

新しい稲作理論に向けた草姿制御の茎葉単位とその最適制御時期

松葉捷也*

(農業研究センター)

要旨:「理想稲 (V 字) 稲作理論」は、その草姿制御の原理に、茎葉器官の同時伸長性を援用している。しかしこの原理の、追肥や窒素吸収の制限による実証結果をみると、上位葉身は伸縮しても、これらと同時伸長する下位伸長節間は明瞭な反応を示していない。この問題の解析から、草姿制御で対象とすべき茎葉単位とその最適制御時期が明らかになった。すなわち、茎葉部の伸長量は、ある節間とその下位節に着く葉身が1つの単位となって制御され、施肥に対してはこの単位の茎葉が相伴って反応する。施肥に対する葉身の伸長反応が大きいのは、伸長期にある若い葉ではなく、その1葉位上の、まだ分化期にある幼葉である。したがって、草姿制御は、上記の茎葉単位を対象として、その分化期に制御操作を加えるのが最も有効である。この法則性に基づいて作成した草姿制御モデルにより、以下のことが統一的に説明できるようになった。(1)「理想稲稲作理論」でいう窒素吸収の制限法では、上位葉身は短縮するが、下位伸長節間はほとんど短縮しない。(2) 生育前期の多肥条件は下位伸長節間に徒長性の素質を付与する。これに加えて、生育中期以降に窒素吸収力が低下すると、下位伸長節間・下位葉身が伸びて過繁茂となる上に、上位伸長節間・上位葉身が短くなって秋落型の草姿となる。(3) 生育前期を少肥条件で経過させて、生育中期に窒素を吸収させると、下位伸長節間が短く、上位伸長節間・上位葉身が長い逆三角形型の草姿が形成される。

キーワード: 稲作, イネ, 草型, 受光態勢, 節間伸長, 草姿制御, 窒素吸収, 倒伏。

現代の稲作理論では、受光態勢の最適化をめざす草姿制御論がその中核をなしている。その好例は、松島 (1973) の理想稲稲作理論における草姿制御論であろう。本報では、この草姿制御論をその基礎データや新たな試験結果に照らして再吟味し、新しい稲作理論の構築に向け一石を投じたい。

理想稲稲作理論では、耐倒伏性を強化し、受光態勢を改善するため、下位伸長節間は短く、上位3葉身は短く・厚く・直立的であるべきとされる。この草姿制御のために、茎葉器官の同時伸長性 (瀬古ら 1957) が援用された。すなわち、同時に伸長する茎葉単位—止葉葉身とIV節間、第2葉身とV節間—を主対象とし、それらの伸長期を制御期間として、窒素吸収の制限による草姿制御論が組立てられた。

しかし、松島 (1973) の一連の試験結果を詳しくみると、追肥あるいは窒素吸収の制限で、伸長期にある上位葉身は伸縮できても、これに対応して伸縮すると期待されている下位伸長節間は明瞭な反応を示していない。その理由について、2, 3の検討 (松島ら 1968, 松崎ら 1970, 上地ら 1993) はあるが、説明はされていない。実はこの問題の陰に、草姿制御で対象とすべき茎葉単位とその最適制御時期に関する法則性が潜んでいた。なお、理想稲稲作理論の原型である「飛躍的多収の探索と実証」は、既に1965年の『改訂稲作指針』に出ており、その後「V字理論稲作」の呼称の下にいくつか文献はあるが、その集大成とみられる『稲作の改善と技術』(1973)を代表引用する。

他方、稚苗の機械移植時代に入って、1980年頃から理想稲稲作理論を批判的にみて、栽植密度や施肥方式を異にした多様な稲作法が提案されてきた。これらを、理想稲稲

作とともに統一的に位置づけてみることは、今後の稲作理論の発展に役立つものと考え。この位置づけには、各稲作法の草姿制御論を一元的に俯瞰することが有効であると考え。本報ではこの視点も意識して考察を展開した。

材料と方法

材料は主稈とし、以下の視点から調査・解析を行った。通常、試験区内の主稈総葉数には1葉の環境変異がある。総葉数が1葉多い主稈の生育型をN型、他方を[N-1]型と呼ぶ (松葉 1987)。この生育型は、上位葉身長・伸長節間長の葉位別変化の型 (葉身長・節間長パターン) で規定され、明瞭に異なる。N型と[N-1]型の間では、例えば同じく止葉葉身といっても長さが明瞭に異なる (第5図参照)。これは、止葉以下の各葉や穂首節間以下の各節間の発生位置がそれぞれ1葉位異なるためで、試験区内の連続的変異としてはあつかえない。つまり統計解析では生育型による層別化で主稈を群別する必要がある。試験区内の茎葉器官長の平均値は、この各群ごとに算出し、試験区間の比較は、N型同士あるいは[N-1]型同士で行うべきである (松葉 1984)。この点は、従来の調査では「中庸な主稈」を材料にしたなどとして、明確に意識されていなかったが、精密な調査・解析にはこの群別が不可欠である。

また、葉身と伸長節間の生長相関の解析では、器官の「伸長」の場面・時期だけを対象とするのではなく、「分化」の場面・時期も視野に入れた。葉鞘は、1葉位上の葉身に相伴って明瞭に伸長反応するので、本報ではあつかわない。

葉身と伸長節間を向基的にみる場合には、生育型に共通

して、止葉（第1）葉身を B_1 として、その下位の第2葉身を B_2 などとし、また穂首（第1）節間を I として、その下位の伸長節間を順に II～VI とする。伸長節間の指標は、節間部分が明瞭であること、節間の上の節部からの発根が無あるいは僅少であることの2点とした。以下では伸長節間を単に「節間」と呼ぶ。

1. 穂首分化期以降の主稈葉齢別の追肥が葉身長・節間長に及ぼす影響の解析

松島（1973）の草姿制御論の検証を兼ねて、草姿を構成する上位の葉身や節間が、主稈葉齢でみた生育時期別の追肥に対してどのように伸長反応するのかを、第1表の試験 A, B で調べた。ここでは基肥のみの試験区を標準区とした。

各試験区とも4～6個体について主稈総葉数を調べ、生育型の判別資料とした。試験 A では出穂期の20日後に、試験 B では出穂期の14日後にそれぞれ主稈を採取し、上位の5, 6葉の葉身長と節間長を測定した。これらの測定値による葉身長・節間長パターンを、試験区間で N 型と [N-1] 型についてそれぞれに比較し、追肥が上位の葉身と節間の伸長に及ぼした影響を解析した。

また、生育型は最長葉身の出現の1葉位差により、さらに2つの細別型—上位器官延長（上延）型と上位器官短縮（上縮）型—toに区別できる（松葉 1996 a）ので、各生育型について、2つの細別型を区別して、葉身と節間の伸長反応を比較解析した。

2. 相伴って施肥に反応する茎葉単位の形態的、統計的解析

伸長期だけではなく分化期も含めて、施肥に対する葉身・節間の反応の対応関係を解析するため、第1表の試験 A, B に加えて試験 C～E の材料について葉身・節間の長さの相関関係を調べた。

試験 C では出穂期の20日後に主稈を採取し、主稈総葉数を調べた2条分20個体を N 型と [N-1] 型に群別した。採取した残りの10主稈は、生育型の判別方法（松葉 1984）に従って群別した。得られた同じ総葉数の主稈について、上位の6葉身と節間の長さを測定し、葉身長・節間長パターンを比較解析した。また、これらの葉身長と節間長の相関を葉位・節位別に分析した。

試験 D では出穂期の20日後に、試験 E では出穂期の10日後に、それぞれ主稈を採取した。主稈総葉数は、試験 D では2条分の28個体について調べ、試験 E では調べなかったが、いずれでも試験 C と同様に主稈を N 型と [N-1] 型に群別した。各主稈の上位の4～6葉の葉身長と節間長を測定したのち、最長葉身の出現葉位の1葉位差により、さらに2つの細別型—上位器官延長（上延）型と上位器官短縮（上縮）型—toを区別して、葉身長・節間長パターンを比較解析した（松葉 1996 a）。また、これらの葉身長と節間長の相関を葉位・節位別に統計分析した。同様の相関分析を試験 A の細別型についても試みた。

3. 主稈葉齢別窒素追肥の思考実験による草姿制御モデルの構築

上記第2節の解析結果と第1節の試験 A, B の解析結果に、第2図に関連する発育解剖的諸知見（松葉 1996 b, 1997）を援用して草姿制御モデルを試作した。このモデルは、総葉数が同じ主稈だけを対象とし、各葉齢始期の追肥による上位の5葉身・5節間の伸長の変化を理論的に模式化したもので、稲作理論の新しい展開の道筋の考察に用いた。

