

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

大江真道*・三本弘乗

(大阪府立大学)

要旨: 深水処理は水稻の生育制御技術の一つとしておこなわれることがある。深水 (30 cm) 処理を有効分げつ決定期から節間伸長開始期まで (A-1 区)、出穂期まで (A-2 区)、登熟中期まで (A-3 区) と、節間伸長始期から登熟中期まで (B 区)、出穂期から登熟中期まで (C 区) とした 5 処理区および常時 5 cm の水深とした対照区を設けて、稈の生長と倒伏抵抗性に及ぼす影響を調査し、生育制御に適した深水処理の時期と期間を検討した。A-1、A-2、A-3 の各区では対照区と比較して穂数が減少することなく有効茎歩合の向上が認められ、また稈基部の伸長節間の直径の増大が認められた。しかし、処理期間が長い A-2 区、A-3 区では、破生通気腔の著しい発達と皮層繊維組織の薄くなったことが原因と思われる挫折強度の低下が認められた。B 区では、有効茎歩合、収量構成要素に対照区との差は認められなかったが、基部の節間において徒長と挫折強度の著しい低下が生じた。節間の挫折強度の低下は皮層繊維組織ならびに基本柔組織の厚さが対照区に比べて薄くなったこと、さらに基本柔組織内に破生通気腔の発達が著しかったことが原因と判断した。C 区では草丈、稈長、穂長および稈の組織には処理による影響はみられなかった。これらの結果から、有効分げつ決定期から節間伸長期までの深水処理は合理的な生育制御技術として導入できる可能性が高いと考えた。

キーワード: 挫折強度、水稻、倒伏抵抗性、破生通気腔、皮層繊維組織、深水。

水稻栽培における深水処理は、生育初期の稲体の低温からの保護、障害型冷害の危険期における幼穂の低温からの保護、および雑草防除を目的としてなされてきた。最近ではこの処理は生育制御技術の一つとして導入されることがある (星川 1990, 稲葉 1993, 川島・村上 1985, 桐山・中谷 1986, 1987, 薄井 1991)。生育制御のための深水は、遅発の弱小な高次分げつや高節位の分げつの出現を抑制し、有効茎歩合の向上を目的として行われている。深水処理を行った水稻の生育反応について、著者らは葉鞘内で伸長中の分げつ芽の生長が深水により抑制を受けること (大江ら 1994)、さらに遅発の 2 次分げつ、3 次分げつおよび高節位からの 1 次分げつの出現が抑制されて有効茎歩合が高くなること (大江ら 1995)、また、伸長節間の直径が増大し、品種によっては挫折強度が増加すること (大江ら 1996) を報告した。しかし、継続的な湛水あるいは深水を行った場合には、高次分げつが増加し (林・山本 1978a) 稈基部の伸長節間において機械組織の発達が劣り (佐藤 1950, 瀬古ら 1958)、倒伏抵抗性が低下する (林・山本 1978a, b)、といった報告もある。このように深水に対する水稻の生育反応性については必ずしも一致した結果が得られていない。これは深水を行う場合の処理の開始時期や期間の違いによる生育反応性についての十分な検討がなされていないことが原因であると考えられる。

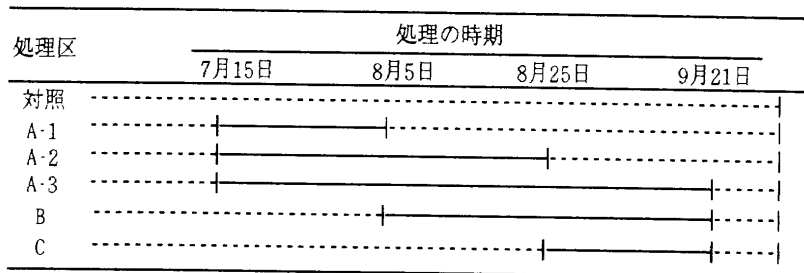
本研究では、生育制御を目的として深水処理を行う場合における、最適の処理の時期と期間を明らかにすることを目的として、生育時期別、期間別の深水処理区を設け、水稻の生育反応性を検討した。

