

水稻の冠根原基の形成に関する研究

第2報 不伸長茎部基部側における冠根原基の形成*

新田 洋司・山本 由徳・一柳 尚輝

(高知大学農学部)

1995年11月6日受理

要 旨: 水稻の基部側の不伸長茎部(おおむね第4節部より基部側)における冠根原基の形成部位ならびに形成数について, 同一品種で葉齢の異なる数種の苗および同一葉齢で出現冠根数の異なる6品種の苗を用いて解剖学的に検討した。1) 基部側の不伸長茎部では, 辺周部維管束環等の維管束の走向の様相が茎軸上の近隣の横断面で顕著に変化したが, 冠根原基に分化する辺周部維管束環の外側に接した組織は発達しており, 冠根原基組織はあらゆる横断面で形成していた。2) 不伸長茎部の基部側の茎軸を, 従来の“節根”説や“要素根”説の考え方によって分けることはできなかった。一方, 第1葉が茎軸と合着する部位付近以下を除くと, 茎軸の頂端側から基部側に向かって, 分断部I(辺周部維管束環が葉鞘の中肋側で少数箇所分断), 分断部II(辺周部維管束環が葉鞘からの大維管束の貫入によって多数箇所分断), および非分断部(辺周部維管束環が分断されず円形)の3部位で構成される“単位”によって分けることができた。また, 種子根について出現する鞘葉節(冠)根あるいは第1“要素”根と呼ばれる冠根の特定は困難であった。3) 基部側の不伸長茎部における冠根原基数の差異は, 同一品種内では辺周部維管束環の大きさの差異によって, 品種間では辺周部維管束環の大きさおよびその冠根原基形成率の差異によって生じるものと考えられた。

キーワード: 冠根原基, 水稻, 節, 節間, 節根, 不伸長茎部, 辺周部維管束環。

Studies on the Formation of the Crown Root Primordia of Rice Plant II. Formation of the crown root primordia in the lower part of unelongated stem: Youji NITTA, Yoshinori YAMAMOTO and Naoki ICHIRYU (*Faculty of Agriculture, Kochi University, Monobe, Nankoku, Kochi 783, Japan*)

Abstract: The position and the number of crown root primordia in the lower portions of the unelongated stem (below around the 4th node) of rice plant were investigated microscopically using seedlings of a cultivar of several leaf stages. Six rice cultivars with different rooting abilities were also investigated at the same leaf stage. Results were as follows. (1) Although the form of vascular bundles such as peripheral cylinder of longitudinal vascular bundle (PV) changed obviously even in neighboring sections along the lower part of the unelongated stem, the tissues of the crown root primordia were also formed throughout that part. (2) The lower part of the unelongated stem did not fit to the well-known ‘nodal root’ or ‘shoot unit root’ theory, while that part except below around the portion of the 1st leaf attached to the stem could be divided by the ‘unit’ which we proposed previously. Moreover, in our anatomical observations, we could not distinguish the so-called ‘coleoptilar node roots’ or ‘1st shoot unit roots’ that emerge following the seminal root emergence. (3) The differences in the number of crown root primordia were caused by the differences of the size of the PV within a cultivar, and by the differences of the differentiation ratio of the tissue of PV into crown root primordia as well as the size of the PV among cultivars.

Key words: Crown root primordia, Internode, Nodal root, Node, *Oryza sativa* L., Peripheral cylinder of longitudinal vascular bundle, Unelongated stem.

水稻の根系を構成する冠根の原基は, おもに不伸長茎部に形成する。解剖学的には, 冠根原基は辺周部維管束環の外側に接した組織に形成するが, 辺周部維管束環等の各種維管束の走向の様相は, 茎軸の頂端側・基部側をとおして変化する^{2,3,7,9~11,14,15,17,20,23}。したがって, 不伸長茎部において, 冠根原基の形成部位および形成数を把握するためには, 茎軸の頂端側・基部側をとおして連続的に, 各種維管束の走向等との関連において統一された見方でみるのが不可欠である。

前報¹⁷⁾では, 水稻の不伸長茎部における冠根原基の形成および形成部位について各種維管束の走向等との関連において解剖学的に検討した。そして, おおむね第4節部より頂端側の不伸長茎部では, 冠根原基の形成は茎軸を走向する各種維管束, とくに辺周部維管束環の形状や走向と密接に関連することを明らかにした。しかしながら, おおむね第4節部より基部側の不伸長茎部では, 茎軸の長さは短く, 各種維管束の走向は複雑で, 冠根原基組織が茎軸上途絶えることなく形成していたことから, 冠根原基の形成および形成部位を特定することはできなかった。