4. 生育時期別窒素追肥試験における茎葉の伸長の変化の文献研究

草姿制御の対象とすべき茎葉単位とその最適制御時期の検討のために、2つの基本文献に掲載された図表を以下の

第1表 試験設計の概要と各試験区の出穂期、主稈総葉数。

試験区a	年次	品 種	移植日	栽植様式b	苗の種類c	施肥量d	標本数e	出穂期	主稈総葉数f
			月・日	cm		kg/10 a		月・日	
A	1994	コシヒカリ	6.22	30×15	中苗(30日苗)	7 (+4)	80	8.14	15,16
		日 本 晴	6.22	30×15	中苗(30日苗)	7 (+4)	80	8.21	16,17
B	1996	コシヒカリ	5.14	30×15	中苗(30日苗)	4 (+2)	20	8. 4	15,16
		コシヒカリ	5.24	30×15	中苗(40日苗)	4 (+2)	20	8. 8	15,16
C	1983	トドロキワセ	5.20	30×18	成苗(38日苗)	4	30	8. 1	15,16
D	1983	コシヒカリ	5.20	30×18	成苗(38日苗)	4	126	8. 8	16,17
E	1983	ニホンマサリ	5.19	(36+18)×18	成苗(38日苗)	3	705	8.14	-

a: 試験 A は中国農業試験場で、また試験 B～E は北陸農業試験場で実施。b: 1株1本植。c: 試験 A, B では育苗箱に乾糞換算で100g播きで育苗。なお、試験 B では50g播きと150g播きの2区を追加。また試験 C～E では保温折衷苗代で育苗。d: 基肥の三要素成分量。ただし、() 内は穂肥で試験 A では窒素とカリ、試験 B では窒素のみ。穂肥時期は、試験 A では葉齢12, 13の2区を設定、試験 B では30日苗区に葉齢13, 40日苗区に葉齢12の各1区を設定。e: 長方形の任意の区画で調査用に採取した主稈の数。試験 B では、15葉主稈と16葉主稈を10茎ずつ調査。f: 不完全葉を主稈第1葉とした。

ように解析した。

松島らは、1957年からの3年間に生育時期別の窒素多施試験（松島・真中 1962）を実施した。その結果の1つとして、上位の4葉身と5節間の長さの変化が図示されている。この図（松島 1973, 第2-4図と第2-6図）から測定値を割り出し、これらの数値の、無肥区の数値に対する比（伸長比率）の変化を解析した。また、瀬古ら（1959）による類似の追肥試験の結果（同文献, 第13表）を同様に解析した。

結果と考察

1. 穂首分化期以降の主稈葉齢別の追肥が葉身長・節間長に及ぼす影響の解析

試験Aの12葉齢始期の追肥日（7月21日）に、日本晴は穂首分化期（出穂前32日）にあり、コシヒカリは1次枝梗原基分化期（同25日）にあった。また、13葉齢始期の追肥日（7月27日）に日本晴は出穂前26日、コシヒカリは同19日にあった。

試験Bの追肥日（7月9日）に、13葉齢始期の30日苗区は1次枝梗原基分化期（出穂前26日）、12葉齢初期の40日苗区は穂首分化期（同31日）にあった。なお、育苗日数と苗箱播種量の違いは葉身長・節間長パターンにほとんど影響しなかった。

試験Aの主稈の生育型は、[N-1]型が多かった。以下では、出穂前32日と同26日の追肥区がある日本晴の[N-1]型（16葉主稈）の結果を中心に述べる。その細別型の出現数は第2表のようになった。なお、N型については、コシヒカリに測定可能な主稈が比較的多かったので掲表した。

まず、追肥による葉身の伸長をみると、12葉齢の穂首分化期（出穂前32日）の追肥区（第1図, 黒丸）では止葉（第16）葉身はほとんど伸びず、その下位の第14, 第15葉身が伸びた。13葉齢の1次枝梗原基分化期（出穂前26日）の追肥では、止葉葉身とその下位の第15葉身が伸びた（第1図, 白抜き四角）。後者と同様のことは、出穂前25日追肥区のコシヒカリの[N-1]型（15葉主稈）でもみられた。コシヒカリの[N-1]型の出穂前19日追肥区では止葉葉身だけが伸びた。

上記の結果を第2図で解析すると、追肥で伸長した葉身は、いずれも抽出開始葉位の1葉上と2葉上の葉位にあったことになる。前者は瀬古ら（1957）がいう伸長開始期の葉位で、発育段階としては抽出開始葉の葉鞘内において葉身と葉鞘が分化している幼葉 P_4 （山崎 1963）である。後者は、発育段階としては頂端分裂組織を完全に被って分裂組織の活動が最盛期にある幼葉 P_3 （山崎 1963）である。この場合、標準区の葉身長に対する追肥区の葉身長の比率（伸長比率）は、幼葉 P_3 の方が幼葉 P_4 よりやや大きかった（第1図）。この傾向は、他の材料でも認められた。

要するに追肥に対する葉身の反応は、その分化期から伸長開始期にかけて最大になるといえる。なお、伸長開始期の幼葉も基本分裂組織の活性は保持（山崎 1963）しているので、本報では第2図の P_1 , P_2 の葉原基を分化前期に、 P_3 , P_4 の幼葉を分化後期にそれぞれ位置づけておく。

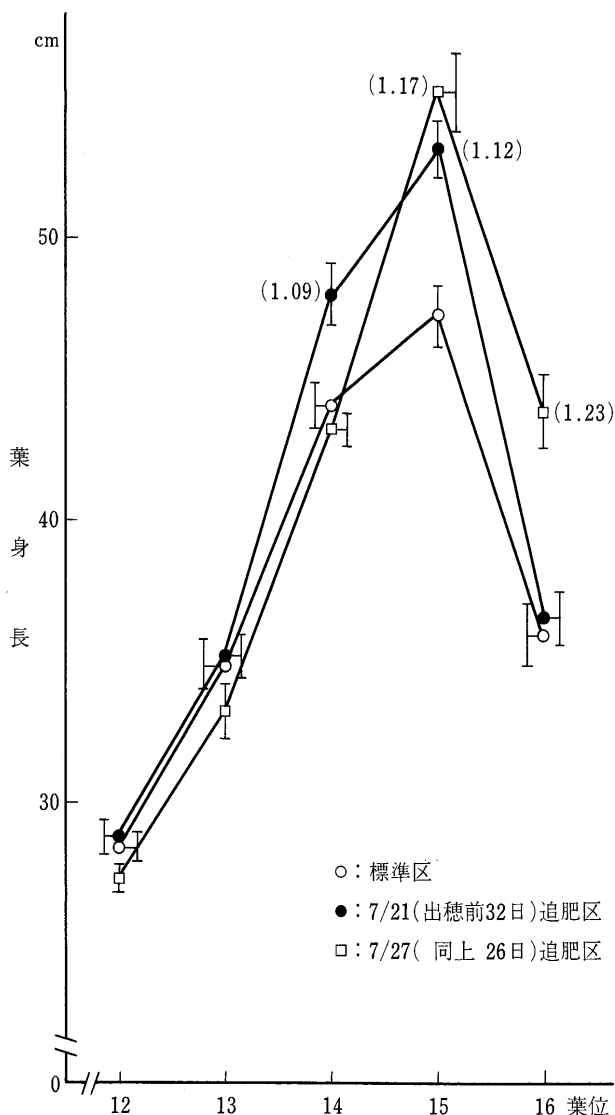
なお、コシヒカリのN型（16葉主稈）では、7月21日の追肥で上位3葉身が伸長し、出穂前19日の追肥では上位2葉身が伸長して、第1図に類似の結果となった。

次に、追肥による節間の伸長に関して、これまで止葉葉身と第2葉身に対応して、それぞれIV節間とV節間が伸

第2表 主稈葉齢別の追肥による節間長・稈長の変化の様相。

品種・生育型	細別型	試験区	I	II	III	IV	V	稈長
日本晴	上縮型	標準(n= 46)	38.6	19.1	10.8	4.2	0.6	73.3
		7/21(n= 44)	37.7	<u>20.9a</u>	<u>12.5b</u>	5.0a	0.7	76.8a
		7/27(n= 36)	37.7	<u>20.4a</u>	11.6a	<u>4.3</u>	<u>0.6</u>	74.5
	上延型	標準(n= 14)	40.0	20.3	10.2	2.9	0.4	73.8
		7/21(n= 16)	40.2	<u>21.8a</u>	<u>11.4a</u>	3.0	0.5	76.9a
		7/27(n= 13)	<u>40.5</u>	<u>22.0a</u>	9.7*	<u>2.0</u>	<u>0.3</u>	74.5
コシヒカリ	N 型	標準(n= 22)	35.7	18.3	14.3	10.6	3.6	82.6
		7/21(n= 18)	<u>38.0a</u>	<u>20.2a</u>	13.8	<u>10.0</u>	<u>3.6</u>	85.5
		7/27(n= 12)	<u>38.8a</u>	19.5	14.0	9.7	3.2	85.2

