (分けつ開始期から止葉抽出期=節間伸長始期までの期間) に処理時期を限定して短期間に行い, 弱小分けつの出現抑制, 倒伏抵抗性に関連する下位節間の生育特性, 収量関連形質への影響を調査し, 短期間で高い効果の得られる処理適期の検討を行った。

材料と方法

水稻日本晴を供試した。1/5000 a ワグネルポットに化成肥料 (N:P:K 各8%) ポット当たり10 gを混合した水田土壌 (非火山性洪積土壌の砂質植壤土) を充填し, 1995年6月23日にポット当たり催芽籾を6粒ずつ (3粒ずつ2カ所) 播種した。葉齢約4.5の時に間引いて1株1個体, ポット当たり2株として栽培した。実験は水深の調節が可能な, 還流装置をつけた大型水槽 (深水区分: 長さ372 cm×幅92 cm×高さ65 cm) と小型水槽 (対照区分: 長さ180 cm×幅80 cm×高さ22 cm) を各2箱用いて行

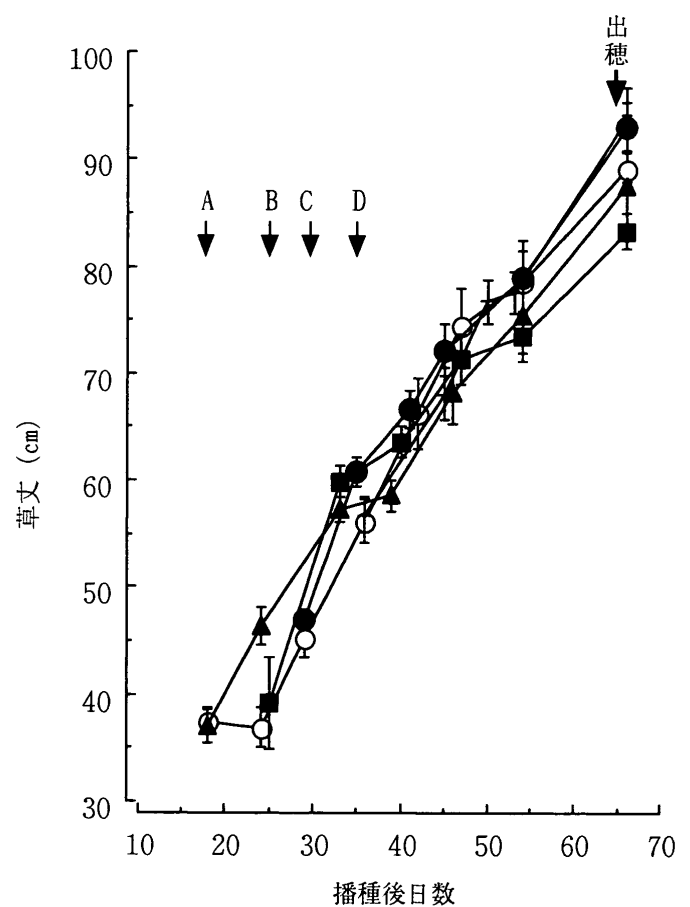


第1図 分けつ期における短期深水処理試験区の構成。

-----|: 浅水 (水深 5 cm), ————|: 深水 (水深: 処理開始時の最上位完全展開葉の葉鞘が 3 cm 水没)。

各処理区の深水処理期間: A 区: 葉齢約 5.5~10.2 (分けつ開始期~分けつ盛期), B 区: 葉齢約 8.0~12.1 (分けつ初期後半~最高分けつ期直前), C 区: 葉齢約 9.5~13.1 (分けつ盛期~最高分けつ期), D 区: 葉齢約 11.0~14.1 (最高分けつ期直前~止葉抽出期=節間伸長始期)。深水処理の日数は 16 日間。処理期間以外の水深は対照区と同一。

った。深水処理区は、葉齢約 5.5 から 10.2 の期間を深水とする A 区 (分けつ開始期~分けつ盛期), 約 8.0 から 12.1 を深水とする B 区 (分けつ初期後半~最高分けつ期直前), 約 9.5 から 13.1 を深水とする C 区 (分けつ盛期~最高分けつ期), 約 11.0 から 14.1 を深水とする D 区 (最高分けつ期直前~止葉抽出期=節間伸長始期) の計 4 区を設けた (第 1 図)。深水処理の期間はいずれの処理区も 16 日間、水位は処理開始時に、完全展開葉の葉鞘先端部が水面下に約 3 cm 水没するように設定し、処理期間中はその水位を維持した。湛水深は、対照区において常時約 5 cm, 深水処理区 A, B, C, D 区において処理期間中はそれぞれ約 17, 22, 27, 32 cm で維持し、処理期間以外の水深はいずれも約 5 cm とした。なお、稈基部の温度の違いは分けつの出現に影響することから (松島ら 1966), 対照区と深水処理各区の水温に差が生じないように灌漑水は水槽間で常に還流させた。処理期間中の水温は 25°C から 30°C の範囲であった。ポットの配置はその中心の間隔で 30 cm×20 cm とした。草丈、葉齢、茎数の調査は 1 区 30 株 (反復なし) について処理直後から約一週間ごとに行った。また登熟期の稈の諸形質と挫折強度の調査は出穂後約 30 日目に 1 株から主稈と 1 次分けつ 3 本 (主に T2, T3, T4。なお、主茎第 n 葉の葉腋から出現する 1 次分けつを Tn と表記, 以下同じ) の計 4 本を抜き取り, 1 区 4 株 (反復なし) の合計 16 本について行った。本実験における伸長節間の表記は穂首節間を第 I 節間とし, 以下基部に向けて第 II, 第 III, 第 N 節間とした。稈の挫折強度の評価は, 支点間距離を 4 cm とした測定装置に稈を設置し, ピークホールド型のデジタル秤 (イマダ社製) にて挫折した時の荷重値を測定することで行った。なお、稈の挫折強度の測定は, 測定対象節間に, 一枚の密着した葉鞘を着生した状態で節間中央部に荷重して行った。伸長節間の直径の測定はデジタルキャリパーを用い, 測定対象節間に一枚の密着した葉鞘を着生した状態で節間中央部の長径と短径を測定し, その平均を本実験における節間の直径とした。収量関連形質の調査は成熟期に 1 区 4~5 株 (反復なし) について行った。