* 大要は, 第197回講演会(1994年4月)および第199回講演会(1995年4月)において発表。

従来、基部側の不伸長茎部の冠根原基形成に関する報告では、おもに種子根について出現する鞘葉節(冠)根³⁻⁸⁾あるいは第1“要素”根¹³⁾と呼ばれる冠根に着目して、形成数や形成部位について検討されている。しかしながら、これらの報告はおもに外部形態的な観察結果に基づくものであり、解剖学的観察に基づく検討は十分ではないと思われる。井村・三石^{9,10)}は、水稻幼植物の各種維管束の走向を内部形態の解剖学的な観察によって詳細に検討しているが、冠根原基形成については詳しく述べられていない。

著者らはこれまでの研究のなかで、鞘葉節(冠)根³⁻⁸⁾あるいは第1“要素”根¹³⁾と呼ばれる冠根の出現部位や数を、従来の報告による方法では外部形態から明確に判別しにくいことや、同一条件下で育成した同一葉齢の苗の出現冠根数には個体間差および品種間差のあることを観察してきた。

そこで本研究では、水稻の幼植物(苗)を材料として基部側の不伸長茎部の冠根原基形成の様相の把握を試みるとともに、その結果を従来の報告と比較した。そして、冠根原基数の個体間差および品種間差の原因を、解剖学的な面から検討した。

材料と方法

1. 第1実験

1/5000 a ワグネルポットに、基肥として硫安 4 g, 過燐酸石灰 4 g, 塩化加里 2 g ずつを全層に混入した水田土壌を充填し、1993 年 5 月 29 日、品種日本晴の催芽粃を円形に 20 粒播種¹⁹⁾した。生育の揃った主茎個体を得るために、出現した分げつは逐次除去した。葉齢(不完全葉を第1葉と数える)が 2.2, 2.7, 3.2, 3.7, 4.2, 4.7 で生育の揃った苗をそれぞれ約 20 個体ずつ採取した。採取後、苗丈を測定し出現した冠根の数を数え、不伸長茎部を FAA 溶液(70%エタノール:酢酸:ホルマリン=90:5:5)で固定した。平均的な苗丈および出現冠根数をもつ各葉齢苗 4 個体について、水洗・脱水してパラフィンに誘導し、ブロックを作製した。ブロックをトリミングして組織を露出させ、Kaufman ら¹²⁾の溶液(グリセリン 299 mL, 水 200 mL, Tween 20 1 mL を混ぜて 500 mL とした溶液の適当量を水で 2 倍に希釈して使用)に 1 日浸漬して組織を軟化させた後、厚さ 10 μm の連続横断切片を作製した。トルイジンブルー O 液(トルイジンブルー O 0.05%-炭酸ナトリウム 0.05%)で簡易染色¹⁸⁾して、光学顕微鏡で観察した。

観察は、茎の頂端側から基部側の切片へ 200 μm おきに連続して行った。著者らは前報¹⁷⁾で、辺周部維管束環の形状に着目して頂端側の不伸長茎部の冠根原基形成部位を把握できることを明らかにした。すなわち、茎軸の頂端側から基部側に向かって、①辺周部維管束環が当該節の葉鞘の中肋側で少数箇所(1~2 箇所)で分断されていて、冠根原基数は 3 部位のなかで最も少ない部位(分断部 I)、②辺周部維管束環が当該節の葉鞘からの大維管束の貫入によって多数箇所分断されていて、冠根原基数は 3 部位のなかで中程度の部位(分断部 II)、および、③辺周部維管束環は分断されず、冠根原基数は 3 部位のなかで最も多い部位(非分断部)である。そして、これらの 3 部位で構成されるそれぞれの茎軸を“単位”と呼び、第 n 節横隔壁形成部の含まれる“単位”を第 n “単位”と表記した。本実験でもまず、この“単位”による方法によって茎軸を分けることができるかどうかについて検討した。つぎに、辺周部維管束環に接して形成する冠根原基(出現した冠根の茎内組織を含む)の組織は複数の切片・プレパラートにまたがって観察されるが、それぞれの冠根原基について、形成の中心部にあたる切片でのみ冠根原基数を数えた(前報¹⁷⁾ではこれを「冠根原基中心数」と表記した)。また、辺周部維管束環の周囲長をビデオマイクロメーター(オリンパス社製 VM-30)を用いて計測し、円筒形とみなした辺周部維管束環の側面積を計算で求めた。

2. 第2実験

苗の出現冠根数に関する従来の報告例²²⁾と著者らの予備実験の結果から、出現冠根数の少ない品種としてアケノホシ、コシヒカリ、Tadukan(長稈インド型稲)を、出現冠根数の多い品種として IR 36(半矮性インド型稲)、フジミノリ、アキヒカリを供試した。1994 年 6 月 17 日、育苗培土を充填した株播きポット育苗箱(縦 10 cm×横 30 cm に切断して使用)に、催芽粃を 1 穴(縦 1.5 cm×横 1.5 cm×深さ 2.5 cm)に 1 粒ずつ播種した。プラスチック製バット(縦 32 cm×横 42 cm×深さ 20 cm)に、硫安 15 g, 過燐酸石灰 15 g, 塩化加里 7.5 g を全層に混入した水田土壌を充填し、その上に育苗箱を置いて室外で育苗した。葉齢が 5.5 で生育の揃った苗を各品種約 30 個体ずつ採取した。第1実験と同様に、苗丈を測定し、出現した冠根の数を数え、不伸長茎部を FAA 溶液で固定した。そして、各品種とも苗丈および出現冠根数が平均的な 5 個体について、パラフィ

