

## 水稻における稈基部の挫折強度形質の遺伝的特徴

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者	大川, 泰一郎 石原, 邦
巻/号	66巻4号
掲載ページ	p. 603-609
発行年月	1997年12月

## 水稻における稈基部の挫折強度形質の遺伝的特徴

—コシヒカリと中国 117 号との交配  $F_1 \sim F_3$  を用いて—\*

大川 泰一郎・石原 邦

(東京農工大学農学部)

1997 年 1 月 30 日受理

**要旨:** 水稻の耐倒伏性に関与する稈基部の挫折強度が著しく異なる中国 117 号およびコシヒカリとを用いて、耐倒伏性に関与する形質が後代にどのように分離し遺伝する特徴があるかを検討した。 $F_1$  は両親に比べ稈長が長く地上部が重かったが、稈の挫折時モーメントが大きいため倒伏しなかった。 $F_1$  の稈の挫折時モーメントが大きいの、中国 117 号の断面係数が大きい性質とコシヒカリの曲げ応力の大きい性質が組合さった結果であった。断面係数についての  $F_2$  150 個体の頻度分布は 3 頂分布を示し、この形質は単一遺伝子ではなく 2 つ以上の遺伝子が関与している可能性があること、また遺伝率は 0.69 とやや大きく、断面係数は選抜の可能性のある形質と考えられた。 $F_2$  における断面係数と曲げ応力との間の遺伝相関係数は -0.70 で、両方の形質を育種目標として選抜することは困難であると考えられた。しかしながら、 $F_2$  個体の中には、中国 117 号と同様に断面係数が大きく、曲げ応力も中国 117 号より約 1.5 倍大きい結果、稈の挫折時モーメントが著しく大きい個体が 3 個体見いだされた。さらに、これらの個体から得た  $F_3$  個体は、断面係数および曲げ応力の大きい性質を備えていた。以上の結果から、挫折強度の大きい品種・系統との交配を通じて、断面係数および曲げ応力がともに大きく、耐倒伏性の大きい性質を付与できる可能性のあることが示唆された。

**キーワード:** 遺伝率, 挫折強度, 水稻, 耐倒伏性, 断面係数, 曲げ応力.

**Genetic Characteristics of the Breaking Strength of the Basal Culm Related to Lodging Resistance in a Cross between Koshihikari and Chugoku 117:** Taiichiro OOKAWA and Kuni ISHIHARA (*Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology, Fuchu, Tokyo 183, Japan*)

**Abstract:** In order to investigate the possibility of introducing lodging resistance into long culm and ear weight type rice cultivars, we studied the genetic characteristics of breaking strength related to lodging resistance in a cross between Koshihikari and Chugoku 117 with small and large section modulus, respectively, and their progenies. In the  $F_1$  plants, the mean section modulus was much higher than that in Koshihikari, while the mean of the bending stress was higher than that in Chugoku 117 as well as that in Koshihikari. Consequently, the mean of the bending moment at breaking of the basal internode (M) in the  $F_1$  population was much higher than that in Koshihikari as well as Chugoku 117. The M in  $F_2$  ranged widely from 800 to 2900 g cm, and eight plants of  $F_2$  exceeded the maximum value of Chugoku 117. The section modulus in  $F_2$  ranged widely from 8 to 25 mm<sup>3</sup> and showed a trimodal frequency distribution. The ratio of 30:92:28 did not fit the 1:2:1 expected for one-gene segregation. The section modulus showed a comparatively large heritability value in the  $F_2$  line, so this character was expected to be effective for selection. Despite negative genotypic correlation between section modulus and bending stress, three plants in the  $F_2$  line had very high M values due to large section modulus and large bending stress. The M and section modulus in the two  $F_3$  lines were almost large, corresponding to the selected  $F_2$  parental plants. From these results, there is a possibility of introducing lodging resistance into long culm type cultivars by individual selection.

**Key words:** Bending stress, Breaking strength, Heritability, Individual selection, Lodging resistance, Long culm and ear weight type, Paddy rice, Section modulus.