試験区の「標準」は無追肥区。追肥区は追肥月/日で表示。（ ）内は標本主稈数。ローマ数字のIは穂首節間。これ以下の節間は、向基的順位で表示。測定値の単位はcm。コシヒカリのVI節間長は、0.1~0.3 cmに伸長。a, b: 多重比較で標準区より有意に大きい数値。*: 左に同じく有意に小さい数値。アンダーラインの点線は、松島（1973）によれば有意に長くなるはずの節間長を示す。

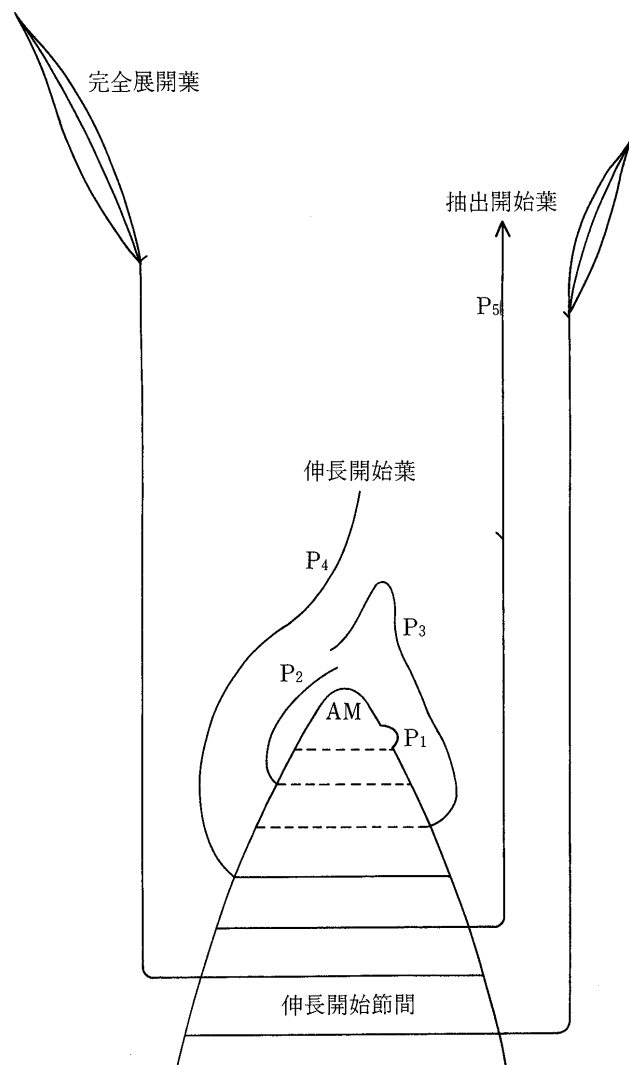


第1図 主稈葉齢別の追肥による葉身長パターンの変化。

材料は試験Aの日本晴、16葉主稈の上延型。標本数は第2表に表示。各点のバーは標準偏差で、0.5以下は省略。()の数字は伸長比率。

長する(松島 1973)とされている。これら追肥に対しても同時伸長するとされた葉身・節間を以後「同伸単位」とよぶが、本試験の、生育型・細別型を区別した調査では、第2表にみるようにそのような関係はみられなかった。すなわち、日本晴の7/27追肥区(出穂前26日)は、V節間の伸長最盛期に当たり、IV節間の伸長開始期直前に当たる(瀬古ら 1957)。しかし両節間長(表中の点線部)は、標準区とほとんど変わっていない。コシヒカリの追肥区も第2表のN型にみるように同様の結果となった。また、上地ら(1993)の試験結果からも同様の傾向が認められる。これらのことは、穂首分化期以降の追肥によって上位3葉身は伸長させても、下位伸長節間はこれにほとんど反応させない機構が内在することを暗示しているので後に考察する。

上述の下位節間とは逆に、上位3節間は上位3葉身の伸長に対応して有意に長くなる傾向を示した(第2表の実線



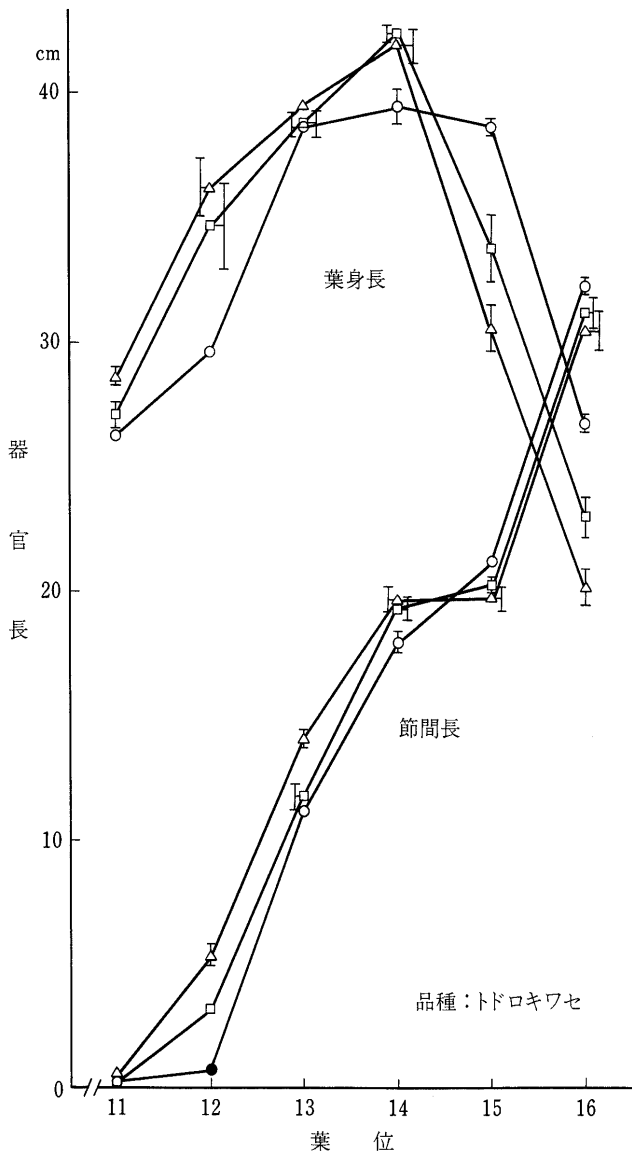
第2図 イネの茎葉部の縦断模式図。

AM: 頂端分裂組織, P₁: 突起状葉原基, P₂: フード期の葉原基, P₃: 葉身・葉鞘の区別ができる細長い葉原基, P₄: 伸長開始葉, P₅: 抽出開始葉。図中の横点線は未分化の節部。完全展開葉の下節間が伸長開始節間。

部)。これらの3節間は、7/21や7/27の追肥の時期にはそれらの伸長開始期の10~25日も前の、それぞれの分化期にあることが分かっている(第2図参照)。既に、「健康多収型」の稲(徳永 1971)や深層追肥稲作(田中 1974)では上位葉身と上位節間が相伴ってよく発達することが知られているので、これも後で考察する。

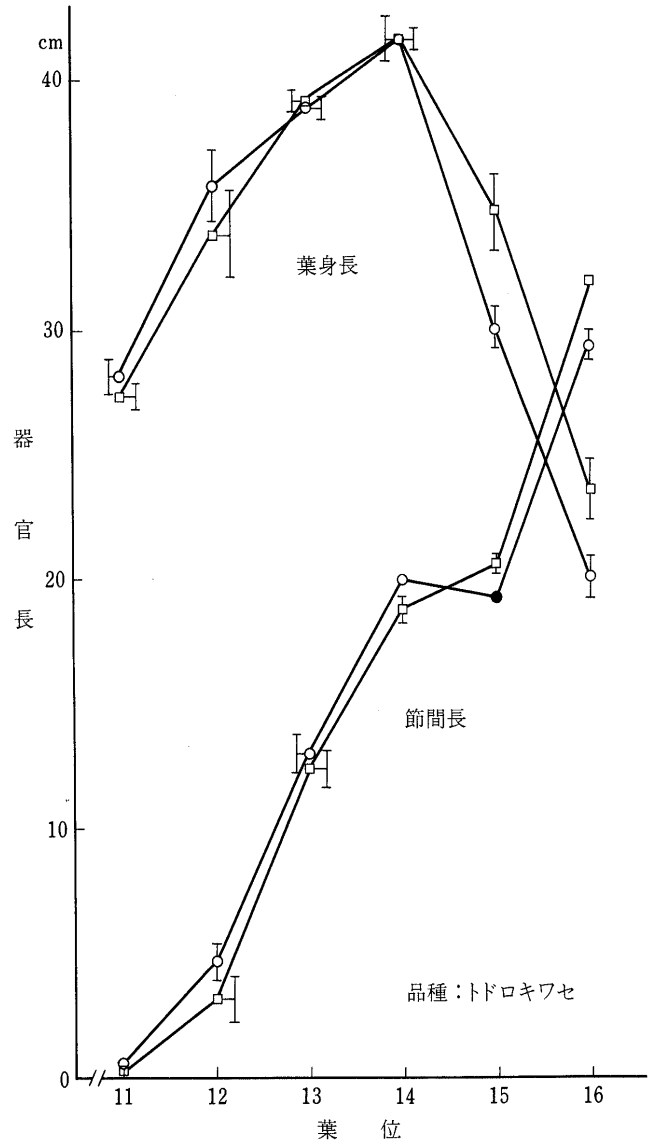
2. 相伴って施肥に反応する茎葉単位の形態的、統計的解析

瀬古ら(1957)がいう茎葉器官の同時伸長性は、伸長開始期を肉眼で確認できる時期とした場合の法則性で、嵐(1960)や川原ら(1968)によっても確認されている。第2図に示したように、一般に葉身の伸長開始期は、幼葉P₄の发育段階にあるのに対して、同時伸長する節間は、この幼葉より2葉位下の、完全展開葉が着いている節の下にあって、既に空隙の形成がみられる(川原ら 1968)。幼



第3図 特異なV節間長をもつ16葉主稈の葉身長・節間長パターン。

黒丸:特異点, 白丸・三角・四角のサンプル数:順に2, 5, 5. 三角と四角の主稈は, 止葉葉身長の長短で5茎ずつに群別. 各点のバーは標準偏差で, 0.5以下は省略.