材料と方法

品種は日本晴を供試した。1994 年 6 月 8 日に 1/5000a

ワグネルポットに化成肥料 (N:P:K 各 8%) 10 g を混入した土壌を入れ、ポット当たり催芽粃を 6 粒ずつ (3 粒ずつ 2 カ所) 播種し、生育初期は畑状態で育てた。葉齢約 4.5 の時に間引いてポット当たり 1 株 1 個体の 2 株とし、その後約 3 cm の水深に湛水した。深水処理は水深と水温の制御が可能な、長さ 372 cm×高さ 65 cm×幅 92 cm の大型の還流型水槽を 2 箱用いて行った。処理区は深水処理を有効分げつ決定期 (葉齢約 10.9) から節間伸長始期 (葉齢約 13.5) まで行う A-1 区 (処理期間は 21 日間)、出穂期まで行う A-2 区 (処理期間は 41 日間)、登熟中期まで行う A-3 区 (処理期間は 68 日間)、節間伸長始期から登熟中期まで行う B 区 (処理期間は 47 日間)、出穂期から登熟中期まで行う C 区 (処理期間は 27 日間) の 5 処理区を設けた (第 1 図)。処理期間中の水深は、A 区の処理開始時 (葉齢約 10.9) における最上位展開葉のカラー付近の高さを基準として約 30 cm に設定し、処理期間以外は約 5 cm の水深に保った。さらに、生育期間中の水深を常時約 5 cm に保った対照区を設けた。対照区と深水区の灌漑水は水温 (25°C から 30°C の範囲) が同一になるように常に還流させた。ポットはその中心の間隔で 30×25 cm として配置した。

稈の諸形質の調査は、出穂後約 30 日目 (出穂期は全区 8 月 26 日) に 1 株から主茎と 1 次分げつ 3 本 (主に T2, T3, T4) の計 4 本を選定し、1 区 4 株の合計 16 本の茎を対象にしてサンプリング後、直ちに行った。本報告では 5 mm 以上の第 2 次伸長節間を伸長節間とした (末次 1968)。伸長節間は基部最下位から上の節間に向けて数える場合は基部第 1, 第 2, 第 3 節間と表し、上位から数える場合は穂首節間を第 I 節間とし、以下順次基部に向けて第 II, 第 III, 第 N 節間と表した。なお、それらの節間の



第1図 処理区の構成。

-----| : 水深5cmの期間, ————| : 深水処理の期間 (水深約30cm) .

7月15日 : 有効分けつ決定期頃, 8月5日 : 節間伸長始期, 8月25日 : 出穂期頃,
9月21日 : 登熟中期.

位置は処理区で異なり, 基部第2, 第3節間は, 穂首節間 (第I節間) から数えた場合には対照区ではそれぞれ第IV, 第III節間に, A-1区, A-2区, A-3区では第V, 第IV節間に, B区とC区では第IV, 第III節間に該当した。

挫折強度はピークホールド型のデジタル秤 (イマダ社製) を用いて測定した。測定時の支点間距離 (渡辺 1991) は4cmとし, 秤が挫折したときの荷重値を秤の挫折重とした。測定は葉鞘を1枚つけた状態で節間の中央部に秤をかけて行った。測定節間は基部第2, 第3伸長節間を対象としたが, 二つの節間とも4cm以上の節間のみを選定して測定し, 得られた値の平均値をその節間の挫折重とみなした。なお節間の直径は, 葉鞘を1枚つけた状態で節間中央部の最長径と最短径を測定して, その平均値によって求めた。

稈の組織の観察は, 挫折重を測定した節間の中央部の横断面を徒手による生切片を作製して無染色のもとで顕微鏡によって行い, 皮層繊維組織の厚さと, 基本柔組織の厚さを測定してその合計を稈壁の厚さとした。さらに破生通気腔の最長径と最短径を測定して, その平均値を破生通気腔の直径とした。

なお, 生育調査 (草丈, 茎数, 有効茎歩合) については5ポット10個体, 収量関連諸形質 (穂数, 穂長, 穂重) の調査は4ポット8株を対象として行った。