従来、水稻長稈穂重型品種の多くは、倒伏しやすいため、多収性品種の育種は短稈化を主たる目標として進められてきた。しかしながら、近年乾物生産量および収量の増加は停滞する傾向がみられ、その要因の一つには短稈化による乾物生産量の低下が指摘されている<sup>1)</sup>。著者らは、乾物生産、収量成立過程について解析し、長稈穂重型品種台農 67 号の乾

物生産量および収量が高い要因は、草丈が高いことによって葉面積密度が小さく、個体群内 CO<sub>2</sub> の拡散効率がよいこと<sup>2)</sup>、また分けつ茎が少なく各茎に着生する葉身の老化が遅く、分けつ茎の葉身の光合成速度は主茎の葉身と同様に高く維持されていること<sup>3)</sup> などにあることを明らかにした。このような長稈穂重型品種の備えた有利な性質を十分生かすためには、耐倒伏性を備えていることが不可欠であるので、国内外の 22 品種の耐倒伏性の相違とその機構

\* 大要は、第 198 回講演会 (1994 年 8 月) において発表。本研究の一部は文部省科学研究費による。

について検討した<sup>9)</sup>。その結果、わが国の品種はいずれも稈基部の挫折強度を表す葉鞘付挫折時モーメントが外国の品種に比べて小さく、耐倒伏性が小さかった。外国品種および最近わが国で育成された多収系統の中には、葉鞘付挫折時モーメントが著しく大きい品種が認められた。すなわち、中国農試で育成された中国 117 号、アケノホシ、台湾の長稈品種台農 67 号、台中 189 号、韓国の多収性品種密陽 23 号では葉鞘付挫折時モーメントはわが国の品種に比べて 2 倍程度大きかった。この葉鞘付挫折時モーメントが大きい要因には断面係数、曲げ応力、葉鞘補強度などの形質が関与しているが、これらの形質の品種間の変異は大きく、どの形質がこのモーメントを大きくしているかは品種によって異なっていた<sup>9)</sup>。

このように耐倒伏性に関与する形質は多種類でかつその変異は大きく、これらの品種の交配を通じてさらに耐倒伏性が大きい多収性の長稈穂重型品種を育成する可能性が考えられる。そこで、耐倒伏性極強の品種の育種に役立つ基礎的な知見を得る目的で、稈の挫折時モーメントが大きい中国 117 号と小さいコシヒカリとを交配し、稈の挫折時モーメントとこれに関係する断面係数および曲げ応力がどのように遺伝し分離するかを圃場に生育した両親、 $F_1$ 、 $F_2$  および  $F_3$  を用いて検討した。

### 材料と方法

農林水産省中国農業試験場において、アメリカの B581 と台湾の苗粟 B40 号との組合せより育成された耐倒伏性極強の水稲多収系統である中国 117 号を母親に、コシヒカリを花粉親として、1991 年に交配した。この交配によって得た  $F_1$  と 1992 年に  $F_1$  から得た  $F_2$  個体と中国 117 号、コシヒカリとを 1993 年 5 月 26 日に東京農工大学農学部附属農場水田に 1 株 1 本植、22.2 株/m<sup>2</sup> の栽植密度で移植した。肥料は基肥として堆肥 3,000 kg/10a、化成肥料 (14-14-14) 35.7 kg/10a、追肥を 2 回、それぞれ化成肥料 (16-16-16) 18.8 kg/10a 施用した。出穂期はコシヒカリは 8 月 15 日、中国 117 号および  $F_1$  は 8 月 18 日で、 $F_2$  では多くの個体が両親とほぼ同時期に出穂したが、出穂期の最も早い個体と遅い個体の間に約 10 日間の幅があった。

コシヒカリ、中国 117 号の登熟中期にあたる 9 月 14 日に、両親 20 個体、 $F_1$  20 個体、 $F_2$  150 個体について、以下の測定を行った。主稈を採取し、万能材料試験機テンシロン (オリエンテック社製) を用

いて、前報<sup>9)</sup>と同様の方法により、支点間距離 4 cm として稈基部の第 V 節間 (穂首節間を第 I 節間とする) の挫折荷重を測定した。倒伏程度、倒伏指数、葉鞘付挫折時モーメント、稈の挫折時モーメント、断面係数および曲げ応力は、前報<sup>9)</sup>と同様な計算式より算出した。