第2図 草丈増加の深水処理時期の違いによる変化。

供試品種: 日本晴。↓は各区の深水処理開始時期。

○: 対照区, ▲: A 区, ■: B 区, ●: C 区, ×: D 区 (第 1 図参照)。シンボル上の縦棒は標準偏差を示す。各値は生育調査株 30 株の平均値。出穂日は全区播種後 65 日目 (8 月 27 日)。

結 果

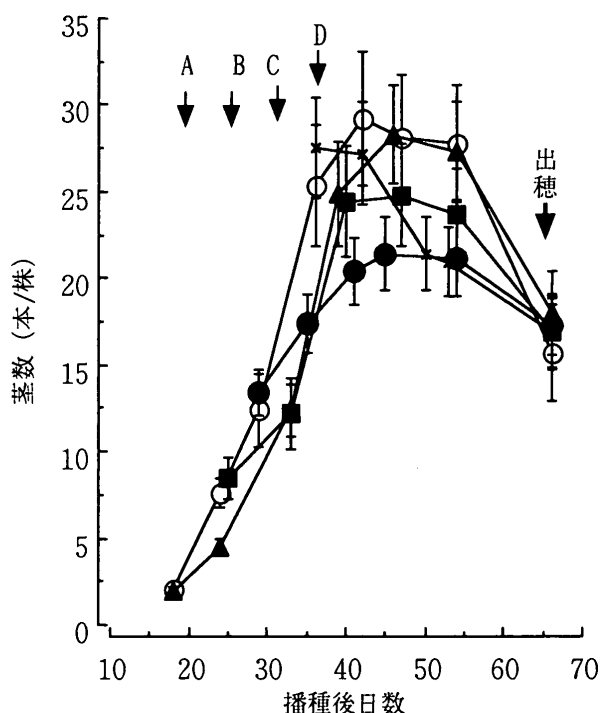
1. 草丈, 茎数, 葉齢の推移

草丈は深水処理開始後約 1 週間目に A 区で約 10 cm, B, C 区で約 7 cm, D 区で約 2 cm 対照区を上回ったが, それぞれの処理区とも処理開始後 2 週間目からはその差は小さくなり, 処理時期の早かった A, B 区では処理開始後約 3 週目以降は対照区より約 5 cm 低くなった (第 2

第1表 深水処理時期による収量関連諸形質と有効茎歩合の変化。

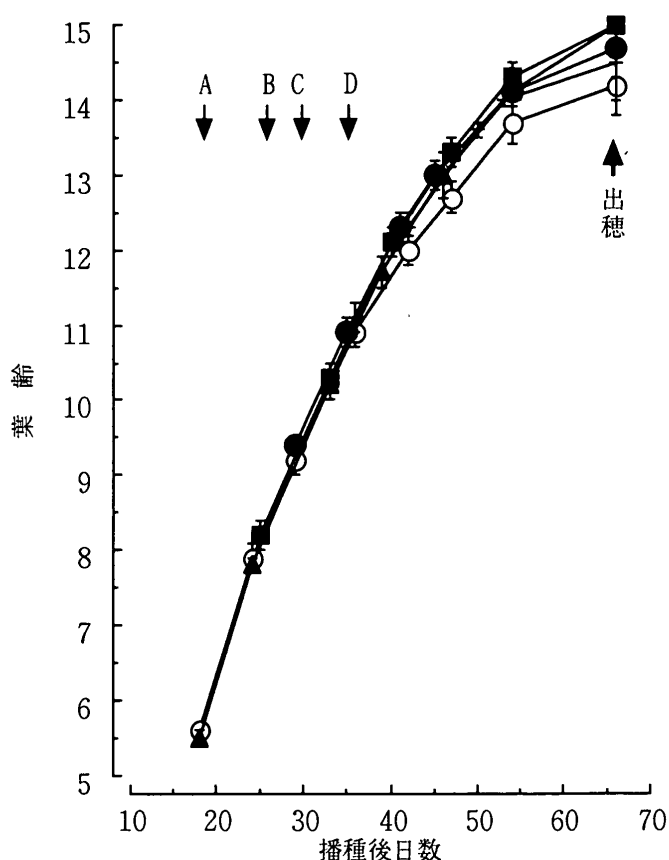
処理区*	穂長 (cm)	穂重 (g)	穂数 (本/株)	1株穂重 (g/株)	最高茎数 (本/株)	有効茎歩合 (%)
対照	18.8 (100) b	2.4 (100) ab	15.8 (100) b	38.7 (100)	29.2 (100) a	54.1
A	18.8 (100) b	2.4 (100) ab	18.0 (114) a	44.1 (114)	28.3 (97) b	63.6
B	18.2 (97) b	2.4 (97) b	16.9 (107) ab	40.2 (104)	24.8 (85) d	68.1
C	20.2 (107) a	2.7 (109) a	17.2 (109) a	45.7 (118)	21.4 (73) e	80.4
D	18.1 (96) b	2.3 (94) b	16.9 (107) ab	39.1 (101)	27.5 (94) c	61.5