ンの連続横断切片を作製し、主茎部の冠根原基の形成の様相を光学顕微鏡で観察した。また、ビデオマイクロメーターを用いて辺周部維管束環の周囲長を測定した。

結 果

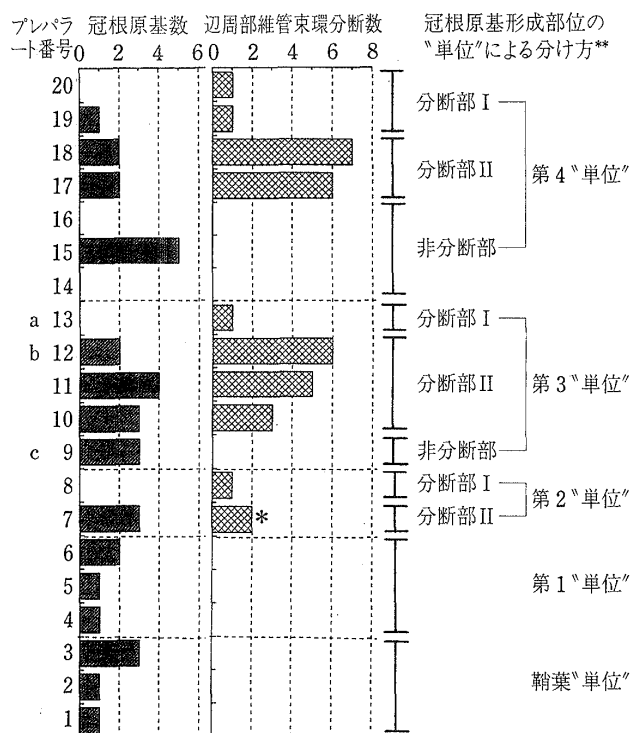
1. 冠根原基形成部位に着目した基部側の不伸長茎部の分け方について（第1実験）

第1実験の各葉齢の個体における観察部位は、茎軸基部からそれぞれ、2.2葉齢個体では第2葉葉鞘、2.7および3.2葉齢個体では第3葉葉鞘、3.7、4.2、4.7葉齢個体では第4葉葉鞘と茎の合着部付近までであった。

すべての葉齢の個体において基部側の不伸長茎部では、頂端側の不伸長茎部や伸長茎部とは異なり、髓腔はなく、茎軸内部はすべて各種維管束や組織で満たされており、節部と節間部に相当する部位を特定することはできなかった。したがって、個体の葉齢にかかわらず、従来の“節根”説^{2-8,11)}や“要素根”説¹³⁻¹⁶⁾において採用されている髓腔の有無によって節と節間を分ける方法を用いた場合には、基部側の不伸長茎部の茎軸を分けることはできなかった。

一方、組織の分化・成熟が進んでいなかった葉齢2.2の2個体を除くすべての個体では、第2“単位”より頂端側の部位の辺周部維管束環の形状が明確であり、茎軸を“単位”によって分けることができた（第1, 2図）。しかし、第1図に示した第2“単位”では非分断部が認められないが、このように非分断部、分断部IあるいはIIのいずれかが観察されない“単位”が存在した。第2“単位”の最基部からメソコチルの2本の維管束系（種子根に通じる太い維管束系と胚盤に通じる細い維管束系）の合流部までの茎軸は、長さは短く、辺周部維管束環を構成する維管束の密度は疎であり、“環”の形状が不明確であり、“単位”の構成分けは不可能であった。しかしながら、この茎軸については、茎の頂端側から基部側

に向かって、鞘葉が茎に初めて合着する部位と、メソコチルの大・小2つの維管束が分枝する部位で茎軸を分けることができ、これらの部位を最基部として、一応それぞれ第1“単位”、鞘葉“単位”と呼称した（第1, 3図）。このようにして分けた各“単位”の茎軸上の長さや頂端周囲長を第1表に示した。茎軸の長さは第1“単位”で短かったが、これを除くと



第1図 茎軸基部側から第4葉葉鞘と茎の合着部付近までの茎部における冠根原基の分布と冠根原基形成部位の分け方の一例（葉齢4.7の個体）
プレパラート番号の大きい方が茎の頂端側。プレパラートの間隔は200μm。図中のa, b, cの横断面はそれぞれ第2図のa, b, cに対応している。