1994 年には  $F_2$  個体のうち稈の挫折時モーメントの大きい 2 個体に由来する  $F_3$  系統 (系統内個体数 60) を中国 117 号、コシヒカリとともに 1993 年と同様に栽培した。中国 117 号、コシヒカリの登熟中期にあたる 9 月 16 日に、それぞれの  $F_3$  個体群中央より 10 個体を無作為に採取し、稈の挫折時モーメント、断面係数および曲げ応力の測定を行った。それぞれの  $F_3$  系統の個体の多くは、中国 117 号、コシヒカリと同時期に出穂したが、最も早い個体と遅い個体の間に約 6 日間の幅があった。

$F_2$  における各形質の遺伝率、断面係数と曲げ応力の表現型相関係数および遺伝相関係数は次式より算出した。

$$\textcircled{1} \text{ 遺伝率} = (VF_2 - VE) / VF_2 \quad (1)$$

$VF_2$ :  $F_2$  の分散,  $VE$ : 環境分散 (コシヒカリ, 中国 117 号,  $F_1$  の分散の平均値)。

$$\textcircled{2} \text{ 表現型相関係数} = \text{CovPXY} / \sqrt{VPX \cdot VPY} \quad (2)$$

$VPX$ : 断面係数の表現型分散,  $VPY$ : 曲げ応力の表現型分散,  $\text{CovPXY}$ : 断面係数と曲げ応力の表現型共分散。

$$\textcircled{3} \text{ 遺伝相関係数} = \text{CovPXY} / \sqrt{VGX \cdot VGY} \quad (3)$$

$VGX$ : 断面係数の表現型分散から環境分散を差し引いた値。

$VGY$ : 曲げ応力の表現型分散から環境分散を差し引いた値。

$\text{CovPXY}$ : 断面係数と曲げ応力との表現型共分散から環境共分散を差し引いた値。

### 結 果

中国 117 号、コシヒカリおよび  $F_1$  の倒伏と関係する地上部の形質、すなわち稈長、第 V 節間長、収穫期地上部乾物重および倒伏程度を第 1 表に示した。第 V 節間長は、 $F_1$  では両親よりやや長く、稈長は  $F_1$  が 100 cm で中国 117 号、コシヒカリに比べてそれぞれ約 10 cm、約 4 cm 長かった。地上部乾物重は  $F_1$  が 73.6 g で中国 117 号、コシヒカリに比べてそれぞれ 5.5 g、12.3 g 大きかった。コシヒカリは出穂後 10 日目に倒伏程度 3、18 日目に 5 の著しい挫折型の倒伏を示したが、稈長が長く地上部

第1表 中国117号, コシヒカリとそのF<sub>1</sub>の稈長, 第V節間長, 収穫期地上部乾物重および倒伏程度の比較

	稈長 (cm)	第V節間長 (cm)	地上部乾物重 (g/株)	倒伏程度
中国117号	90.3±2.3*	5.9±1.1	68.1±2.4	0**
F <sub>1</sub>	100.0±4.6	6.1±1.0	73.6±2.9	0
コシヒカリ	95.9±2.5	6.6±1.1	61.3±6.8	5

\* : 20個体の平均値±標準偏差。

\*\* : 5は著しい倒伏, 0は倒伏しなかったことを示す。

第2表 登熟期(出穂後30日目)における倒伏指数, 地上部モーメント, 葉鞘付挫折時モーメントの比較

	倒伏 指数 (A/B)	地上部 モーメ ント(A) (g・cm)	葉鞘付 挫折時 モーメ ント(B) (g・cm)
中国117号	0.94	2187	2323
F <sub>1</sub>	1.06	2913	2739
コシヒカリ	1.51	1823	1212
F <sub>1</sub> /中国117号(%)	113*	133**	118**
F <sub>1</sub> /コシヒカリ(%)	70**	160**	226**

\*, \*\*はF<sub>1</sub>とそれぞれの両親との間に5%, 1%レベルで有意差があることを示す。

地上部モーメント: 第V節間挫折部から穂先までの長さ×生体重の積。

倒伏指数: 地上部モーメントを葉鞘付挫折時モーメントで除した値。

が重いF<sub>1</sub>は中国117号と同様に倒伏程度は0で, 収穫期まで倒伏しなかった。

登熟中期における倒伏指数, 地上部モーメントおよび葉鞘付挫折時モーメントを比較した(第2表), 地上部モーメントをみると, 稈長が長く地上部の重いF<sub>1</sub>は2913g・cmで, 中国117号, コシヒカリに比べてそれぞれ約1.3倍, 約1.6倍大きかった。一方, 葉鞘付挫折時モーメントはF<sub>1</sub>が2739g・cmで, 中国117号, コシヒカリに比べてそれぞれ約1.2倍, 約2.3倍大きかった。その結果, 倒伏指数は葉鞘付挫折時モーメントの小さいコシヒカリでは1.51と大きく, 葉鞘付挫折時モーメントの大きい中国117号では0.94と最も小さい値を示した。F<sub>1</sub>は地上部モーメントがかなり大きいにもかかわらず, 葉鞘付挫折時モーメントが非常に大きいので, 倒伏指数は1.06であった。