*: 第1図参照。供試品種：日本晴。同一英小文字を付した区間にはSASプログラムのDuncan's multiple range testによる有意差(5%水準)が認められないことを示す。()は対照を100とした指数。穂長、穂重は収量調査株4株の調査による値。穂数、最高茎数は生育調査株30株の調査による値。



第3図 茎数増加の深水処理時期の違いによる変化。
供試品種：日本晴。↓は各区の深水処理開始時期。
○：対照区，▲：A区，■：B区，●：C区，×：D区
(第1図参照)。シンボル上の縦棒は標準偏差を示す。各値は生育調査株30株の平均値。出穂日は全区播種後65日目(8月27日)。

図)。茎数の増加速度は、A、B、C区で処理開始後から対照区に比べて低下し始めたが、A、B区の増加速度は処理開始後約1週間目以降には対照区と同程度となった(第3図)。特にA区の分けつ増加速度は処理終了後約5日目以降から対照区を上回り最高茎数における対照区との差は小さくなった。C区では分けつの増加が抑えられ、最も最高茎数が少なくなったが無効化する分けつは少なく、また出穂期の茎数(穂数)にも減少は認められず、最も有効茎歩合の高い生育を示した。葉齢の進行は処理時期の最も早いA区で処理後に遅れがみられ、処理開始後約1週間目の葉齢は対照区と比べて低かったが、処理終了後約5日目からの差は小さくなり、その後は対照区を上回った(第4図)。B、C、D区では葉齢の進行に処理による遅れはみら



第4図 葉齢進行の深水処理時期の違いによる変化。
供試品種：日本晴。↓は各区の深水処理開始時期。
○：対照区，▲：A区，■：B区，●：C区，×：D区
(第1図参照)。シンボル上の縦棒は標準偏差を示す。各値は生育調査株30株の平均値。出穂日は全区播種後65日目(8月27日)。

れず、葉齢は処理後から対照区を上回った。

2. 収量関連諸形質と有効茎歩合

収量関連の諸形質と有効茎歩合を第1表に示した。最高茎数は、処理時期の早いA、B区で対照区と比較して約1~4本減、処理時期の遅いD区で約1本減で、これらの処理区の分けつ出現抑制の効果は小さかったが、分けつ盛期から処理を行うC区では約8本減と分けつ出現抑制の効果が大きかった。また、分けつ盛期以前に処理を開始す

第2表 深水処理時期による節間長 (cm) の変化。

処理区*	草丈 (cm)	稈長 (cm)	伸長節間					
			第I	第II	第III	第IV	第V	第VI
対照	89.0 bc (100)	61.2 b (100)	30.2 b (100)	14.6 ab (100)	9.5 ab (100)	5.9 ab (100)	1.4 b (100)	
A	87.6 cd (98)	63.4 ab (104)	31.4 ab (104)	14.6 ab (99)	10.5 a (110)	6.0 ab (102)	1.3 b (89)	
B	83.3 d (94)	58.5 c (96)	29.6 b (98)	14.3 b (98)	9.6 ab (101)	4.4 c (75)	0.9 b (63)	
C	93.0 ab (104)	63.8 a (104)	32.3 a (107)	15.4 a (105)	9.7 ab (101)	5.0 bc (84)	1.0 b (72)	0.5
D	93.8 a (105)	64.1 a (105)	30.2 b (100)	15.2 ab (104)	8.9 b (93)	6.7 a (113)	3.2 a (224)	

*: 第1図参照。供試品種は日本晴。同一英小文字を付した区間にはSASプログラムのDuncan's multiple range testによる有意差(5%水準)が認められないことを示す。節間は5mm以上のものを伸長節間とみなし、穂首節間を第Iとして、以下順次基部に向けて第II, 第Nと表した。()は対照を100とした指数。調査は1区4株16本(4本/株)の稈について行った。