*: 辺周部維管束環分断数は2以上だったが不明瞭だったため数は特定できなかった（分断部IIとした）。

**：第2“単位”より頂端側の茎部は前報¹⁷⁾にしたがって分けた。鞘葉“単位”および第1“単位”の分け方は本文および第3図を参照。

第1表 不伸長茎部基部側の各“単位”における茎軸の大きさと冠根原基数

	“単位”			
	鞘葉	第1	第2	第3
茎軸上の長さ(μm)	650±50	350±50	775±59	1163±156
頂端周囲長(μm)	2363±87	2769±227	3446±83	4577±165
冠根原基数	4.6±0.2	2.3±0.5	5.8±0.7	11.0±0.5

表中の数値は葉齢4.2および4.7の8個体による平均値±標準誤差。

一般に頂端側の“単位”で長い傾向にあった。頂端周囲長も頂端側の“単位”で長く、頂端側の“単位”ほど茎軸が太かった。

2. 冠根原基の形成部位と数 (第1実験)

すべての葉齢の個体において、冠根原基に分化する辺周部維管束環の外側に接した組織は発達しており、冠根原基組織は観察したすべての横断面に形成していた。しかし、冠根原基の形成部位と数を把握するために、以下、材料と方法で述べたように、冠根原基を形成の中心部にあたる横断面でとらえる方法によって数と形成部位を取り扱った。

すべての葉齢の個体で、鞘葉“単位”に形成した冠根原基を、2本の鞘葉維管束よりも種子根側(腹側)か胚盤側(背側)かによって形成部位を整理した。その結果、背側では、鞘葉維管束が辺周部維管束環から分枝する部位(以下「分枝部」)よりも頂端側に1~2の冠根原基が形成した(第2表, 第3図)。同腹側では、分枝部の頂端側・基部側にかかわらず2~3の冠根原基が形成した(第2表, 第3図)。

葉齢2.7以上の個体において、鞘葉~第3“単位”は、上述のように節・節間の区別が困難だったため、冠根原基の形成部位・形成数と節・節間との位置関係は明らかではなかった。また、第2および第3“単位”内における分断部I, 分断部II, および非分断部と冠根原基形成数との関係も明確ではなかった(第1図)。一方、各“単位”に形成した冠根原基数を第

1表に示したが、上述したように茎軸長の短かった第1“単位”を除いて、一般に頂端側の“単位”ほど多かった。なお、第1図に示した個体において、第4“単位”に形成した冠根原基数は非分断部(5)>分断部II(4)>分断部I(1)の順に多く、前報¹⁷⁾の結果と一致した。

すべての葉齢の個体で、鞘葉“単位”から第2“単位”までの各“単位”の茎軸長および辺周部維管束環の周囲長を測定した結果、葉齢の異なる個体間に差はなかった。そこでこの部位を、茎軸長の短かった鞘葉“単位”~第1“単位”と第2“単位”の2部位に分けて、辺周部維管束環の側面積と冠根原基数との関係を検討した。その結果、両者の間には有意な正の相関関係が認められた(第4図)。

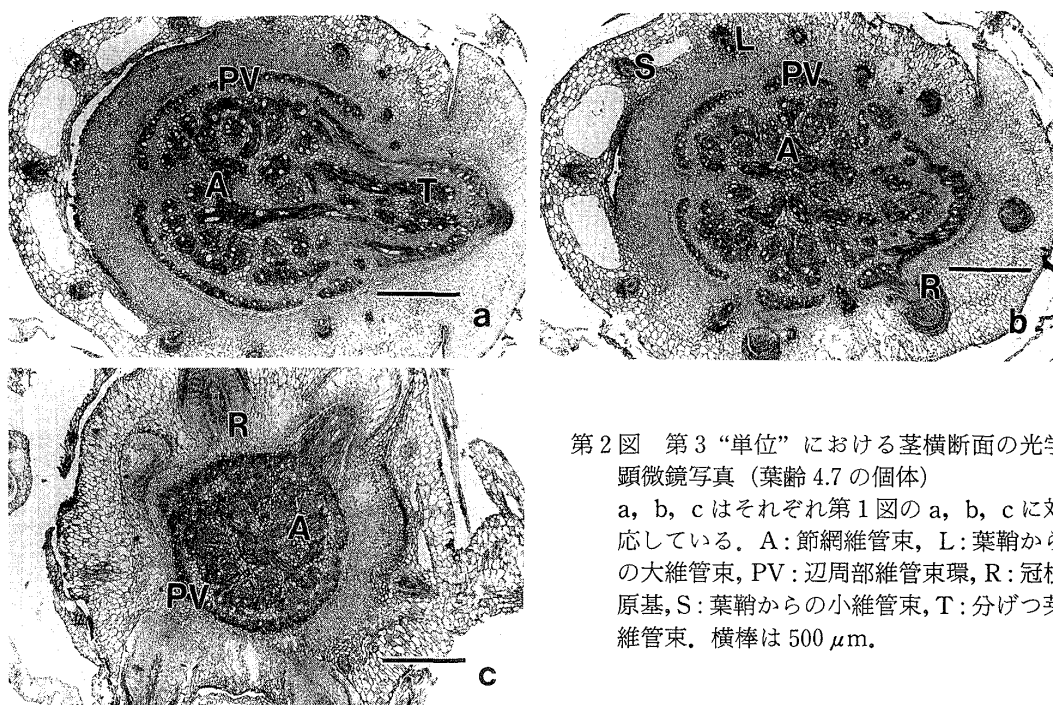
3. 冠根原基数の品種間差異 (第2実験)