つぎに葉鞘付挫折時モーメントの構成要素である稈の挫折時モーメントを比較した(第3表), F<sub>1</sub>の稈の挫折時モーメントは1884g・cmで, 中国117

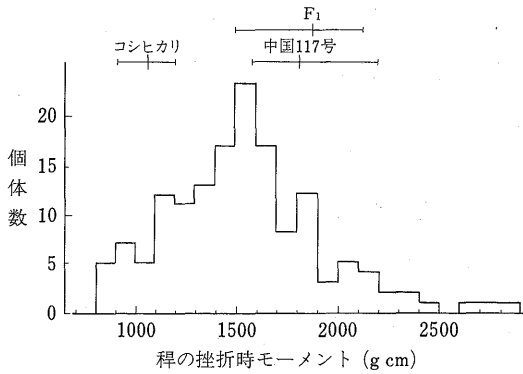
第3表 F<sub>1</sub>と両親の稈の挫折時モーメント, 断面係数および曲げ応力の比較

	稈の挫折時 モーメント (g・cm)	断面係数 (mm <sup>3</sup> )	曲げ応力 (g/mm <sup>2</sup> )
中国117号	1821±206*	20.8±2.3	878±279
F <sub>1</sub>	1884±218	18.6±3.0	1023±113
コシヒカリ	1075±101	9.4±1.3	1152±129

\* : 20個体の平均値±標準偏差。

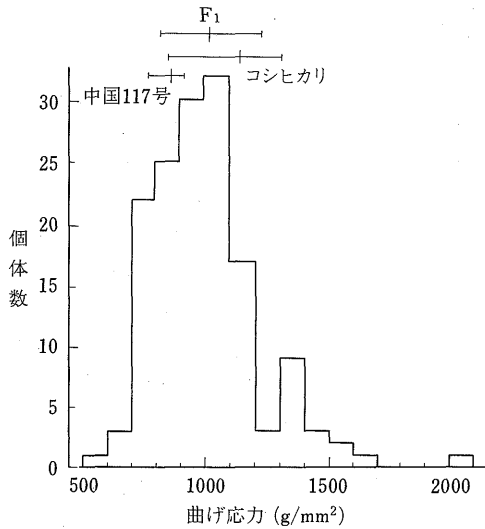
号とほぼ等しく, コシヒカリより約1.8倍大きかった。稈の挫折時モーメントを断面係数と曲げ応力とにわけてみると, F<sub>1</sub>の断面係数は18.6mm<sup>3</sup>で, 中国117号とほぼ等しく, コシヒカリの約2倍であった。一方, F<sub>1</sub>の曲げ応力は1023g/mm<sup>2</sup>で, コシヒカリとはほぼ等しく, 中国117号より約1.2倍大きかった。このことから, F<sub>1</sub>の稈の挫折時モーメントが大きいのは, 中国117号の断面係数とコシヒカリの曲げ応力の両性質を備えていたことによるものであった。

さらに, F<sub>2</sub>150個体を用いて稈の挫折時モーメント, 断面係数および曲げ応力がどのように遺伝し分離したかについて, これらの頻度分布から検討した。稈の挫折時モーメントには800~2900g・cmの大きな連続的な変異があったが(第1図), 150個体の中には稈の挫折時モーメントの大きい中国117号の最大値を超える2200g・cmの個体が8個体あった。F<sub>2</sub>の曲げ応力は500~2100g/mm<sup>2</sup>で, 大部分が中国117号の最小値からコシヒカリの最大値までの範囲にあったが(第2図), コシヒカリの最大値1300g/mm<sup>2</sup>を超える個体が16個体あった。F<sub>2</sub>の断面係数は8~25mm<sup>3</sup>で, コシヒカリの最小値から中国117号の最大値までの大きな変異があったが(第3図), コシヒカリと中国117号のほぼ中間の15~16mm<sup>3</sup>, コシヒカリに近い10~11mm<sup>3</sup>, 中国117号に近い20~22mm<sup>3</sup>の個体が多かった。そこで, F<sub>2</sub>の断面係数を12, 19mm<sup>3</sup>を境に3群