第3表 深水処理時期による節間の直径と挫折強度の変化。

処理区*	第III節間			第IV節間			挫折強度(N)	
	長径 (mm)	短径 (mm)	直径** (mm)	長径 (mm)	短径 (mm)	直径** (mm)	第III 節間	第IV 節間
対照	4.78	4.11	4.44 b (100)	5.80	4.87	5.33 c (100)	9.38 a (100)	12.59 a (100)
A	4.86	4.37	4.62 b (104)	5.76	5.17	5.47 c (103)	9.48 a (101)	13.36 a (106)
B	4.91	4.41	4.66 b (105)	6.10	5.50	5.80 b (109)	9.53 a (102)	13.01 a (103)
C	5.03	4.34	4.69 b (105)	6.48	5.44	5.96 b (112)	9.33 a (100)	12.73 a (101)
D	5.79	4.92	5.36 a (121)	7.25	5.97	6.61 a (124)	7.75 b (83)	9.60 b (76)

*: 第1図参照。**: 節間の直径は、葉鞘を1枚着生した状態で節間中央部の長径と短径を測定して、その平均値によって求めた。供試品種: 日本晴。同一英小文字を付した区間にはSASプログラムのDuncan's multiple range testによる有意差(5%水準)が認められないことを示す。節間は5mm以上のものを伸長節間とみなし、穂首節間を第Iとして、以下順次基部に向けて第II, 第Nと表した。()は対照を100とした指数。調査は1区4株16本(4本/株)の稈の第III, 第IV節間について行った。

るA~C区では、処理時期が遅くなるほど茎数増加がより強く抑制された。A~C区の穂数は、対照区と比較して減少することなく、その結果、分けつの出現抑制の程度が大きかった区ほど有効茎歩合が高まった(C>B>A>D>対照区)。有効茎歩合が80%と最も高いC区では、穂長が他区と比べて有意に長くなり、1穂重、1株穂重とも優った。

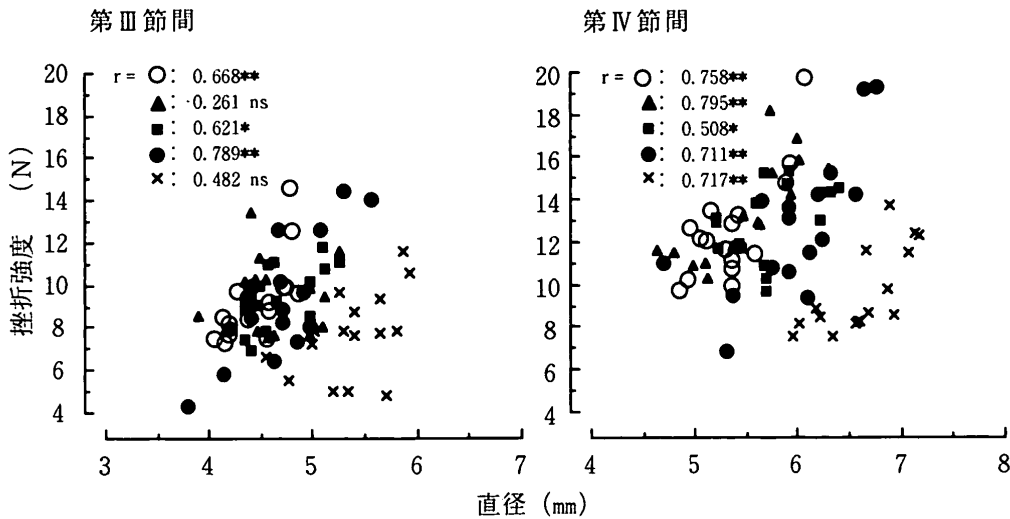
3. 登熟期の草丈、稈長、伸長節間長

登熟期の草丈、稈長、伸長節間長を第2表に示した。草丈は、A, B区では対照区と比較してそれぞれ1cm, 6cm低く、C, D区ではそれぞれ4cm, 5cm高かった。

稈長は、B区では対照区に比べて約3cm短くなり、A, C, D区では2~3cm長くなった。個々の伸長節間の長さを対照区のものと比較すると、A区では第I, 第III節間が約1cm、C区では第I節間が約2cm、第II節間が約1cmそれぞれ長くなった。一方、処理時期の遅いD区では対照区に比べて第IV節間が約1cm、第V節間が約2cm長くなり、倒伏抵抗性の強弱と関連性の高い下位の伸長節間がやや長くなる傾向が認められた。