第2実験では、第4葉の葉鞘と茎の合着部付近か

第2表 鞘葉“単位”における冠根原基の形成部位と形成数

形成部位	冠根原基数のパターン			
	I	II	III	IV
背側	2	2	1	1
腹側	3	2	3	2
合計	5	4	4	3
個体数	6	11	3	4

葉齢2.2, 2.7, 3.2, 3.7, 4.2, 4.7の各4個体の結果を込みにして示した。



第2図 第3“単位”における茎横断面の光学顕微鏡写真(葉齢4.7の個体)

a, b, cはそれぞれ第1図のa, b, cに対応している。A: 節網維管束, L: 葉鞘からの大維管束, PV: 辺周部維管束環, R: 冠根原基, S: 葉鞘からの小維管束, T: 分げつ芽維管束。横棒は500 μ m。

ら基部側の不伸長茎部を観察した。1.と同様に、どの品種の茎軸も茎軸内部に髓腔はなく、従来の“節根”説^{2-8,11)}や“要素根”説¹³⁻¹⁶⁾において採用されている髓腔の有無によって節と節間を分ける方法を用いて茎軸を分けることはできなかった。しかし、1.と同様に、茎軸を“単位”によって分けることが可能であった。

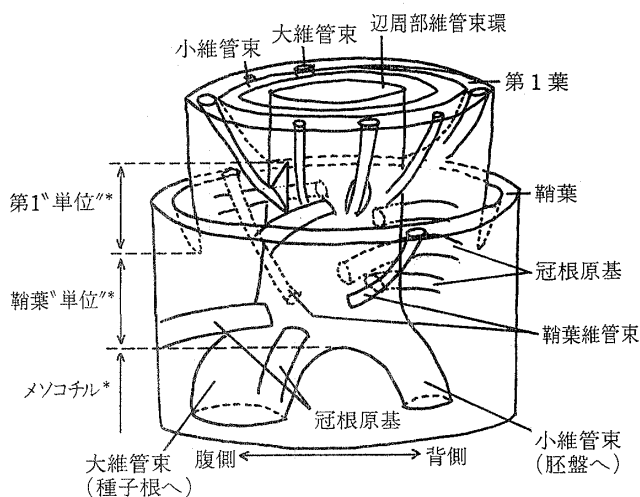
どの品種でも冠根原基組織は観察したすべての横断面に形成していたが、冠根原基の形成部位と数を把握するために、以下、2.と同様にして冠根原基の数と形成部位をとらえた。

鞘葉“単位”から第3“単位”までの茎軸では、冠根原基の分化は完了していた。同部位において、冠根原基の数および出現した冠根の数には品種間差がみられ、とくに、第2“単位”、第3“単位”、および鞘葉“単位”から第3“単位”までをとおした合計で、IR 36、フジミノリ、アキヒカリがアケノホシ、

コシヒカリ、Tadukan よりも有意に多かった（第3表）。

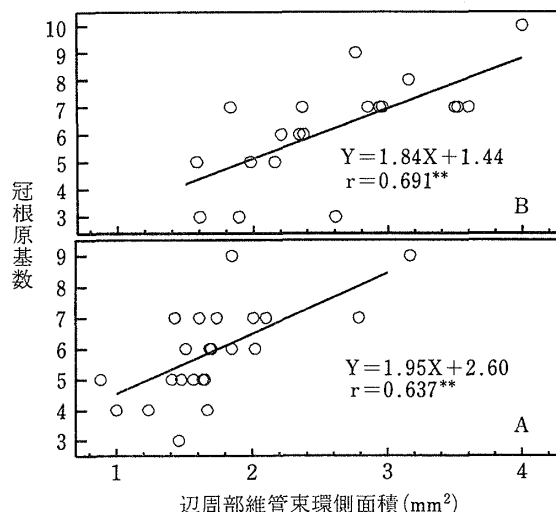
各品種の第2“単位”より基部側の茎軸では、すべての冠根原基が出現に至った（第3表）。鞘葉“単位”から第2“単位”までをとおした茎軸上における冠根原基数には、第3“単位”までをとおしてみた場合と同様に品種間差が認められたが、辺周部維管束環の長さ、周囲長、側面積に顕著な差はなかった（第4表）。

ここで、冠根原基数と辺周部維管束環側面積との関係をみると（第5図）、IR 36、フジミノリ、アキヒカリは、アケノホシ、コシヒカリ、Tadukan に較べて、辺周部維管束環側面積が同じ場合でも冠根原基数が多かった。また、辺周部維管束環側面積と冠根原基数との間に、IR 36、フジミノリ、アキヒカリの3品種群と、アケノホシ、コシヒカリ、Tadukan の3品種群で、それぞれ有意な正の相関関係が認めら