第1図 F<sub>2</sub>における稈の挫折時モーメントの頻度分布

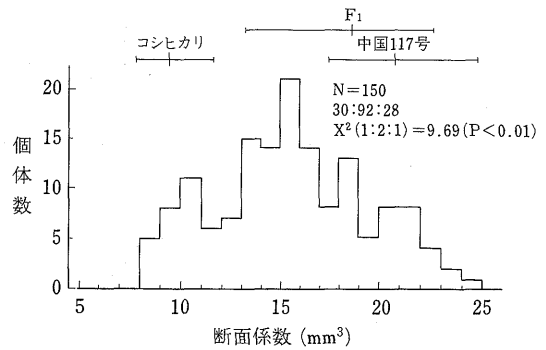
注) 図中の横棒は、平均値と変異幅(最大値および最小値)を示す(第2図, 第3図も同様)。



第2図 F<sub>2</sub>における曲げ応力の頻度分布

に分け  $\chi^2$  検定を行った結果, 分離比は 30:92:28 で 1:2:1 となる確率は 1%未満と小さかった。一方, 断面係数の遺伝率は 0.69 とやや大きかった(第4表)。なお, 断面係数と同様に求めた稈の挫折時モーメントおよび曲げ応力の遺伝率は, それぞれ 0.80, 0.82 であった。

つぎに, F<sub>2</sub>における断面係数と曲げ応力との関係についてみると(第4図), F<sub>2</sub> 個体の多くはコシヒカリと中国117号の分布する範囲にあった。断面係数と曲げ応力との表現型相関係数と, 環境相関を除く遺伝相関係数とを求めた結果, 相関係数はそれぞれ -0.41, -0.70 で, 1%レベルで有意な負の相関関係があった(第5表)。しかしながら, F<sub>2</sub> 個体



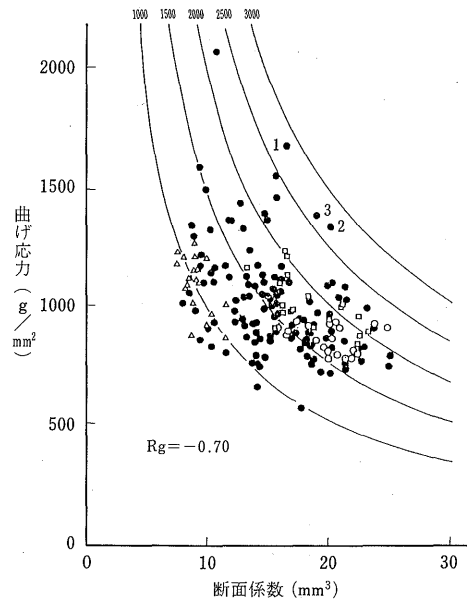
第3図 F<sub>2</sub>における断面係数の頻度分布

第4表 断面係数の平均値, 分散および F<sub>2</sub> における遺伝率

	平均(M)	分散(V)
中国117号(P <sub>1</sub> )	20.8	4.18
コシヒカリ(P <sub>2</sub> )	9.4	1.32
F <sub>1</sub>	18.6	9.28
F <sub>2</sub>	15.7	15.93

遺伝率 =  $(VF_2 - VE) / VF_2 = 0.69$

VE: 環境分散 (VP<sub>1</sub>, VP<sub>2</sub>, VF<sub>1</sub>の平均)