4. 稈基部の伸長節間(第III, 第IV節間)の直径と挫折強度

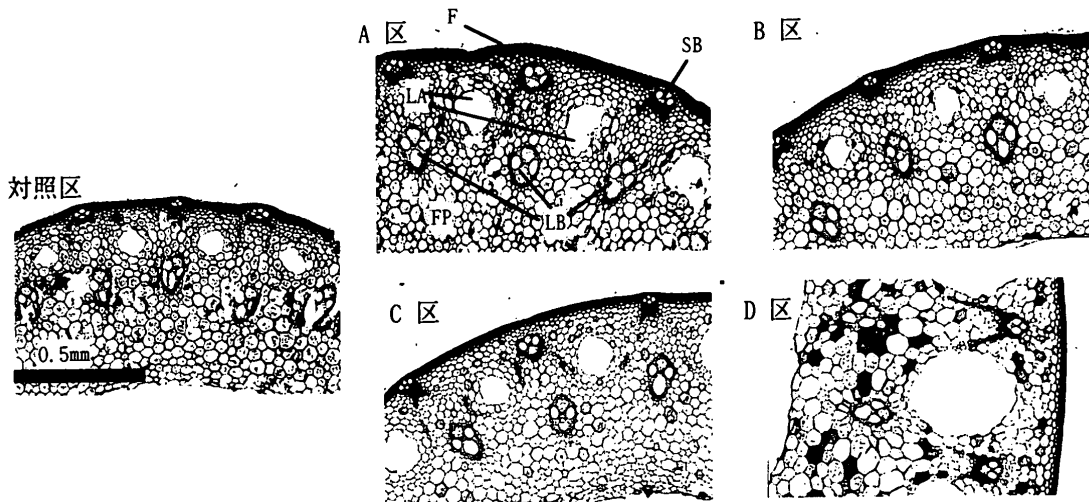
第III節間と第IV節間の直径と挫折強度を第3表に示



第5図 深水処理時期の違いにおける節間の直径と挫折強度との関係。

供試品種：日本晴。*：危険率5%で相関あり，**：危険率1%で相関あり，ns：相関があるとはいえない。節間の直径は、葉鞘を1枚着生した状態で節間中央部の長径と短径を測定して、その平均値によって求めた。調査は1区4株16本（4本/株）の稈の第III、第IV節間について行った。

○：対照区，▲：A区，■：B区，●：C区，×：D区（第1図参照）。



第6図 深水処理時期の違いによる破生通気腔発達程度の変化。

調査日：出穂後約30日目。調査部：最長稈の第III節間の中央部横断面（33倍）。パラフィン切片法による切片（10 μ m）。F：皮層繊維組織，FP：基本柔組織，LA：破生通気腔，LB：大維管束，SB：小維管束。

した。第III節間の直径は、いずれの深水区においても対照区に比べて太くなり、また処理時期が遅くなるにつれて直径が増す傾向が認められたが、有意な差はD区を除いて認められなかった。第IV節間の直径も処理時期が遅くなるにつれて太くなる傾向が認められ、A区を除いて対照区の直径を有意に上回った。第III節間、第IV節間の挫折強度は、A、B、C区では対照区と同程度であったが、D区では、直径がそれぞれ21%、24%と大きく増大したにもかかわらず、それぞれ17%、24%低下した。次に節間における直径の増大が挫折強度に及ぼす影響について解析するために、直径と節間強度との関係を第5図に示した。第III、第IV節間の挫折強度と直径にはA区とD区

の第III節間を除いて正の相関がみられた。しかしながら処理間で比較すると、直径の増大にともなう挫折強度の向上は必ずしも認められず、特に処理時期が最も遅かったD区は、直径が太いにもかかわらずその挫折強度は対照区ならびにA～C区のものと比較して著しく劣った。それぞれの区の節間組織の横断切片を観察したところ、挫折強度の劣ったD区では他区よりも著しい破生通気腔の発達が認められた（第6図）。

考 察

1. 深水処理の時期と分けつ出現抑制の程度

本実験の深水処理による分けつ出現抑制には、処理時期

第4表 深水処理時期と抑制分けつの関係。

	抑制分けつ (推定)						
	処理開始時期の抽出開始葉						
	第6葉	第7葉	第8葉	第9葉	第10葉	第11葉	第12葉
	処理開始時期の葉齢						
	5.0~	6.0~	7.0~	8.0~	9.0~	10.0~	11.0~
1次分けつ	T4	T5	T6	T7	T8	T9	—
2次分けつ		T21	T22	T23	T24	T25	—
			T31	T32	T33	T34	—
				T41	T42	T43	—
					T51	T52	—
3次分けつ					T211	T212	—
						T221	—
						T311	—
母茎の抑制に ともない抑制 される分けつ	T41	T211	T221				—
	T42	T212	T311				—
	T43						—
抑制分けつ数 (推定値)	4	4	5	4	6	9	non
処理時の茎数 (推定値)	3	4	6	9	13	19	28

対照区の最高茎数 (29.4 本) から片山の理論 (1951) を参考に出現分けつを推定して関係をまとめた。無処理の場合の全出現分けつ (推定) : 1次分けつ ; T2~T9, 2次分けつ ; T21~T25, T31~T34, T41~T43, T51~T52, T61, 3次分けつ ; T211, T212, T221, T311)。non : 最高分けつ期頃で抑制を受ける分けつはほとんどない。