結 果

1. 有効茎歩合と収量関連形質

成熟期の生育状況を第1表に示した。草丈はB区で最も高く, 対照区と比較して約10cm高くなった。穂長はA区 (以後, この表記ではA-1区, A-2区, A-3区の総てを含む) とB区では対照区と比較して1~2cm短くなったが, C区は対照区と同程度であった。1株当たりの穂重は対照区に比べてA区では有意に上回ったが, B区, C区では有意差が認められなかった。有効茎歩合はA区では対照区に比べて11~19%高く, 株当たりの穂数も2~4本多かった。とくに深水期間が長く登熟中期まで深水となるA-3区 (68日間) では有効茎歩合が約80% (対照区約61%), 1株当たりの穂数が19.2本 (対照区14.7本) と高い値となった。

2. 稈と伸長節間の長さ

稈と各位の伸長節間長を第2表に示した。A区では第V節間が他区に比べて長く, また, 他区においてはみられない第VI節間が認められ, 処理期間の長いA-2区, A-3区の稈長は, 対照区に比較して4~8cm長くなった。しかし, 処理期間の最も短いA-1区の第I~第IV節間の長さはいずれも対照区に比較して短くなったために, A-1区と対照区との稈長の差は小さかった。B区の第I~第IV節間はそれぞれ他の区に比較して長くなり, とくに第IV節間は11.6cmと著しく長かった。その結果, 稈長は対

第1表 草丈, 有効茎歩合および収量関連形質。

処理区*	草丈 (cm)	穂長 (cm)	穂重 (g/株)	穂数 (本/株)	有効茎歩合 (%)
対照	89.2 c	17.4 a	23.0 b	14.7 c	60.9
A-1	82.6 d	16.2 b	28.3 a	17.9 b	74.1
A-2	95.9 b	16.1 b	28.3 a	17.3 b	71.7
A-3	91.5 c	15.4 b	28.9 a	19.2 a	79.7
B	99.0 a	15.9 b	22.9 b	15.4 c	64.0
C	90.5 c	17.0 a	25.7 ab	13.4 d	55.6

*: 第1図参照。同一英小文字を付した区間にはダンカンの多重範囲検定による有意差 (5%水準) が認められないことを示す。

照区に比較して11 cm 長くなった。C 区の第 I 節間、第 II 節間はやや長くなったが、第 III 節間～第 V 節間はそれぞれ1 cm 程度短くなり、稈長の対照区との差はみられなかった。

3. 稈基部における伸長節間の太さと挫折強度

稈基部の伸長節間の直径と挫折強度を第3表に示した。

A 区の直径を対照区と比較すると基部第2節間では127～149%、基部第3節間では134～141%と太くなり、深水処理を有効分げつ決定期に開始することにより稈基部の伸長節間の直径が太くなる傾向が認められた。とくに処理期間の短い A-1 区においては、基部第2、第3節間の直径が対照区の149%、141%と最も太くなった。A 区の挫折強度を対照区と比較すると、最も処理期間が短い A-1 区の基部第2節間で3%、基部第3節間で28%上回ったが統計的に有意な差は認められなかった。また A-2 区と A-3 区の挫折強度は約20～30%低下する結果となった。B 区

の稈基部の伸長節間の直径を対照区と比較すると基部第2節間で99%、基部第3節間で106%と対照区と同程度の太さであったが、その挫折強度は対照区の42%、57%と約半分となり、著しく低下した。C 区の基部第2、第3伸長節間の直径は対照区に比較して116%、108%と太くなったが、その挫折強度に有意差はみられなかった。

4. 稈基部における伸長節間の内部形態

稈基部の伸長節間の直径と挫折強度との関係には、処理区間で傾向に違いがみられたことから、作製した切片について内部形態を観察し、その結果を第4表に示した。A-1 区の皮層繊維組織の厚さは対照区に比べて基部第2節間で10%、基部第3節間で16%、基本柔組織の厚さは基部第2節間で10%、基部第3節間で23%厚くなり、また、稈壁の厚さは基部第2節間で11%、基部第3節間で22%厚くなった。A 区の中で処理期間の長い A-2 区、A-3 区の皮層繊維組織の厚さは対照区に比べて同程度の厚さとなる