第4図 特異なII節間長をもつ16葉主稈の葉身長・節間長パターン。

黒丸:特異点, 白丸・四角のサンプル数:順に4, 8. 各点のバーは標準偏差で, 0.5以下は省略.

葉P₄およびその着生節部より上の部位には基本分裂組織が存在するのに対して, 空隙のできた伸長開始期の節間には, 部間分裂組織があるのみである.

上記のような材料に対する穂首分化期以降の追肥では, 試験A, Bの結果のとおり, 上位葉身の伸長反応に下位節間の伸長反応が相伴わないことが分かってきた. 松島(1973)自身も, 追肥による葉身の伸長に比べて節間が必ずしも予想したようには伸長しないとしている. 以下では, 上記の发育解剖的知見を基礎に茎葉器官の分化期も視野に入れながら, 相伴って施肥に反応する茎葉の単位を検討する.

試験Cでは, 16葉主稈が12茎あった. そのうち2茎のV節間長が特異的に短くなっていた(第3図). この特異点は, 同図における節間長パターンと葉身長パターンの対応関係の解析から, 第5葉身の短縮化に対応していると判

断された. この12茎中の, V節間長と第5葉身長の間には有意な相関があり, 相関係数は0.71であった.

同時に, 試験Cの16葉主稈の4茎で, II節間長がIII節間長より短くなった(第4図). このような節間長パターンは既に知られており, 他の試験でも時々観察したことがある. しかし, その意味については不明であった. この4茎を残りの8茎と比較してみると, 前者の第2葉身長がそのII節間長に対応して短くなっていると判断された. ここでの相関係数は0.77であった.

以上の2つの形態的解析から, 茎葉器官の伸長量は, ある葉身とその葉の着生節より上の節間が相伴う1つの茎葉単位(以下, 「節葉単位」と仮称)になっていて, 同一試験区の主稈でも窒素吸収の生育時期別の差異を反映した分化・伸長過程を経て最終的に決められると推測した.

この推測は, 単に1組の葉身・節間の対応関係だけでは

なく、葉身長・節間長パターンの対応関係も視野に入れて導いたものである。したがって、例えば第3図で葉身長パターンの右側を上方に引き上げれば節間長パターンに類似のパターンができ、節間長パターンの右側を下方に折り曲げれば葉身長パターンに類似のパターンができる。同様の一致を、試験D (松葉 1995) や試験A, B, Eでも確認した。

上記の生長相関に関して、茎葉部位の積み重ねで形成される作物体を切りとる単位に2つの見方がある。1つは、前述の「節葉単位」で、節間の下方の節に葉とその腋芽を組にして配置する。もう1つは、川田ら (1963) による「要素単位」で、1つの節間の上端に葉を、下端に腋芽をそれぞれ配置する。前者は通説的見方 (嵐 1960) で、節とそこに着く葉を組にするのに対して、後者は比較的新しい見方で、節根の出現様相に合わせて、節間とその上端に着く葉を組にしている。

この要素単位と、松島 (1973) の「同伸単位」を念頭におき、相伴って施肥に反応する茎葉単位としての節葉単位の当否を検討するため、試験A, Eの材料の各細別型で、葉身長と節間長の相関係数 (第3, 第4表, 松葉 1995) をみた。同一試験区内の材料、あるいは標準区と追肥2区を込みにした材料で、同伸単位とされる止葉葉身とIV節間、第2葉身とV節間には、有意な負相関が認められた。これと同様の結果を、嵐 (1960) や武田ら (1968), 上地ら (1993) も報告している。この事実は、松島 (1973) がその同伸単位に期待したのとは逆の現象の発生を意味する。これと第2表の結果は、同伸単位の同時並行制御が成立し難いことを示している。

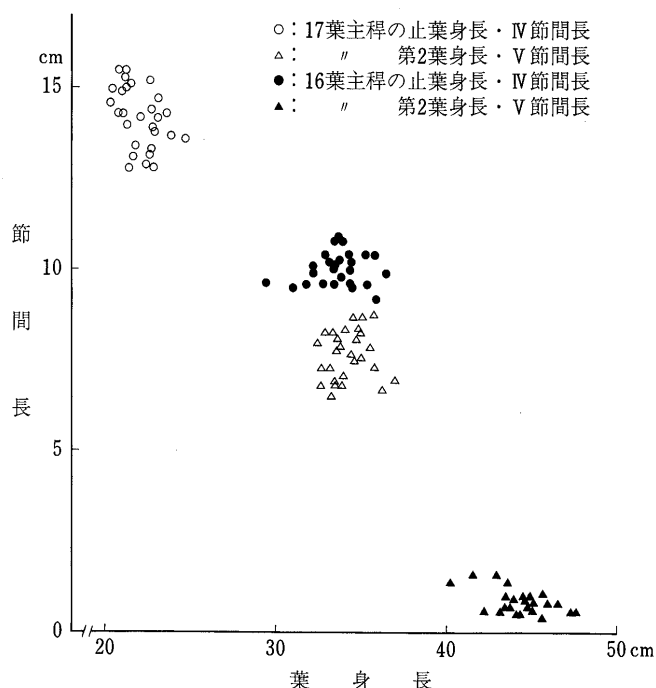
他方、第3, 第4表の相関係数を節葉単位ごとにみれば、全体に「正」で、そのほとんどが「有意」となったが、要素単位では「無」ないし有意な「負」が混在した。また、 B_2 とIのようにある葉とそれより1葉位上の節間の間にも正相関がみられたが、節葉単位ほどではなかった。既に嵐 (1960), 武田ら (1968) も、窒素施用に対する反応性として第4表の全3区と同様の結果を報告している。

ところで先に試験Aの主稈葉齢別の追肥で、上位葉身の伸長に伴って上位節間が伸長する傾向 (第2表) を認めたが、このことは、第3, 第4表の相関係数に反映されているといえよう。しかも、この追肥に対する葉身の伸長反応はその分化期から伸長開始期に最大 (第1図) となった。したがって、同伸単位による伸長の同時制御は成立し難いことが示されたいまでは、一般に施肥に対する茎葉器官の反応は、葉原基と節間原基の分化期が相接していて、基本分裂組織を共有している節葉単位か要素単位で行われていると考えてもおかしくはない。とすれば、本節の葉身長・節間長パターンの形態的な比較・解析と葉身長・節間長の相関分析の結果に基づき、茎葉部の伸長量は、「節葉単位」ごとに制御されているとみるのが、草姿制御の上

第3表 水稻品種日本晴の主稈の葉身長に対する節間長の相関係数。

葉身長	節 間 長				
	I	II	III	IV	V
B_1	0.61	0.69	-0.26	-0.63	-0.42
B_2	0.56	0.67	0.10	-0.54	-0.42
B_3	0.20	0.32	0.55	0.17	0.32
B_4	-0.14	-0.26	0.30	0.67	0.55
B_5	0.14	0.10	0.32	0.28	0.14

材料は試験Aの標準区・[N-1]型の上縮型。n=46。
有意水準5%:0.291, 1%:0.376, 0.1%:0.469。



第5図 生育型別にみた止葉葉身長・IV節間長, 第2葉身長・V節間長の分布。

材料は試験Dのコシヒカリ:17葉(N型)主稈の上縮型(n=28)と16葉([N-1]型)主稈の上縮型(n=27)。

では妥当であろう。この制御は、いわば「分化後期」が場になっていることから、細胞の伸長ではなく基本分裂組織の活性によるものと推測しておく。つまり、施肥に対する節葉単位の反応の核心は、同時伸長性ではなく、窒素の同時吸収による細胞分裂の活性化、すなわち細胞数の増加に起因する最終的な伸長量の増大にあると考える。