第3図 メソコチル付近から第1葉葉鞘と茎の合着部付近における維管束の走向と冠根原基形成の様相の模式図

*: 本文参照。



第4図 辺周部維管束環の側面積と冠根原基数との関係

A: 鞘葉“単位”～第1“単位”，B: 第2単位。

** : 1%水準で有意。

第3表 不伸長茎部基部側の各“単位”における冠根原基数と出現冠根数の品種間差異

品 種	部 位				合 計
	第3“単位”	第2“単位”	第1“単位”	鞘葉“単位”	
アケノホシ	5.8 (4.4)	5.6 (5.6)	2.0 (2.0)	3.6 (3.6)	17.0 (15.6)
コシヒカリ	5.2 (4.8)	3.6 (3.6)	4.6 (4.6)	2.0 (2.0)	15.4 (15.0)
Tadukan	6.0 (5.8)	4.0 (4.0)	2.0 (2.0)	3.2 (3.2)	15.2 (15.0)
IR 36	10.6 (9.0)	9.4 (9.4)	3.4 (3.4)	2.6 (2.6)	26.0 (24.4)
フジミノリ	8.8 (7.4)	9.2 (9.2)	2.6 (2.6)	3.6 (3.6)	24.2 (22.8)
アキヒカリ	8.0 (7.2)	8.4 (8.4)	2.0 (2.0)	3.0 (3.0)	21.4 (20.6)
LSD _{0.05}	2.5 (2.7)	3.8 (3.8)	2.3 (2.3)	1.7 (1.7)	2.3 (2.1)

表中の数値は平均値，()内の数値は出現冠根数。

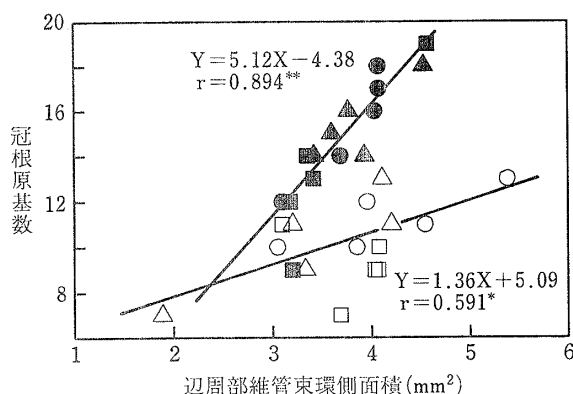
第4表 鞘葉“単位”から第2“単位”までをととした茎軸の諸形質

品 種	辺周部維管束環			冠根原基数
	長さ (mm)	周囲長* (mm)	側面積** (mm ²)	
アケノホシ	1.40	2.63	4.16	11.2
コシヒカリ	1.16	2.61	3.35	10.2
Tadukan	1.12	2.48	3.04	9.2
IR 36	1.48	2.27	3.80	15.4
フジミノリ	1.28	2.52	3.85	15.4
アキヒカリ	1.16	2.61	3.54	13.4
LSD _{0.05}	0.26	0.50	0.87	3.0

表中の数値は平均値。

*: (鞘葉・第1・第2“単位”の最頂端の辺周部維管束環周囲長の和+鞘葉“単位”の最基部の辺周部維管束環周囲長)/4

**: 鞘葉・第1・第2のそれぞれの“単位”において、最頂端と最基部の辺周部維管束環周囲長、およびその間の距離から、辺周部維管束環を完全な円筒形とみなして算出した。



第5図 鞘葉“単位”から第2“単位”までをととした茎軸における辺周部維管束環の側面積と冠根原基数との関係

○: アケノホシ, △: コシヒカリ, □: タズカン,
●: IR36, ▲: フジミノリ, ■: アキヒカリ。

*, **: それぞれ5%および1%水準で有意。

れた (第5図)。

考 察

前報¹⁷⁾では、出穂後21日目の材料を用いて不伸長茎部の冠根原基形成を検討したが、第4“単位”より基部側の不伸長茎部では、辺周部維管束環などの各種維管束の走向と冠根原基形成との関係を把握することができなかった。これには、材料とした出穂後21日目の茎部では基部側の不伸長茎部組織が古くなっており、組織の崩壊や変化が起こったために形態観察が困難だったことが一因と考えられた。このため、第1実験ではまず、葉齢の異なる苗を用いて基部側の不伸長茎部の冠根原基形成部位を解剖学的に検討した。第2実験では、出現冠根数の品種間

差異の要因について、冠根原基形成部位の大きさ等に注目して解剖学的に検討した。以下に第1, 2実験の結果を総合的に考察した。

1. 基部側の不伸長茎部の冠根原基形成部位

基部側の不伸長茎部では解剖学的な観察でも節と節間の区別が困難であり、茎軸を“節根”説^{2-8,11)}や“要素根”説¹³⁻¹⁶⁾の考え方によって分けることはできなかった。また、前報¹⁷⁾および有門の報告¹⁾のように、冠根原基組織は、茎軸上特定箇所形成するのではなく、すべての横断面に形成することが確認された。