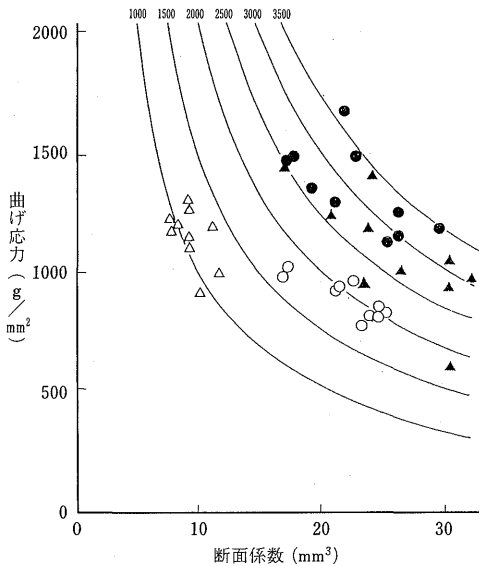
第4図 F<sub>2</sub>における断面係数と曲げ応力との関係  
○: 中国117号, △: コシヒカリ, □: F<sub>1</sub>, ●: F<sub>2</sub>  
注) 図中の等曲線は稈の挫折時モーメントを示す。

の中には断面係数, 曲げ応力がともに大きく, 稈の挫折時モーメントが F<sub>1</sub> の稈の挫折時モーメントよ

第5表 F<sub>2</sub>における断面係数と曲げ応力との表現型相関係数および遺伝相関係数

表現型相関係数(Rp)	遺伝相関係数(Rg)
-0.41**	-0.70**

\*\* : 1%レベルで有意.



第5図 F<sub>2</sub>系統(第4図, No. 1, No. 2)に由来するF<sub>3</sub>2系統における断面係数と曲げ応力との関係

○: 中国117号, △: コシヒカリ, ●: F<sub>3</sub>-1, ▲: F<sub>3</sub>-2

注) 図中の等曲線は稈の挫折時モーメントを示す。

り大きい2500~3000 g·cmの間の個体が3個体あった。

これらの3個体から, F<sub>2</sub>系統を育成し, 断面係数と曲げ応力との関係について検討した(第5図)。その結果, F<sub>2</sub>の中で稈の挫折時モーメントの最大値を示したF<sub>2</sub>2個体(第4図No. 1, No. 2)に由来するF<sub>3</sub>2系統(F<sub>3</sub>-1, F<sub>3</sub>-2)の断面係数および曲げ応力は, そのほとんどの個体が大きく, 稈の挫折時モーメントは著しく大きかった。

以上の結果から, 断面係数および曲げ応力がともに大きく稈基部の挫折強度の大きい系統を選抜できる可能性のあることがわかった。

### 考 察

従来のお米における耐倒伏性の遺伝については, 実際の倒伏程度や押し倒し抵抗値を指標に, 耐倒伏

性を単一の形質として遺伝解析を行った研究が多い。八木<sup>14)</sup>, 伊藤ら<sup>11)</sup>は, 水稻の耐倒伏性の遺伝率はそれぞれ0.77~0.95, 0.4~0.8と比較的高いことから, 耐倒伏性の選抜は比較的容易であるとした。しかし, 耐倒伏性には稈長, 地上部重や稈基部の挫折強度を構成する断面係数など複数の形質が密接に関与している。著者らは, 耐倒伏性の品種間差異をもたらす要因について解析をすすめてきた<sup>9,10,11)</sup>。この過程で明らかにした稈基部の葉鞘付挫折時モーメントとそれぞれに関連する形質に着目して, 挫折強度の著しく異なる中国117号およびコシヒカリを交配し, これらの形質が後代にどのように遺伝し分離するかを検討した。この検討の際に, F<sub>2</sub>など後代における出穂期, 草丈や稈長などの他の形質の分離が耐倒伏性に関与する形質に及ぼす影響を考慮する必要がある。本研究で用いたコシヒカリと中国117号の出穂期の相違は4日と小さく, 草丈および稈長はほぼ同じであった。さらにF<sub>2</sub>の多くの個体の出穂期, 草丈および稈長も両親と大きな相違は認められなかった。また, 選抜した稈の挫折強度の大きかったF<sub>2</sub>個体の出穂期なども両親とほぼ同様であったので, 耐倒伏性に関与する形質への影響は小さいと考えられた。以下, この2品種の後代における耐倒伏性に関与するそれぞれの形質について考察する。