なお、第3表・第4表にみられる上位葉身と下位節間の負相関に関連して、試験区内でN型と[N-1]型を区別せずに、止葉葉身長とIV節間長, 第2葉身長とV節間長の間にみられる負相関を、水稻生育の本来の性格とみる向きがある。この場合、負相関は第3, 第4表の群別材料より明瞭に現れるが、これは「材料と方法」でも述べ、試験Dの主稈について第5図に図解したように、異質のデータを混合した解析である。第5図で17葉主稈と16葉主稈の

第4表 各種の茎葉単位別にみた水稻品種の葉身長と節間長の相関係数。

節 葉 単 位					
品種・試験区	B ₁ -I	B ₂ -II	B ₃ -III	B ₄ -IV	B ₅ -V
日本晴					
7/21追肥区(n=44)	0.60***	0.32*	0.14	0.70***	0.40**
7/27追肥区(n=36)	0.77***	0.36*	0.48**	0.56***	0.40*
全 3 区(n=126)	0.49***	0.56***	0.57***	0.66***	0.32***
コシヒカリ					
全 3 区(n=131)	0.54***	0.51***	0.28**	0.41***	0.37***

要 素 単 位					
品種・試験区	B ₁ -II	B ₂ -III	B ₃ -IV	B ₄ -V	—
日本晴					
7/21追肥区(n=44)	0.54***	-0.32*	0.14	0.61***	
7/27追肥区(n=36)	0.60***	-0.10	-0.10	0.62***	
全 3 区(n=126)	0.44***	0.26**	0.30***	0.59***	
コシヒカリ					
全 3 区(n=131)	0.36***	-0.10	0.44***	0.60***	

同 伸 単 位					
品種・試験区	B ₁ -IV	B ₂ -V	—	—	—
日本晴					
7/21追肥区(n=44)	-0.47**	-0.36*			
7/27追肥区(n=36)	-0.66***	-0.33*			
全 3 区(n=126)	-0.55***	0.10			
コシヒカリ					
全 3 区(n=131)	-0.00	-0.22*			

材料は試験 A の [N-1] 型。日本晴は第2表の上縮型。コシヒカリは上延型。

全3区=標準区+7/21追肥区+7/27追肥区。有意水準:5%*, 1%** , 0.1%***。

止葉やIV節間の長さを比較すれば、生育型による顕著な差異と変異の非連続性、それによる層別化の必要性は明白であろう。なお、前述の嵐(1960)は生育型の混合を避けるための選別をしている。

3. 主稈葉齢別窒素追肥の思考実験による草姿制御モデルの構築

ここでは、これまでの結論、第1に追肥に対する葉身の反応が分化後期に最大であること、第2に相伴って施肥に伸長反応するのは節葉単位であること、に基づいて以下の思考実験を試みた。すなわち、総葉数が同じ主稈だけを対象として各葉齢始期に1回だけ窒素追肥をする処理区を順に設け、各処理区の上位の5葉身・5節間の長さの、無肥区の対応器官の長さに対する比率(伸長比率)の理論的な変化を模式図(第6図)にした。この時、本報や他の報告の結果から幅広くみて、第2図でいえば各葉齢始期の抽出開始葉とその上位のP₄~P₁の計5対の節葉単位を追肥に

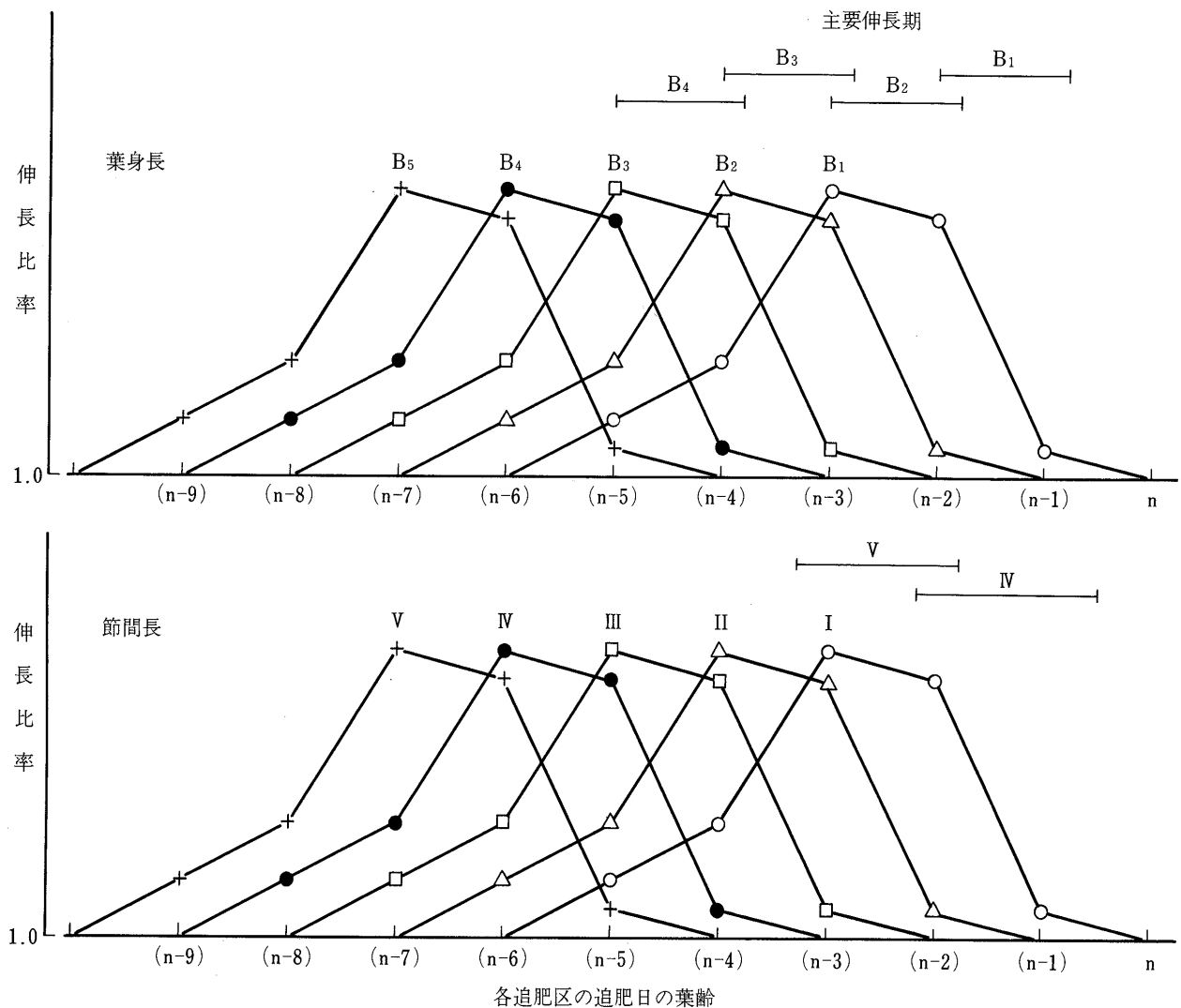
反応する範囲とした。このうち、抽出開始葉は施肥量によらずいわず反応の晩限といえるが、P₁, P₂はかなりの多肥でないと反応しないといえる(第1図)。

この模式図からこれまで草姿制御に関する問題が統一的に考察できるが、その前にこの図のイメージを明瞭にするのに役立つ文献研究の結果について述べる。

4. 生育時期別窒素追肥による茎葉の伸長比率の変化の文献研究

松島(1973)の窒素多施試験における試験区1~11と無肥区との葉身長・節間長の推定値を参考表に示した。このうち、試験区11の施肥時期は、出穂前13日である。この頃に、止葉葉身は第2葉鞘から葉先を抽出しだすが、その長さはほぼ決まっている。それで、これより後の試験区12~15は除いた。また、参考表から算出した葉身長・節間長の伸長比率の変化は第7図に示した。

瀬古ら(1959)の試験は6区構成で、試験結果には葉身



第6図 主稈葉齢別追肥による葉身・節間の模式的伸長比率図(草姿制御モデル)。

横軸: 各追肥区の追肥時の主稈の葉齢。nは止葉葉位を意味する。(n-4)は葉齢が出穂前32日の穂首分化期に相当。これ以前は1葉齢の間隔は約5日間。

縦軸は、葉身・節間別の、無肥区に対する追肥区の伸長比率。B₁~B₅: 止葉葉身~第5葉身, I~V: 第1節間~第5節間。図中の葉身・節間の主要伸長期は、瀬古ら(1957)を参考にして横軸の葉齢との対応で記入。