第2表 稈と伸長節間の長さ。

処理区*	稈長 (cm)	伸長節間長 (cm)					
		I	II	III	IV	V	VI
対照	61.6 d	28.4 bc	14.7 cd	9.3 bc	6.3 b	2.9 b	
A-1	59.6 e	26.4 d	14.0 d	7.9 d	4.4 c	4.6 a	2.6 b
A-2	69.5 b	29.3 ab	15.4 abc	9.4 b	6.7 b	4.6 a	4.6 a
A-3	65.4 c	27.5 cd	15.0 bc	9.1 bc	6.9 b	4.2 a	2.7 b
B	72.7 a	30.7 a	16.1 a	10.8 a	11.6 a	3.2 b	
C	60.5 ed	28.8 bc	15.7 ab	8.5 cd	5.2 c	2.1 c	

*: 第1図参照。同一英小文字を付した区間にはダンカンの多重範囲検定による有意差(5%水準)が認められないことを示す。節間は5 mm 以上のものを伸長節間とみなし、穂首節間をIとして、以下II, III, IV, ～と表した。

第3表 稈径と挫折強度。

処理区*	稈の直径 (mm)		挫折強度 (kg)	
	基部第2節間**	基部第3節間	基部第2節間	基部第3節間
対照	4.57(100)c	3.98(100)c	1.494(100)a	0.988(100)a
A-1	6.79(149)a	5.61(141)a	1.541(103)a	1.267(128)a
A-2	6.58(144)a	5.35(134)a	1.027(69)b	0.800(81)b
A-3	5.80(127)a	5.35(134)a	1.115(75)b	0.760(77)b
B	4.53(99)c	4.21(106)bc	0.631(42)c	0.560(57)c
C	5.28(116)b	4.30(108)b	1.510(101)a	1.026(104)a

*: 第1図参照。**: 基部第N節間は稈基部の節間(5 mm 以上)から数え第N番目の伸長節間を表す。同一英小文字を付した区間にはダンカンの多重範囲検定による有意差(5%水準)が認められないことを示す。() 内に示した数値は対照区に対する割合を示す。

第4表 稈壁、皮層繊維組織および基本柔組織の厚さ。

処理区*	稈壁 (μm)		皮層繊維組織 (μm)		基本柔組織 (μm)	
	基部第2節間**	基部第3節間	基部第2節間	基部第3節間	基部第2節間	基部第3節間
対照	800(100)	633(100)	59(100)	51(100)	742(100)	582(100)
A-1	885(111)	771(122)	65(110)	59(116)	819(110)	718(123)
A-2	888(111)	747(118)	58(98)	56(110)	830(112)	691(119)
A-3	883(110)	717(113)	60(102)	46(90)	824(111)	671(115)
B	699(87)	568(90)	58(98)	49(96)	641(86)	519(89)
C	976(122)	763(121)	70(119)	64(125)	906(122)	699(120)

*: 第1図参照。**: 第3表参照。() 内に示した数値は対照区に対する割合を示す。

か、あるいは薄くなった (A-2 区の基部第 3 節間は除く) が、基本柔組織は 11~19% 厚くなり、稈壁は 10~18% 厚くなった。B 区の皮層繊維組織は対照区と同程度の厚さであったが、基本柔組織は基部第 2 節間で 86%、基部第 3 節間で 89% となり、対照区に比較して 10% 以上薄くなり、結果として稈壁も約 10% 薄くなった。C 区の皮層繊維組織は対照区に比べて基部第 2 節間において 19%、基部第 3 節間において 25% 厚くなり、また、基本柔組織は基部第 2 節間において 22%、基部第 3 節間において 20% 厚くなり、稈壁は基部第 2 節間において 22%、基部第 3 節間において 21% 厚くなった。

5. 稈基部の伸長節間における破生通気腔の発達

前報 (大江ら 1996) において伸長節間における破生通気腔の著しい発達が節間強度を弱くする要因の一つである可能性を認めたので、本実験においても各区の下位の伸長節間における破生通気腔の発達程度を通気腔の直径により調査した (第 5 表)。基部第 2 節間における破生通気腔の直径は A 区で著しく大きく、対照区に比較して 2.1~2.4 倍となった。B 区の破生通気腔の直径は対照区に比較して約 1.4 倍増した。C 区の破生通気腔の直径は対照区の 10% 増となり、他の処理区に比べて発達の程度が小さかった。基部第 3 節間における破生通気腔の直径は、A-2 区、A-3 区、B 区において A-1 区および C 区を著しく上回った。