の違いによって程度差が認められ、早期の処理では効果が劣った (第3図, 第1表)。著者ら (1994) は、水位一定の深水処理で出現を強く抑制される分けつは、葉鞘内で伸長途中でまもなく出現に至る特定の生育段階の分けつ芽であること、処理開始の時点において、分化後まもない発育初期の分けつ芽と既に葉鞘外に出現している生育の進んだ分けつは、深水処理による生育の抑制が小さいことを報告している。ここでは対照区の最高茎数 (約29本) をもとにして最高分けつ期までに出現する分けつを同伸葉・同伸分けつ理論 (片山 1951) を参考にして次位・節位別に推定し、次に処理開始の時期と抑制を受けやすい分けつとの関係を第4表にまとめた。なお、分けつの出現は、生育が進むにつれて片山の理論と差が生じて早まることがある (松葉 1988) が、本実験の各区の処理開始時の茎数 (第3図) と、片山の理論 (1951) を参考にして求めた処理時の茎数の推定値 (第4表) との間に大きな違いがみられなかったことから、本表をもとに考察を行うこととした。A区の深水処理開始時の葉齢は5.5で、この時期に深水を開始することで生長抑制を強く受けると推定される分けつ数は4本。B区の深水処理開始時の葉齢は8.0で、生長抑制を強く受けると推定される分けつ数は4本。C区の深水処理開始時の葉齢は9.5で、生長抑制を受けると推定される

分けつ数は6~9本である。B, C区では推定値と実際の抑制程度との傾向がほぼ一致していたことから、分けつの出現抑制は以前に明らかにしたように特定の生育段階の分けつ芽の出現が抑えられることによって生じたものと考えられたが、A区の実験結果による最高茎数の対照区との差は約1本で、推定した4本よりも抑制程度が小さかった。ここでA区の分けつ数の推移をみると (第3図)、処理開始後の約1週間は対照区に比べて約5本の減少が認められ、推定した抑制数とほぼ同じであったが、その後再び増加して最高茎数における対照区との差は認められなくなった。このことから、A区で処理効果が小さい原因は、抑制されやすい生育段階の分けつが少なくことや処理に分けつの抑制効果が無いのではなく、一度生じた分けつの出現抑制が継続されないことに起因することが明らかとなった。出現抑制が十分に継続しなかった要因としては、処理が早期であったために、分けつ出現の旺盛な期間の中途には新しい葉の水面上への展開にともなって抑制が軽減されること (大江・三本 1999) や、分けつ盛期には条件が好転 (深水期間の終了) して補償的な分けつの出現や生長を停滞していた分けつ芽の再伸長が生じたことが考えられる。このことに関して、同一の処理条件ではないが、浅水条件では出現しない分けつが深水区で出現することや、浅

水条件と同一分げつの出現が深水区では2~16日遅延することを確認している(大江ら 1995)。一方B, C区において、処理開始時に認められた分げつの抑制が最高分げつ期まで継続し、最高分げつ数が対照区に比べてそれぞれ4本, 8本減少したことは、処理の終了がそれぞれ分げつ期間の晩期, 終期まで継続していたことに関係している可能性が考えられた。特にC区の場合には処理開始時に抑制を強く受け易い生育段階にあたる分げつ芽の数がB区よりも多く、また処理の終了が分げつ期間を過ぎていたことで、より多くの分げつが出現を抑制されたと考える。このことから、分げつの出現を効率的に抑制するには、弱小分げつが数多く出現し始める時期(分げつ盛期=有効分げつ決定期)に処理を開始することと、さらに遅発の分げつや補償的な分げつの出現を防ぐために分げつ期間終了時期まで深水を継続することが重要と考える。なお、D区の処理開始時期は分げつがほぼ出揃う最高分げつ期にあたり、分げつ抑制の効果は推定値(第4表)と一致してほとんど認められなかった。

2. 登熟期の諸形質

無効分げつの出現が少なく有効茎歩合が高まったC区では、対照区に比べて穂長が長くなり、1穂重が増加する傾向が認められた。収量構成要素の詳細についての調査は行わなかったが、茎数の制限は穂長と穂重を増加させること(三本ら 1971)、また籾数を増加させること(三本ら 1971, 大江・恵木 1997)から、Cの時期の深水処理による1穂重の増大は、深水処理による分げつ数(無効茎)の制限による効果と考えられる。

3. 稈長と伸長節間長

稈長の増大と稈基部の節間の伸長は、耐倒伏性を低下させる要因となることが報告されている(渡辺 1985b)。本実験のA, B, C区の稈長は、最も伸長した区においても対照区と比較して約3cm増で、また、稈基部の第III, 第IV節間についても対照区に比べて著しい伸長はみられず、分げつ盛期までの深水処理は耐倒伏性を低下させる危険性は少ないと予想された。一方で処理開始の時期が遅く、最高分げつ期頃から深水処理を行うD区では、倒伏抵抗性の強弱との関連性の高い下位の第V節間の長さが、対照区と比較して2倍以上に長くなることが認められた(第2表)。下位節間の長さは主稈の総葉数の増加によって長くなる(松葉 1987)との報告があるが、総葉数は、対照区の約14枚(14.2)と比較して、A, B区でそれぞれ15枚, C, D区で14~15枚(14.7, 14.5)と深水処理によって約一枚増加する傾向は認められたが、総葉数の増加はD区において顕著なものではなかった。以前に節間伸長期にかかる深水区で下位の伸長節間の伸長が認められたことから、D区における下位節間の伸長は下位の節間の伸長開始期に処理が重なったことが影響したものと考えら