F<sub>1</sub>は地上部が重く長稈であるにもかかわらず倒伏しなかった。この要因は, 中国117号の断面係数とコシヒカリの曲げ応力の両性質を備えていることにより, 稈の挫折時モーメントが大きいことにあった(第1, 2, 3表)。まず, F<sub>2</sub>における断面係数の分離を検討した。その結果, この分離は3頂分布を示したが, 1:2:1の理論比には適合していなかった。この形質は少なくとも2つ以上の遺伝子に支配されていると考えられた(第3図)。従来, 水稻の稈の太さの遺伝を研究した例は非常に少ない。Iwataら<sup>2)</sup>は稈の太さが異なる突然変異体を用いて, 稈の細い形質が単一遺伝子(fc)支配であることを報告しているが, 稈の太い形質の遺伝については報告がない。本研究の結果からは, 断面係数は量的形質であり, 単一遺伝子支配ではないことが示唆された。本研究ではF<sub>3</sub>世代を用いて後代検定を行っていないので, 断面係数の遺伝様式を明らかにできなかったが, これらは今後検討すべき課題である。

つぎに曲げ応力についてみると, F<sub>2</sub>では中国

117号より小さい値の個体からコシヒカリより大きい値の個体まで連続した変異が認められた(第2図)。本研究で用いたコシヒカリと中国117号の曲げ応力の相違が小さく、その変異の幅が小さいので連続分布となったことが考えられる。したがって本研究の組み合わせ間では、曲げ応力が後代にどのように分離するかは明らかにすることはできなかった。

従来、曲げ応力の遺伝についての研究は少なく、単一の劣性遺伝子(bc3)が関与し、稈質が軟かい突然変異体が報告<sup>2)</sup>されているが、稈が硬いというような有用な形質の遺伝についての報告はない。前報<sup>10,11)</sup>で示したように曲げ応力は稈の組織を構成するセルロース、ヘミセルロース、リグニンなどの細胞壁構成成分と関係していた。とくにリグニンは単位体積当たり含有量が、品種<sup>10)</sup>や生育環境条件<sup>11)</sup>による曲げ応力の相違をもたらす主要因であった。また、リグニンは皮層繊維組織に局在し、台中189号では稈横断面の周辺部にリグニンが多く存在することによってより効率的に曲げ応力が大きくなっていった<sup>11)</sup>。最近、リグニンやセルロースの合成酵素遺伝子の突然変異体に関するいくつかの研究がなされており<sup>4,6,13)</sup>、Kokuboら<sup>4)</sup>は、細胞壁構成成分の一つであるセルロースの合成酵素が欠失した大麦の突然変異は、曲げ応力が小さいことを認めている。この結果は細胞壁構成成分に関わる単一の遺伝子によってその含量や組成が変化し、さらに曲げ応力が大きく影響をうけることを示唆している。曲げ応力と密接に関係するリグニンなどの細胞壁構成成分の量や組成、またその組織特異的な発現を明らかにすることを通じて、曲げ応力に関する遺伝を明らかにすることができると考えられる。

つぎにこれまで検討した2つの形質、すなわち断面係数と曲げ応力との関係について考察する。前報<sup>9)</sup>で報告したように、わが国の品種はいずれも稈の挫折時モーメントが小さく、断面係数、曲げ応力はともに小さいか、あるいはいずれかが小さかった。このことには、わが国の品種は遺伝的に近縁であるため<sup>7)</sup>、これらの形質が改良されず、耐倒伏性はもっぱら短稈化を通じて付与されたこと<sup>8)</sup>と関係があると考えられた。本研究のF<sub>2</sub>個体では、断面係数と曲げ応力との間に遺伝相関係数-0.70の負の相関関係があり(第4図)、このことは断面係数と曲げ応力の両方の形質を育種目標として選抜することは困難であると考えられた。しかしながら、前

報<sup>9)</sup>の品種間の比較から、台農67号、台中189号では、わが国の品種でみられた断面係数と曲げ応力との関係からはずれ、断面係数、曲げ応力ともにわが国の品種より大きい特性が認められた。また、本研究におけるF<sub>2</sub>個体の中にも、中国117号と同様に断面係数、曲げ応力ともに、わが国の品種より大きいF<sub>2</sub>個体が3個体あり、これらF<sub>2</sub>個体に由来するF<sub>3</sub>系統では、同様に断面係数および曲げ応力がともに大きかった(第4図、第5図)。これらの個体を選抜しこれらの性質を固定できるかどうかは、さらに後代検定などを通じて解析しなければ明らかではないが、本研究の結果は、国外の品種と交配し、断面係数、曲げ応力ともに大きい個体を見出し、選抜することによって、わが国の品種に強稈性を付与できる可能性を示唆するものと考えられる。