考 察

水稻の生育制御と多収を目的とした深水栽培法として、生育期間を通して深水状態とする方法 (星川 1990)、生育初期のみを深水状態とする方法 (川島・村上 1985、桐山・中谷 1986、1987、薄井 1991) などが報告されている。しかし、処理の時期ならびに期間と生育反応との関係を詳細にみた調査報告はなく、効果についての統一的な見解は未だ得られていない。本実験によって得られた結果から深水処理の時期と期間の違いによる水稻の生育反応の特徴を取りまとめて考察する。

1. 有効分げつ決定期における深水処理の影響

有効分げつ決定期に深水処理を開始した A 区では、有

効茎歩合が向上して穂数が増加し、1 株当たりの穂重の増大が認められた (第 1 表)。深水処理による有効茎歩合の向上は、有効化率の低いとされる 2 次分げつ、3 次分げつの出現が抑制されることが主要因で、最高茎数の減少傾向がみられたことを報告 (大江ら 1995) したが、本実験の A 区においては最高茎数が対照区と同程度となり、有効茎歩合が高まったことから判断して、分げつの出現の抑制は小さく、しかも出現した分げつの退化が少なかったことが原因と考えられる。A 区において 2 次分げつ、3 次分げつの出現抑制が認められなかったことは、深水の処理開始時期が既報 (大江ら 1995) の処理時期 (葉齢約 7.1) よりも遅れた (本実験では葉齢約 10.9) が原因の一つと考えられるが、生育の早い段階における深水処理開始時期の差が有効茎歩合の成立過程にどのように影響するかについては、さらに詳細な調査を行い明らかにする必要があると考えている。

一般に稈基部の伸長節間の直径の増加は挫折強度に貢献するとされている (松田ら 1983a, 渡辺 1985a, b)。A 区では伸長節間の直径が対照区に比べて約 30~50% 太くなり、処理期間の短い A-1 区の下位の伸長節間では挫折強度の平均値もやや高まる場合も認められたが、処理期間が長く、処理が節間伸長期にかかる A-2 区、さらに登熟期にかかる A-3 区では伸長節間の直径の増大が挫折強度の増加に結びつかなかった (第 3 表)。既報 (大江ら 1996) において深水により稈の直径が増加し、挫折強度の向上は認められるものの、破生通気腔の稈横断面に占める割合が高くなって、稈の直径の増加の挫折強度への貢献度は低下することを報告した。本実験の A 区でも節間の直径の増加はみられたが、同時に処理の長短に関係なく破生通気腔の発達も認められ (第 5 表)、このことが稈の直径の増加の挫折強度への貢献を高めない要因になったと判断した。

また、破生通気腔の発達程度が同程度であったにもかかわらず、処理期間の長い A-2、A-3 区の節間強度は処理期間の短い A-1 区に比べて低下する傾向が認められた。このことは、挫折型の倒伏抵抗性に極めて重要な要素であるとされる皮層繊維組織の厚さ (松田ら 1983a, b, 1984) が、A-2、A-3 区では A-1 区に比較して基部第 2 節間で 10% 程度、基部第 3 節間で 5~22% 程度薄くなったことが要因と考えられ、処理期間の長い場合には、皮層繊維組織の発達を抑えて節間強度を低下させる可能性が示された (第 4 表)。

A の各区では対照区よりも第 V 節間の 1.5 cm 程度の伸長と節間数の増加をもたらしたが、節間伸長の時期に処理が重なる A-2、A-3 区の下位節間においては、B 区の第 IV 節間にみられた 10 cm を越える著しい徒長は生じなかった。このことから、節間伸長開始期以前に深水を開始した場合には、深水状態を継続して節間伸長期まで行っても、下位の節間の著しい徒長は生じないものと推察される。このことは既報 (大江ら 1996) において生育期間を

第 5 表 破生通気腔の大きさ。

処理区*	破生通気腔 (μm)	
	基部第 2 節間**	基部第 3 節間
対照	122(100)	—
A-1	298(244)	116
A-2	298(244)	169
A-3	261(214)	147
B	174(143)	155
C	134(110)	102