れ、処理時期が節間伸長期にかかる深水処理は倒伏の危険性から避ける必要があると考える。

4. 稈の形態と挫折強度

第III, 第IV節間の直径は、いずれの処理区でも対照区を上回り、さらに処理時期が遅くなるにつれて直径が大きくなる傾向が認められたが(第3表)、その挫折強度は必ずしも直径の増大に比例して高まらなかった。特に処理時期が最も遅かったD区においては、直径の増大は顕著であったが(対照区比20~24%増)、その挫折強度には約20%の低下が認められた(第3表)。節間の直径の増大は、挫折強度を高める要因となるが(松田ら 1983, 渡辺 1985a)、供試した日本晴が深水処理による節間直径の増大の挫折強度への付与効果が低く(大江ら 1996)、特にD区で認められた挫折強度の低下には節間組織内における破生通気腔の著しい発達に影響したと考えた(第6図, 大江ら 1996)。D区は深水処理の期間が下位の伸長節間の伸長期に重なっており、このような時期の深水処理は破生通気腔の発達を促して耐倒伏性の低下をもたらす危険性が推察された。

以上、従来からの生育制御を目的に行われる深水処理の多くが処理期間が長期で、さらに水稻の生育(葉の展開)にあわせて水位を段階的に上昇させることが必要とされてきたが、本実験の結果から、有効化率の低い弱小分げつが数多く出現し始めるC区の時期(分げつ盛期:葉齢9.5~)の深水処理は、短期間(16日間)で、かつ水深を生育に合わせて上昇させることなく効率的に無効分げつの出現を抑制し、その結果穂数の減少なしに有効茎歩合の高い生育型に導くことが出来る深水適期と考えた。本実験で明らかとなった深水処理の適期は前報(大江・三本 1998)で結論づけた適期と処理開始時期がほぼ同一であったがその期間は21日間に対して16日間と5日間短かく、前報でみられた伸長節間数の増加と第V節間の伸長は今回認められなかった。前報の結果も併せて効果的で安全な生育制御を目的とした深水処理の条件を整理すると、1)弱小分げつを効率的に数多く抑制するためには分げつ盛期(有効分げつ決定期頃)に処理を開始すること、2)補償的な分げつの出現や遅延して出現する分げつを防ぐためには分げつ期間終了時期(最高分げつ期頃)まで深水処理を継続すること、3)倒伏抵抗性を低下させる下位節間の伸長、伸長節間数の増加と稈の充実度低下を避けるためには節間伸長開始前に処理が終了していること、の以上が実施する際の重要な条件であると考えられた。