長・節間長の測定値が示されている。それによる葉身長・節間長の伸長比率の変化を第8図に示した。

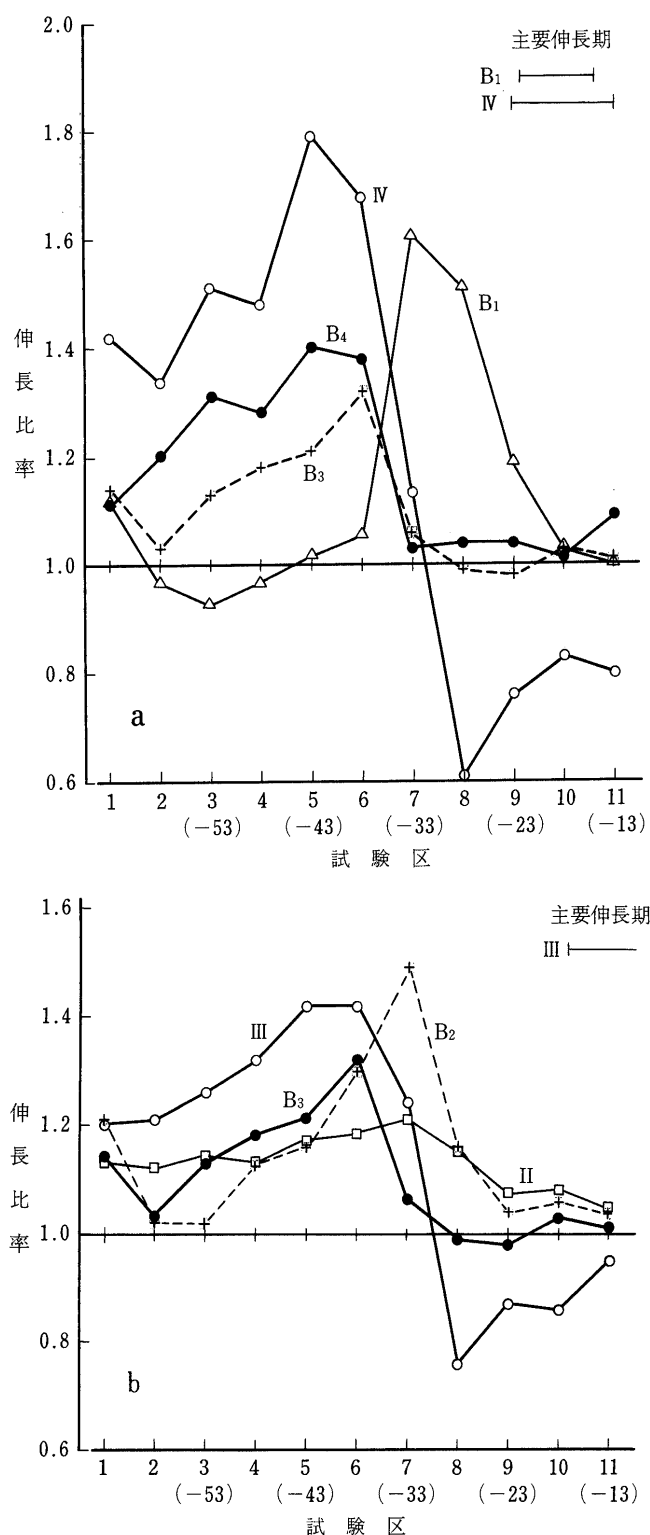
(1) 松島らの窒素多施肥試験における材料の生育型の吟味
解析に先立つ問題は、上記の各試験区の材料がN型、[N-1]型のいずれなのかの判別である。

第5図でも、この両型のIII~V節間長を対比すると、N型の方が、[N-1]型より明瞭に長く、またN型の止葉葉身は明瞭に短い(松葉 1984, 1986)。これを念頭において、第7図をみると、試験区8~11でIV節間の伸長比率がともに1.0をかなり下回っている。試験区8のIV節間は無肥区の6割ほどの長さ(参考表の試験区8のIVの推定値4.3を無肥区のIVの推定値7.1で除算)ということになる。しかし、試験区8の施肥は出穂前28日で、第7図の右上に示したようにIV節間の主要伸長開始期(瀬古ら 1957)の約5日前に当たる。この施肥区のIV節間が無肥区の6割の長さという事実は、単なる誤差では

説明できない。これは、無肥区の材料はN型であるのに、試験区8の材料は[N-1]型であるとして説明がつく。

ただし、この調査は「中庸な数株による」(松島ら 1962)ので、無肥区の材料全てがN型、試験区8の材料全てが[N-1]型とはいきれない。しかし参考表の数値からみて、無肥区の材料はN型的で、試験区8の材料は[N-1]型的であるといえる。この試験区8の節間長の数値との類似性(参考表)から、試験区9~11も[N-1]型的であると認められる。なお、材料の全てが主稈であるともいきれないが、分けつの生育型は主稈の生育型を模写していれば互いに相似形になっている(松葉 1994)ので、分けつの混在はここでの比較解析の大きな障害にはならない。

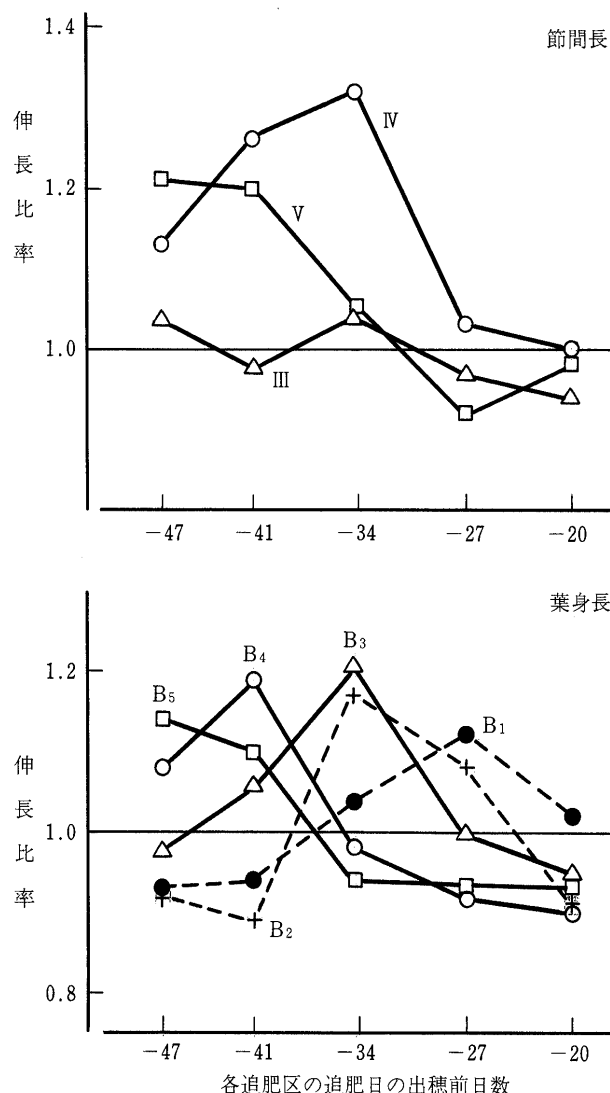
他方、松島ら(1962)によれば、試験区1~7の地上部節間数は施肥により0.5程度増加したという。これは、参考表の稈長と合計稈長の差が試験区3~7で大きいことに



第7図 生育時期別窒素多施による上位の葉身・節間の伸長比率の変化。

横軸の1:基肥区, 同2~11:施肥区。施肥は5日間隔で, 図の横軸の()内の数字は出穂前日数。縦軸の伸長比率は, 無肥区に対する基肥区・施肥区の比率。B₁~B₄:止葉葉身~第4葉身, II~IV:第2節間~第4節間。図中の「主要伸長期」は, 瀬古ら(1957)による。

対応する。つまり, 明瞭なVI節間が認められたということで, このことから, 試験区1~7の材料はN型的であると判断(松葉 1984, 1987)される。



第8図 生育時期別硫酸追肥による上位の葉身・節間の伸長比率の変化。

横軸の数字は追肥日の出穂前日数。施肥窒素:基肥で9.4 kg/10 a, 追肥 5.6 kg/10 a。縦軸の伸長比率は無追肥区に対する追肥区の比率。B₁~B₄:止葉葉身~第4葉身, III~V:第3節間~第5節間。

なお, 出穂前34日追肥区のB₄の長さは, その原表の葉身重の数値からみて小さすぎる点を指摘しておきたい。

以上から, 試験区1~7(穂首分化期施肥区)の伸長比率はそのまま用いるが, 試験区8~11の伸長比率は参考程度にあつかう。試験区8~11でもN型の材料が採取されておれば, 前述の試験Aの出穂前32日, 同26日, 同19日の追肥試験の結果(第2表)からみても, III, IVの伸長比率は1.0の横軸の上下に漸近するとみられる。また, 同様に, 試験区8~11の葉身長の伸長比率, 特にB₁の値は[N-1]型の止葉の葉身長を無肥区のN型の止葉の葉身長に対比したことで大きめになっているはずで, そのままでは使えないが, B₂以下では図の傾向に類似の変化を示すとみられる。