*: 第 1 図参照。 **: 第 3 表参照。 () 内に示した数値は対照区に対する割合を示す。

通じて深水とした場合に、下位節間の10 cmを越えるような徒長が認められなかった結果とも一致した。しかし、節間伸長開始期以前の21日間の深水处理によって、その後の深水处理における下位の節間の著しい徒長を抑制すること（A-3区とB区の稈長の違い）の要因についてはさらに検討する必要がある。なお、A区においてみられた伸長節間数の増加は、深水处理後に葉齢の展開速度が速まって、総葉数が他区に比較して1枚増加（16枚）したことに関係すると思われる（データは省略）。

2. 節間伸長期における深水处理の影響

節間伸長期から開始した深水处理（B区）による有効茎歩合への影響は、対照区に比較して3%程度の増加にとどまった。また、穂数ならびに穂重に有意な増加は認められないことから、収量向上の面からの処理効果は少ないものと予想される（第1表）。

B区にみられる生育反応の特徴は、下位の特定の伸長節間（第IV節間）に著しい伸長がみられたことである（第2表）。林・山本（1978a）は冠水下の水稻において、冠水处理時に伸長中の節間が最も伸長を促進されて徒長すると報告している。B区でみられた第IV節間の著しい徒長も、第IV節間の伸長時期に深水处理の開始時期が重なったことに因るものと推察される。

稈基部の伸長節間の挫折強度は、節間の太さに対照区との差がみられなかったにもかかわらず、対照区の約半分となり著しく低下した（第3表）。松田ら（1983a, b, 1984）は稈の挫折抵抗力が節間構成組織と密接なかかわりをもつことを明らかにしているが、この挫折強度の著しい低下は、稈の直径の増加をもたらしなかったことに加え、皮層繊維組織と基本柔組織が薄くなったことと、基本柔組織内にA区と同様に破生通気腔の発達がみられたこと（大江ら1996）が原因するものと推察した（第4表、第5表）。以上のとおり、B区でみられた稈基部の徒長と挫折強度の低下により、節間伸長期から開始する深水处理は倒伏抵抗性を著しく低下させるものと予想される。

3. 出穂期の深水处理の影響

出穂期から開始した深水处理のC区では、処理開始時、器官の伸長生長がほぼ終了する直前の時期であると推測され、草丈、稈長に対照区との大きな差異は認められなかった。穂数はやや減少し有効茎歩合の低下がみられたが、このことの要因は明らかではなかった。1株当たりの穂重はA区よりもやや低下したが、対照区よりもやや上回った（第1表）。成熟期における1株当たりの穂重が、登熟中期にわたる深水处理によっても対照区より低下しなかった（B区）、またはやや上回った（A-3, C区）ことについては、登熟期における深水の光合成への影響の面からとくに検討する必要があると考える。

塚本（1993）は、生育中期において湛水深が深い場合

（10 cm）は、湛水しない場合（0 cm）に比べて光合成で取り込む一日あたりの二酸化炭素の量が30%多いことを報告し、黒田・玖村（1990）は登熟期において葉身の周囲の空気を加湿する処理で個葉の光合成が増加することを報告している。また、浮イネの水中条件下の葉身周囲には、暗期に蓄積された多量の非水溶性の二酸化炭素が存在し、光合成による二酸化炭素の消費で生じる濃度勾配でエアレイヤーを通じて二酸化炭素が十分に取り込まれ、光合成は水面下においても十分に行われているとの報告がある（Raskin and Kende 1983）。本実験では光合成に関する測定は行っておらず、その解析は今後に待たねばならないと考えるが、本実験での登熟期における深水处理では登熟にとって有効な上位葉（上位の2～3葉）はすべて水面上にあり、しかもそれらの葉は十分に湿潤状態であったこと、さらに水没した葉があってもその葉身の表面にはエアレイヤー様の気泡が確認されたことから考え、深水处理による個体での光合成の抑制はなかったものと考えられる。

以上から、深水处理の開始時期および期間の違いにより、分げつの発生とその有効化、下位節間の伸長、節間の組織の発達と挫折強度等の生育反応が異なることが判った。有効茎歩合を高めて穂数を確保し、耐挫折型倒伏性を高める目的で深水处理をする場合には、有効分げつ決定期頃から節間伸長期までの比較的短期間の深水处理が効果的であることが明らかとなり、この方法の実践的な栽培技術としての適応の可能性が推察された。