引用文献

- 後藤雄佐 1996. 水稻の深水栽培とその貯水機能の活用. 農業技術 51: 344-348.
 林金殿・山本良三 1978 a. 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.
- 林金殿・山本良三 1978b. 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2報 冠水における水稻の耐倒伏性の減退とその機構. 日作紀 47: 681—689.
- 星川清親 1990. イラストみんなの農業教室. 水稻の増収技術. 農文協, 東京. 36—59. 92—95.
- 稲葉光國 1993. 太茎大穂のイネづくり. 農文協, 東京. 78—81.
- 片山佃 1951. 稲・麦の分蘖研究. 養賢堂, 東京. 39—52, 60—75.
- 川島長治・村上保 1985. 「深水管理」した水稻生育の一例. 日作東北支報 28: 33—35.
- 桐山隆・中谷治夫 1986. 深水管理とコシヒカリの生育. 北陸作物学報 21: 45—46.
- 桐山隆・中谷治夫 1987. 深水管理と水稻後期の生育. 北陸作物学報 22: 11—12.
- 小林正男・佐竹徹夫 1979. イネの穂ばらみ期冷温による不稔を防止するために有効なかんがい水の深さ. 日作紀 48: 243—248.
- 近藤萬太郎・岡本保 1932. 水温が浸水稻の生育に及ぼす影響. 日作紀 4: 150—157.
- 松葉捷也 1987. イネの茎葉生育の規則性に関する发育形態学的研究. 第1報 同一栽培条件下で総葉数を異にした主稈の生育型について. 日作紀 56: 313—321.
- 松葉捷也 1988. イネの茎葉生育の規則性に関する发育形態学的研究. 第2報 分けつの出現停止の規則性と最大分けつ数. 日作紀 57: 599—607.
- 松田智明・河原治之助・長南信雄 1983. 水稻の下位節間の挫折抵抗力に関する組織形態学的研究. 第4報 挫折抵抗力に対する葉鞘並びに節間構成組織の役割. 日作紀 52: 355—361.
- 松島省三・田中孝幸・星野孝文 1966. 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. 第75報 茎葉部, 茎基部, 根部の各部に対する温度処理が分けつ発生に及ぼす影響. 日作紀 34: 478—483.
- 三本弘乗・山崎季好・小田桐竹吉 1971. 生育調節のための水稻の分けつ切除が, その後の生育に及ぼす影響. 日作東北支報 13: 26—27.
- 錦斗美夫・長谷川愿・芳賀静雄・神保惠志郎 1988. 水稻生育と深水管理. 農及園 63: 723—731.
- 農林水産省農林水産技術会議事務局 1993. 水稻雑草防除技術. 昭和農業技術発達史水田作編. 農文協, 東京. 193—210.
- 農林水産省 1994. 冷害と稲作技術. 全国農業改良普及協会, 東京. 95—142.
- 大江真道・後藤雄佐・星川清親 1994. 深水処理が水稻分けつの出現に及ぼす影響. 日作紀 63: 576—581.
- 大江真道・田村晶・三本弘乗 1995. 深水処理が水稻品種の生育反応に及ぼす影響. 近畿作育研究 40: 17—21.
- 大江真道・田村晶・三本弘乗 1996. 深水処理が日本型水稻品種の稈の生長と倒伏抵抗性に及ぼす影響. 日作紀 65: 238—244.
- 大江真道・恵木真紀子 1997. 無効分けつの出現抑制が水稻の生長と群落構造に及ぼす影響. 日作紀 66 (別2): 19—20.
- 大江真道・三本弘乗 1998. 深水処理の時期および期間が日本型水稻の生長と倒伏抵抗性に及ぼす影響. 日作紀 67: 153—158.
- 大江真道・三本弘乗 1999. 深水処理による日本型水稻の乾物生産特性の変化. 日作紀 68: 482—486.
- 酒井寛一 1949. 稲の冷害と深水灌漑. 農及園 24: 405—408.
- 佐竹徹夫・小池節夫・李善竜 1984. イネの穂ばらみ期耐冷性を向上させるための前歴水温と水深. 日作紀 53 (別2): 182—183.
- 佐藤庚 1950. 水稻の湛水灌漑に関する研究. (1) 継続せる湛水が生育及び稈の構造に及ぼす影響 (予報). 日作紀 19: 45—48.
- 瀬古秀生・佐本啓智・鈴木嘉一郎 1958. 水稻の倒伏に及ぼす二, 三栽培条件の影響 (II). 日作紀 27: 173—176.
- 菅井恵介・後藤雄佐・斎藤満保・西山岩男 1999. 段階的な水位上昇処理が水稻の茎数増加に及ぼす影響. 日作紀 68: 390—395.
- 菅井恵介・後藤雄佐・斎藤満保 2001. 段階的な水位上昇処理が水稻分けつの生長に及ぼす影響. 日作紀 70: 23—27.
- 鈴木雅光・長谷川愿・宮野斉・大場伸一 1994. 水稻の無農薬・無化学肥料栽培の基本指標. 山形県農試報告 28: 39—55.
- 角田公正・松島省三 1962. 水稻収量の成立原理とその応用に関する作物学的研究. LXII. 水深を異にした場合の水温の高低が水稻の生育・収量ならびに収量構成要素に及ぼす影響. 日作紀 31: 19—22.
- 薄井勝利 1991. 良食味・多収の豪快イネづくり. 農文協, 東京. 27—29, 42—45.
- 渡邊肇・日高秀俊・三枝正彦・大江真道・渋谷暁一 2000a. 中山間地における省力栽培. 不耕起深水栽培における生育と収量. 日作東北支報 43: 63—64.
- 渡邊肇・日高秀俊・三枝正彦・大江真道・渋谷暁一 2000b. 中山間地における深水栽培水稻の生育と収量. 川渡農場報告 16: 1—8.
- 渡辺利通 1985 a. イネの倒伏抵抗性に関する育種学的研究. 第1報 倒伏抵抗性関連形質による品種の群別. 農技研報 D 36: 147—196.
- 渡辺利通 1985 b. イネの倒伏抵抗性に関する育種学的研究. 第2報 倒伏抵抗性におよぼす関連形質の寄与. 農技研報 D 36: 197—218.

Appropriate Time of Deep-Water Treatment for Regulation of Rice Growth: Masamichi OHE* and Hironori MIMOTO (Grad. School of Agr. and Biological Sci., Osaka Prefecture Univ., Sakai 599-8531, Japan)

Abstract: In Japan, deep-water treatment is occasionally used to regulate the rice growth. For practical use of this method, it is necessary to determine the appropriate time of treatment. In this study, deep-water treatment (water depth level: 3 cm above the auricle of the fully expanded leaf) was given for 16 days from the start of the tillering stage (DW A), from the end of the early tillering stage (DW B), from the active tillering stage (DW C) or from just prior to the maximum tiller-number stage (DW D). The percentage productive culms was high in the DW C plot (26 points higher than the control plot), while it was low in DW A, B and D plots. In the DW C plot, not only the panicle number, but also the weight and length of panicles were increased. In the DW B, C and D plots, the diameter of the basal two internodes, which are closely related to lodging, was larger than that in the control plot, but the breaking strength of internodes was not increased. In the DW D plot, although the diameter of the basal two internodes increased by 20% as compared with the control, the breaking strength was reduced by 20~24% due to the well-developed aerenchyma within the parenchyma. Thus, the deep-water treatment from the active tillering stage to the maximum tiller-number stage was effective for improving rice growth. However, an earlier treatment was less effective, and a later treatment was suggested to reduce the lodging resistance due to the well-developed aerenchyma in the internodes.

Key words: Breaking strength, Deep-water, Growth regulation, Lodging, Rice, Tiller.