第8図の瀬古らの材料は, 主稈10茎と下位の1次分げつ20茎の計30茎である。伸長比率の最小値はB₂の1点

参考表 水稻の生育時期別窒素多施試験 (松島 1973) における葉身長・節間長・稈長の推定値。

試験区	葉 身 長				節 間 長					合計	稈長
	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	I	II	III	IV	V		
1	39.2	52.0	53.1	51.0	40.1	24.7	17.8	10.1	2.3	95.0	94.4
2	34.0	43.8	47.9	55.0	40.8	24.5	17.9	9.5	2.2	94.9	95.3
3	32.5	43.7	53.0	60.0	39.7	24.8	18.7	10.7	3.0	96.9	98.9
4	34.1	48.6	54.9	58.7	40.2	24.6	19.5	10.5	2.9	97.7	99.5
5	35.9	49.7	56.7	64.1	40.6	25.6	21.0	12.7	3.4	103.3	105.8
6	37.2	55.7	61.8	63.5	41.4	25.7	21.0	11.9	2.8	102.8	103.6
7	56.4	64.0	49.6	47.2	40.5	26.4	18.3	8.0	2.1	95.3	96.0
8	53.0	49.9	46.0	47.9	44.0	25.1	11.2	4.3	1.5	86.1	86.4
9	41.8	44.9	45.9	47.9	44.8	23.3	12.9	5.4	1.5	87.9	87.8
10	35.8	45.7	48.0	46.2	43.0	23.5	12.7	5.9	1.6	86.7	86.7
11	35.1	44.9	47.0	50.0	42.2	22.9	14.1	5.7	1.6	86.5	86.2
無肥	35.1	43.0	46.7	45.9	38.7	21.8	14.8	7.1	1.6	84.0	83.6

試験区 1: 基肥区。試験区 7: 出穂前 33 日施肥区。試験区 2~11 の施肥間隔は 5 日。

各試験区の施肥量と施肥回数: 窒素成分で 15.9 kg/10 a を 1 回。B₁~B₄: 止葉葉身~第 4 葉身。I~V: 穂首 (第 1) 節間~第 5 節間。合計: I~V の合計値。

でだけ 0.9 を僅かに下回った程度なので、生育型はほぼ均質であったとみられる。ただし、出穂前 34 日追肥区の B₄ の長さは、その葉身重の数値からみて小さすぎる点を指摘しておきたい。

(2) 伸長比率の変化からみた草姿制御の莖葉単位

第 7 図でみるとおり、B₄, B₃, B₂ の伸長比率のピークの位置は、IV, III, II のピークの位置にそれぞれ対応して、順次試験区 5, 6, 7 に出た。つまり、葉身と節間の伸長比率のパターンをみると、要素単位 (関川 1984) ではなく、節葉単位でピークも一致し、施肥に対する反応が相伴なっているとみられた。第 8 図のパターンは、要素単位と節葉単位のどちらにも適合するようにみえる。いずれにしても節葉単位による葉身・節間が相伴って伸長反応するという見方には反していない。

(3) 生育時期別追肥に対する莖葉の伸長反応の違いと最適制御時期

第 7, 第 8 図に共通して重要な点は、IV や V の伸長反応に B₁ や B₂ の伸長反応が相伴っていないことである。ちなみに発育解剖的知見では、IV や V の伸長反応のピークの出現時期は、IV や V の伸長開始期より前にあり、これらの節間の分化期に当たっている。この時期に、B₁ は未分化で B₂ は分化直後の突起状態にある。

先に穂首分化期以降の追肥に対する上位葉身と上位節間の伸長反応でもみたように、莖葉器官は「伸長盛期」にではなく、「分化後期」に追肥に敏感に反応して、草姿が大きく変化していた。松島ら (1962) もこの事実を同様にみていたのに、その草姿制御論 (1973) には組み入れていない。伸長量の変動が大きい、つまり施肥効果の大きい「分化後期」にこそ草姿制御の「場」がおかれるべきである。

試験 A の結果 (第 2 表) に一致して、第 7, 第 8 図でもう 1 つ重要な点は、節間はその伸長期には追肥に明瞭な反応を示さないことである。つまり、止葉葉身や第 2 葉身

の伸長開始期に追肥をすると葉身は明らかに伸びる (第 1 図) が、IV 節間、V 節間は伸びない (第 2 表) ののである。ちなみに、緒言でも述べたが、松島 (1973) による窒素吸収の制限や追肥の試験でも、止葉葉身、第 2 葉身の明瞭な短縮・伸長に比べ、IV 節間と V 節間の制御は不明瞭な結果となっていた。この点に関連して、橋川 (1985) は、生育中期に十分な追肥をした後の窒素吸収速度が、伸長期にある上位葉身長 (B₁+B₂) とは比較的明瞭な正相関を示すのに、同時期に伸長期にある下位節間 (IV+V) とは有意な相関を示さなかったと批判的見解を述べている。

この点については、当の松島ら (1968) も、「現象としては上位葉と下位節間の同時伸長が認められる場合でも本質的には無関係でなかろうかとも考えられる」と、自問している。先述したように、瀬古ら (1957) がいう莖葉器官の同時伸長性は、肉眼で確認できる時期から完全展開に及ぶ時期の「主要伸長期」の法則性で、これには幾つかの確認調査がある。問題は、松島 (1973) が瀬古ら (1957) の結論を援用して、同時伸長する莖葉は窒素吸収の制限や追肥にも相伴った反応を示すと仮定した点にあるのではないか。この仮定の実証は、瀬古ら (1957) の研究では試みられていない。むしろ逆に、瀬古ら (1959) の追肥試験の結果 (第 8 図) には、この仮定への反証が含まれている。

また、第 7, 第 8 図から、節間の分化期における多量の追肥がその節間に徒長性を付与することが分かる。つまり、早期茎数確保のための追肥量が多い場合、試験区 5 に当たる出穂前 43 日からの窒素中断では IV, V 節間が徒長性の素質を確保してしまうことになりうる。この素質は、細胞分裂の活性化による細胞数の増加によると推測されるが、このような場合に、「窒素吸収の制限の結果として、下位節間の短縮が伴わない」(松崎 1970) 事例が生じると考える。松島 (1973) の草姿制御論では、生育の前歴がどうであれ、器官の伸長場面での窒素吸収の制限で節間の短

縮ができると前提していたといえる。

なお、瀬古ら（1959）の解析結果をみると、出穂前47日と同41日の追肥区で、倒伏抵抗性を表す節間の挫折重が極端に低下している。

5. 草姿制御モデルと葉齢別窒素追肥による主稈の草姿形成のしくみ

上述の文献研究から、各節間の伸長比率の最大値は、「節葉単位」に従って葉身の最大値にそれぞれ対応させて位置づける（第6図）ことへの傍証も得られたと考える。

この第6図、「追肥による葉身・節間の模式的伸長比率図（草姿制御モデル）」からいろいろ読み取れるが、その前に草姿制御論に関する近年の論議をみておく。

まず、同伸単位が追肥に対しては必ずしも相伴って反応しないことが報告され、むしろ上位葉身長と下位節間長は負相関の関係にある（橋川 1986, 上地 1993）との批判が出された。ただし、本質的な負相関は、第5図でいえばN型と[N-1]型を区別した上で認められるものでなければ意味がない点に留意を要する。

他方、田中（1974）や徳永（1968, 1971）、橋川（1986）は、松島（1973）の理想草姿とは反対に、逆三角形型ともいべき草姿を提起した。これらの草姿は、相対的に上位葉身が長く下位節間が短い特徴をもち、「健康多収」が実現できるとしている。その草姿制御の要点は、松島（1973）とは逆の追肥法、つまり生育前期の少肥と生育中期の追肥にある。これにより、下位節間は伸びないが、上位の葉身・節間が伸びた逆三角形の草姿を作り出している。

これらを念頭において第6図をみると、例えば、移植直後から（n-6）葉齢期（出穂前42日頃）までの多肥は、下位節間のIV、Vと下位葉身の B_4 、 B_5 に徒長性の素質を付与することにつながるといえる。このような生育を経た後に、根腐れや窒素中断などで窒素の吸収量が低下すると、上位葉身が短く下位節間が長い秋落型の草姿が形成されることになる。逆に、生育前半に基肥や追肥をひかえ、（n-4）葉齢期（穂首分化期頃）前後に追肥をすると、下位節間のIV、Vと下位葉身の B_4 、 B_5 はさほど伸びないで、上位の葉身・節間がよく伸びた草姿が形成されてくることになる。このような場合に、前記の逆三角形型の草姿が形成されると考えられる。また、松島（1973）のいう出穂前43日から20日の窒素中断処理では、上位3葉身の短縮はできても徒長性をもってしまったV～IV節間の短縮は困難といえる。要するに、葉身と節間の伸長のしくみには、現象として瀬古ら（1957）のいう同時伸長性はあるにしても、本質的にはその分化後期に節葉単位で伸長の素質が決められているという二重性があるとみななければならない。