前報¹⁷⁾では、頂端側の不伸長茎部で、冠根原基の分化組織に接する辺周部維管束環の形状変化に着目して茎軸を分ける“単位”を示し、この“単位”を用いることにより冠根原基の形成する茎軸を解剖学的に分けることができ、個々の冠根原基の形成部位を明確にできることを示した。本実験において、基部側の不伸長茎部でも、第1葉が茎軸と合着する部位より頂端側では、頂端側の不伸長茎部と同様に“単位”の適用が可能であることが明らかとなった。一方、それよりさらに基部側では、辺周部維管束環を構成する維管束の密度が疎であったため、茎軸を分断部I、分断部II、および非分断部に分けられなかった。しかし、これらの部位でも冠根原基の形成がみられたことから、茎軸上の冠根原基の形成部位を統一的に把握するために、基部よりメソコチルの大・小維管束の分枝部位、鞘葉および第1葉の合着部位を境として、それぞれの範囲を鞘葉“単位”、第1“単位”と一応呼称した。したがって、第2“単位”より頂端側の茎軸では、“単位”による茎軸の分類が

可能であったが、第1葉が茎軸と合着する部位より基部側では分断部I、分断部II、および非分断部のいずれかが観察されない“単位”が存在した(第1図の個体例では、第2“単位”の非分断部が観察されなかった)。これは、基部側の不伸長茎部は茎軸長が短いために、頂端側・基部側の葉鞘からの維管束が茎軸上の短い間隔で辺周部維管束環に貫入し、それに伴って辺周部維管束環の走向の様相が変化するためと考えられた。一方、茎軸の頂端側から基部側までをとおしてみた冠根原基の数は、頂端側の不伸長茎部では、各“単位”の分断部Iで極小、非分断部で極大になりながら連続的に分布していることが認められた¹⁷⁾が、本実験で観察した基部側の不伸長茎部ではそのような冠根原基数の分布パターンは認められなかった。これは、基部側の不伸長茎部では、茎軸上のすべての横断面で冠根原基の分化組織が発達しているからであった。このように基部側の不伸長茎部では、頂端側の不伸長茎部や伸長茎部と違って、辺周部維管束環等の維管束の形態変化が顕著であること、また、あらゆる横断面で冠根原基分化組織が発達していることが特徴と考えられる。

2. 鞘葉節冠根(第1“要素”冠根)の形成数と形成部位について

基部側の不伸長茎部に形成する冠根のうち、鞘葉節付近に形成する冠根の形成数や形成部位について、藤井³⁾、星川^{4~8)}は「鞘葉節(冠)根」、また川田¹³⁾は「第1“要素”根」と呼んで報告した。以下、これらの報告と本実験結果とを比較・検討した。

まず本実験では、先述のように、解剖学的な観察でも節と節間の形態の区別が困難でありそれらの境界部位を特定できなかったことから、節および節間に着目して鞘葉節(冠)根^{3~8)}あるいは第1“要素”根¹³⁾の原基を特定することはできなかった。また、冠根原基の組織はすべての横断面に形成し連続して分布していたことから、茎軸上の特定部位で、形成数が5^{3~8,13,20)}あるいは6^{3,20)}と報告されていることに基づいて、鞘葉節(冠)根^{3~8)}あるいは第1“要素”根¹³⁾の原基形成部位を特定することもできなかった。一方、鞘葉節(冠)根^{3~8)}や第1“要素”根¹³⁾の形成部位と形成数について、腹側に3、背側に2の合計5と報告されている点に着目し、本実験の鞘葉“単位”に形成した冠根原基と比較した。その結果、本実験の鞘葉“単位”では、冠根原基の形成部位と形成数には4つのパターンが存在し、冠根原基の合計数にも変異があった(第2表)。以上のように、基

部側の不伸長茎部では、鞘葉節(冠)根^{3~8)}あるいは第1“要素”根¹³⁾と呼ばれる冠根の原基の特定は困難であると言える。

3. 冠根原基形成と分裂組織

川田^{15,16)}は、辺周部維管束環側面積と冠根数を“要素”別に求め、基部側の“要素”から頂端側の“要素”までのデータを込みにした場合^{15,16)}、およびそれぞれの“要素”別にみた場合¹⁶⁾に、両者の間に正の相関関係のあることを報告した。また、山崎・根本²³⁾も、基部側の“要素”から頂端側の“要素”に向かって辺周部維管束環側面積と冠根数が相伴って増加することを報告した。さらに従来、鞘葉節部に6本の冠根が出現する例が報告されている^{20,21)}が、杉浦²⁰⁾は篩管部の大きさと関連を指摘した。