引用文献

- 林金殿・山本良三 1978a. 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. 農山漁村文化協会, 東京. 1—142.
- 稲葉光國 1993. 太茎大穂のイネづくり. 農山漁村文化協会, 東京. 78—81.
- 川島長治・村上保 1985. 「深水管理」した水稻生育の一例. 日作東北支部報 28: 33—35.
- 桐山隆・中谷治夫 1986. 深水管理とコシヒカリの生育. 北陸作物学会報 21: 45—46.
- 桐山隆・中谷治夫 1987. 深水管理と水稻後期の生育. 北陸作物学会報 22: 11—12.
- 黒田栄喜・玖村敦彦 1990. 圃場条件下における水稻個葉の光合成の実態とその解析. 第6報 水不足による光合成抑制程度の個葉外囲空気加湿処理による評価. 日作紀 59: 120—124.
- 松田智明・川原治之助・長南信雄 1983a. 水稻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.
- 松田智明・川原治之助・長南信雄 1983b. 水稻下位節間の挫折抵抗力に関する組織形態学的研究. 第5報 研磨切片法による節間挫折過

- 程の組織学的観察. 日作紀 52: 521—528.
- 松田智明・川原治之助・長南信雄 1984. 水稻下位節間の挫折抵抗力に関する組織形態学的研究. 第6報 異なる環境下で生育した水稻の下位節間の構造と挫折抵抗力. 日作紀 53: 71—78.
- 大江真道・後藤雄佐・星川清親 1994. 深水処理が水稻分げ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.
- Raskin, I. and H.Kende 1983. How does deep water rice solve its aeration problem. *Plant Physiol.* 72: 447—454.
- 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.
- 末次勲 1968. 水稻の節間伸長開始期に関する研究. 茎の形態形成上の発育段階. 日作紀 37: 489—498.
- 塚本修 1993. 湛水深の異なる水稻群落上の乱流フラックス. 農業気象 49: 19—25.
- 薄井勝利 1991. 良食味・多収の豪快イネづくり. 農山漁村文化協会, 東京. 45—53.
- 渡辺利通 1985a. 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 D36: 147—196.
- 渡辺利通 1985b. 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 D36: 197—218.
- 渡辺利通 1991. 「挫折荷重測定機 BSTW-1 型」の性能試験. イネ・コムギを用いた場合. 農業技術 46: 232—233.

Effects of the Time of Deep-Water Treatment on Growth and Lodging Resistance in Japonica Type Paddy Rice (*Oryza sativa* L.) : Masamichi OHE* and Hironori MIMOTO (Osaka Prefecture Univ., Sakai 599-8531, Japan)

Abstract : Recently sometimes deep water is used as a growth control technique in rice cultivation in Japan. To make clear the proper treatment for growth control, we studied five deep-water treatments (30 cm depth) which were different in start time and period: plot A-1, from productive tiller number determining stage to internode elongation starting stage; plot A-2, to heading stage; plot A-3, to ripening stage; plot B, from internode elongation starting stage to ripening stage; and plot C, from heading stage to ripening stage. In plots A-1, A-2 and A-3, the percentage of fruitful culms improved and basal internode diameter increased greatly compared to that of the control (5 cm water depth maintained). However the breaking strength of basal internodes decreased as the treatment period became longer (plots A-2 and A-3). This weakening could be explained by the development of lysigenous aerenchyma and thin cortical fiber in the internode tissue. In plot B, no improvements were observed in the percentage of fruitful culms and yield components as compared with the control. But remarkable reductions in breaking strength and spindly growth were recognized in the basal internodes. The reduction in strength could be explained by the thinness of the cortical fiber and fundamental parenchyma, and a remarkable development of lysigenous aerenchyma. In plot C, little influence of treatment was observed on growth habit. These results indicate that treatment which starts from the productive tiller number determining stage to internode elongation starting stage has a possibility for rice growth control.

Key words : Breaking strength, Cortical fiber, Deep-water, Lodging resistance, Lysigenous aerenchyma, Rice.