本研究では稈の挫折時モーメントに関与する2つの形質、すなわち断面係数と曲げ応力の遺伝について検討したが、耐倒伏性に関するその他の重要な形質として、倒伏と関係する稈の基部を包む葉鞘による稈の補強程度がある。アケノホシでは、葉鞘による稈の補強程度が49%と大きく、これには、倒伏しやすい登熟中期でも稈基部の節間を葉鞘が2~3重に包んでいることが関係していた<sup>9)</sup>。葉身の老化が遅く葉鞘が緑色を維持することによって稈基部が補強されるので、老化に関する生理的機構についても遺伝的側面からの検討を行うことが重要と考えられる。

以上のような耐倒伏性に関係するいくつかの重要な形質の遺伝を明らかにすることを通じて、短稈化という従来の育種方向とは異なる強稈化の方向での品種の育成が可能となると考えられる。長稈穂重型品種に耐倒伏性を付与し、登熟期を通じて良好な個体群構造を維持することによって、前報<sup>5,8)</sup>で指摘したように個体群内のCO<sub>2</sub>拡散効率が高く、また分けつ茎の葉身の老化が遅く光合成速度が高く、個体群全体の光合成を高く維持するという長稈穂重型品種の有利な物質生産特性を十分生かすことが可能となる。倒伏の問題のため、長稈穂重型化の方向への品種改良はほとんど行われてこなかったが、耐倒伏性を付与できればバイオマスの大きい長稈穂重型化の方向での多収性品種育成の可能性は大きいと考えられる。

謝辞:本研究の耐倒伏性に関与する性質の遺伝分析にあたり、茨城大学農学部植物育種学研究室丹羽勝教授に懇切なご教示を頂いた。また、本研究に供

試した中国 117 号の種子は農林水産省中国農業試験場稲育種研究室より頂いた。記して厚く御礼申し上げます。

### 引用文献

1. 伊藤隆二 1965. 倒伏と育種について. 農業技術 20: 458—459.
2. Iwata, N. and T. Omura 1977. Linkage studies in rice (*Oryza sativa* L.). On some mutants derived from chronic gamma irradiation. J. Fac. Agr. Kyushu Univ. 21: 117—127.
3. 菊池文雄 1986. 半矮性イネの育種. 育種学最近の進歩 27: 59—68.
4. Kokubo, A., N. Sakurai, S. Kuraishi and K. Takeda 1991. Culm brittleness of barley (*Hordeum vulgare* L.) mutants is caused by smaller number of cellulose molecules in cell wall. Plant Physiol. 97: 509—514.
5. 黒田栄喜・大川泰一郎・石原 邦 1989. 草高の異なる水稻品種の乾物生産の相違とその要因の解析, とくに個体群内におけるガス拡散に着目して. 日作紀 58: 374—482.
6. Ni, W., N.L. Paiva and R.A. Dixon 1994. Reduced lignin in transgenic plants containing a caffeic acid O-methyltransferase antisense gene. Transgenic Res. 3: 120—126.
7. 野口弥吉 1968. 育成品種の系譜表示に関する提案. 農及園 43: 3—10.
8. 大川泰一郎・黒田栄喜・石原 邦 1991. 水稻における主茎と分けつ茎の同伸葉の光合成速度の相違. 日作紀 60: 413—420.
9. ———・石原 邦 1992. 水稻の耐倒伏性に関する稈の物理的性質の品種間差異. 日作紀 61: 419—425.
10. ———・——— 1993. 水稻稈基部の曲げ応力に影響する細胞壁構成成分の品種間差異. 日作紀 62: 378—384.
11. ———・富所康広・石原 邦 1993. 水稻における耐倒伏性に関係する性質の地上部環境条件による変化とその品種間差異. 日作紀 62: 525—533.
12. 武田友四郎・岡 三徳・縣 和一 1983. 暖地における水稻品種の物質生産に関する研究. 第1報 明治期以降の新旧品種の乾物生産特性. 日作紀 52: 299—306.
13. Vignols, F., J. Rigau, M.A. Torres, M. Capellades and P. Puigdomenech 1995. The brown midrib3 (bm3) mutation in maize occurs in the gene encoding caffeic acid O-methyltransferase. Plant Cell 7: 407—416.
14. 八木忠之 1983. 水稻の強稈性に関する育種学的研究. 1. 強稈性および関連形質の品種間差異. 育種 33: 411—422.