本実験では、基部側の不伸長茎部の同一部位を対象として、同一品種の場合(第4図)および出現冠根数の多・少によって選んだ6品種の場合(第5図)において検討した結果、辺周部維管束環側面積と冠根原基数との間に有意な正の相関関係のあることが認められた。このことは、分裂組織の大きさが大きいほど冠根原基の形成数が多いことを示しており、上記の従来^{15,16,20,23)}と一致した。さらに第5図では、出現冠根数の異なる2品種間で直線回帰式の傾きが異なったことから、冠根原基数の多い3品種群は少ない3品種群に較べて、辺周部維管束環の冠根原基形成率の高いことが示された。すなわち、分裂組織の冠根原基形成率が品種によって異なることが示唆され、このことが苗の出現冠根数の品種間差異²²⁾の一因であると考えられる。したがって、冠根原基の分化には、分裂組織の大きさと冠根原基形成率が大きな支配要因であると考えられる。

冠根原基の形成に関わる要因として、植物体内のホルモン^{15,20)}や同化産物¹⁶⁾、施肥窒素量¹⁵⁾、日射量¹⁵⁾などが考えられ、分裂組織の大きさや冠根原基形成率などを左右するものと思われる。今後は冠根原基形成についてこれら要因との関連において検討する必要がある。

謝辞: 本研究の遂行にあたり、東北大学農学部教授星川清親博士ならびに三重大学名誉教授・本会名誉会員有門博樹博士には有益な助言をいただいた。ここに記して謝意を表する。

引用文献

1. 有門博樹 1986. 水稻における周辺部維管束環の形状変化と伸長節間との関係および通気組織と冠根の形

- 成との係り合い. 日作東海支部報 101: 19—24.
2. 藤井義典 1958. 水稻の節における葉の維管束と根の配列との関連について. 日作紀 27: 67—70.
 3. ——— 1961. 稲麦における根の發育の規則性に関する研究. 佐賀大学農学彙報 12: 1—117.
 4. 星川清親 1971. 稚苗の生理と育苗技術. 農文協, 東京. 29—71.
 5. ——— 1974. イネ幼植物の茎の内部構造. 日作紀 43 (別1): 137—138.
 6. ——— 1974. 水稻育苗の理論と技術 [18, 21]. イネ幼植物の生長解析. 農及園 49: 1189—1193, 1549—1552.
 7. ——— 1975. 解剖図説イネの生長. 農文協, 東京. 60—61, 64—65, 80—83, 148—149, 180—183, 200—201.
 8. ——— 1976. 稚苗・中苗の生理と技術. 農文協, 東京. 7—159.
 9. 井村光夫・三石昭三 1984. イネ幼植物の維管束系に関する解剖学的研究. 第1報 原生木部・師部の器官間連絡および器官内走向. 日作紀 53: 47—53.
 10. ———・——— 1990. 直播と形態. 松尾孝嶺他編, 稲学大成 1 形態編. 農文協, 東京. 459—463.
 11. 猪ノ坂正之 1962. 稻の維管束の分化発達及び維管束による各器官の相互連絡と成育との関係についての研究. 宮崎大農研時報 7: 15—116.
 12. Kaufman, P.B., S.J. Cassel and P.A. Adams 1965. On nature of intercalary growth and cellular differentiation in internode of *Avena sativa*. Bot. Gaz. 126: 1—13.
 13. 川田信一郎・山崎耕字・石原 邦・芝山秀次郎・頼光隆 1963. 水稻における根群の形態形成について. とくにその生育段階に着目した場合の一例. 日作紀 32: 163—180.
 14. ———・原田二郎・山崎耕字 1972. 水稻茎部における冠根始原体の形成について. 日作紀 41: 296—309.
 15. ———・———・——— 1978. 水稻茎部に形成される冠根始原体の数および直径について. 日作紀 47: 644—654.
 16. ———・——— 1980. 水稻の主茎に形成される冠根数の変動. —とくにに分げつ葉を除去した主茎における場合—. 日作紀 49: 587—592.
 17. 新田洋司・星川清親 1992. 水稻の冠根原基の形成に関する研究. 第1報 不伸長茎部における冠根原基の形成部位について. 日作紀 61: 339—348.
 18. Sakai, W.S. 1973. Simple method for the differential staining of paraffin embedded plant material using toluidine blue O. Stain Technol. 48: 247—249.
 19. 佐竹徹夫 1972. イネポット栽培の改良法. 一生育時期の揃った穂を得るために—. 日作紀 41: 361—362.
 20. 杉浦正二 1951. 水稻幼植物に於ける冠根の発生について. 日作紀 21: 22—23.
 21. 渡邊 肇・高橋 清 1995. イネ幼植物における鞘葉節冠根の出現について. 一特に冠根数6本の品種の観察—. 日作紀 64 (別1): 144—145.
 22. 山本由徳・小池信吾 1991. 水稻苗の発根力の品種間差異. 日作紀 60 (別2): 1—2.
 23. 山崎耕字・根本圭介 1986. 水稻の主茎軸上における葉, 茎, 根の形態的推移とその相互関係. 日作紀 55: 236—243.