以上から、松島（1973）の草姿制御論の柱ともいえるべき、上位葉身・下位節間の伸長の同時制御は基本的には成立しないと考える。換言すれば、制御の対象とした同伸単

位は施肥管理による生育制御の単位としては不適當であるといえる。また、上位葉身・下位節間の「特異な」（橋川 1986）伸長関係や、これらを受けて森脇（1999）が論議を試みた「稲の稈伸長」問題の幾つかに説明がついたと考える。

上記のようにみると、第6図によって、種々の草姿の形成を統一的に導くことができるので、この図により、いわば多様な稲作法の草姿制御論を俯瞰することができる。近年の半矮性品種の育成で、草姿制御は比較的容易になったとはいえ、倒伏しやすいコシヒカリの作付は福島県以南でなお多い状況にある。全国のコシヒカリ栽培での草姿制御の解析もできよう。さらに、第6図の伸長比率1.0の横軸が示す基準値を育種的に変え、伸長比率を栽培的に変えれば様々な草姿が定量的に設計できるし、それらを一元的に図示する草姿形成ソフトも開発できよう。

6. 今後の稲作理論の新しい展開方向

理想稲作理論の草姿制御論を批判的にみてきたが、現実にはこの理論は生産現場で有効性を発揮しているのではないかという疑問が湧き出されよう。確かに、松島自身が農業雑誌などで優良事例を分析しているが、そこには、窒素吸収の制限の成否を検証できる葉身長と節間長のデータがない。収量の向上は確かに認められるが、これはそれまでの稲作法の基肥中心施肥から脱却して後期重点施肥に移行し、生育後期の光合成の向上に寄与したことが大きいとみられる。いずれにしても理想稲作理論の評価は、その生育中期の草姿制御論だけで決まるものでもないので、生育前期の茎数確保論の吟味とあわせて今後の課題としたい。

健康多収であるとされる逆三角形型の草姿に関連して、第6図のモデルから、相対的に上位葉身が長く下位節間が短くなる草姿形成の機構が解明ができた。そこには、基肥が少なめであることによる、節間原基の素質が介在しており、器官分化の段階からの草姿制御の必要性が明瞭である。このように器官の素質が問題となる場面では、地力の介在も重要になろう。下位節間を短くするには、既に関川（1984）も指摘しているように、節間原基の素質を視野に入れて、従来あまり注目されていなかった生育前期の生理とそれを反映した形態を重視すべきである。このモデルから、必要な茎数を確保しつつ、下位節間が素質の点で伸びない稲作りをし、追肥で上位葉身を制御して必要な葉面積を確保した最適の受光態勢を構築する戦略が明確に立てうる。また、理想生育型の定量的な設計図をまずは経験的に明確にすれば、それがどのように形成されるかの解読もでき、必要な制御も生育の各時期に実施できるようになろう。さらに、これらの生育制御の最適化を追究していけば、低投入型のフィードフォワード生育制御技術が具体化されるものと考えられる。

さらに生育診断に関して、第3、第4表の相関係数からみて、節葉単位の草姿制御では、第4、第5葉身による

IV, V 節間の診断が可能となる。このうち、とくに総葉数が1葉多いN型主稈のIV, V 節間が問題となる。第5図からも分かるように, [N-1] 型のV 節間はそもそも短く, N 型のV 節間が顕著に長いためである。第5葉身の完全展開時は穂首分化期に当たるから, 診断は出穂の約30日前に可能となる。今後, 多くの試験区でN型主稈とN型分げつなどの模写生長関係(松葉 1994)を計測・解析し, N型と[N-1]型を区別した下位節間長の推定式を作成する必要がある。なお, 同様の見方は, 既に八柳(1962)が第4葉身長とV 節間長の正の相関関係で論じており, 山形県・庄内地方の「農村通信方式」(高橋 1982)の稲作で用いられているが, 八柳のデータにはN型と[N-1]型が混在している可能性がある。

これまでの諸研究では, 同一試験区に混在する生育型を明確には区別していない。このため, 上位葉身長と下位節間長のデータの比較解析とその結論の扱いには, 先に文献研究で試みたような吟味が必要である。さらに今後は, 生育型を明確に区別した上で, 模写生長論(松葉, 1994)の諸知見から, 従来できなかった計測的研究が可能となっている。これによって, 第6図の精密化を図り, 総葉数の違いに対応して生じる主稈・分げつの生育型の区別と混在とを含みこんで, 群落の草姿制御論を構築する必要がある。なお, 葉身長・節間長パターンや細別型の形成機構については, 稿を改めて考察する予定である。

謝辞: 試験Bにおける葉身長・節間長の測定と測定値の解析に際して, 多大のご協力を頂いた北陸農業試験場の佐々木良治主任研究官に謝意を表します。

引用文献

- 嵐嘉一 1960. 水稻の生育と秋落診断. 養賢堂, 東京. 245—439.
- 上地由朗・林茂一・堀江武 1993. 水稻の下位節間長に及ぼす窒素と稈基部光環境の影響. 日作紀 62:164—171.
- 川田信一郎・山崎耕宇・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.
- 川原治之助・長南信雄・和田清 1968. 稲の形態形成に関する研究. 第3報 葉, 穂, 稈の伸長の相互関係および稈の分裂組織について. 日作紀 37:372—383.
- 橋川潮 1986. 稲作技術を再検討する (2). 農業技術 41:201—205.
- 橋川潮 1985. 暖地における早植水稻の多収生育相に関する研究. 5生育量と下位節間の伸長との関係. 日作紀 54(別1):18—19.
- 松葉捷也 1984. イネの稈長及び節間長の調査基準について. 北陸作物学会報 19:1—6.
- 松葉捷也 1987. イネの茎葉生育の規則性に関する發育形態学的研究. 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 1994. イネの茎葉生育の規則性に関する發育形態学的研究. 第4報 分げつ体系における母茎・分げつの各生育型の構造的規則性. 日作紀 63:230—239.
- 松葉捷也 1995. イネの shoot の生長量を基盤的に制御する茎葉原基の形成単位. 日作紀 64(別2):117—118.
- 松葉捷也 1996a. イネの茎葉生育の規則性に関する發育形態学的研究. 第5報 同葉数主稈における葉身長・節間長の葉位別変化の規則的変異. 日作紀 65:479—486.
- 松葉捷也 1996b. イネの茎葉生育の規則性に関する發育形態学的研究. 第6報 主稈と各1次分げつ芽の間における葉原基の分化・發育の規則的相関. 日作紀 65:618—625.
- 松葉捷也 1997. イネの茎葉生育の規則性に関する發育形態学的研究. 第7報 節間伸長の開始および伸長節間の規則的分布の制御機構. 日作紀 66:17—23.
- 松島省三・真中多喜夫 1962. 生育各期の窒素多施は稲をどう変えるか [1]. 農及園 37:947—950.
- 松島省三・和田源七・松崎昭夫・山浦実 1968. 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82報 生育各期における無窒素処理が水稻の生育・収量におよぼす影響. 日作紀 37:175—181.
- 松島省三 1973. 稲作の改善と技術. 養賢堂, 東京. 1—393.
- 松崎昭夫・松島省三・富田豊雄・城島昇 1970. 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97報 生育時期別無窒素処理が, 出穂後の受光態勢および倒伏抵抗性におよぼす影響. 日作紀 39:330—336.
- 森脇勉 1999. 稲の稈伸長に関する一試論 (1). 農業技術 54:36—42.
- 田中稔 1974. 深層追肥稲作. 富民協会, 東京. 1—204.
- 関川二郎 1984. リハーチン新農法. 農業技術体系 作物編 2 イネ. 農文協, 東京. 507—521.
- 瀬古秀生・佐本啓智・鈴木嘉一郎 1957. 水稻地上部諸器官の發育經過に関する研究. I 水稻伸長期に於ける地上部諸器官の伸長・乾物重の推移及びその相互関係について. 東海近畿農業試験場研究報告 栽培部 第4号:1—15.
- 瀬古秀生・佐本啓智・鈴木嘉一郎 1959. 水稻の倒伏に関する研究 (第1報). 東海近畿農業試験場研究報告 栽培第1部 第6号:1—25.
- 高橋保一 1982. 農村通信方式. 農業技術体系 作物編 2 イネ. 農文協, 東京. 491—502.
- 武田和義・高橋萬衛門 1968. 水稻の節間伸長に関する研究. IV 水稻の器官伸長における遺伝的単位について. 育雑 18(別2):165—166.
- 徳永寛 1968. V字型稲作理論に対する問題点. 農および園 43:743—748.
- 徳永寛 1971. 水稻稈の節間長の省力簡便調査法. 農業技術 26:230—233.
- 山崎耕宇 1963. 水稻の葉の形態形成に関する研究. 1. 葉の發育經過に関する一般的觀察. 日作紀 31:371—378.
- 八柳三郎 1962. 寒地における倒伏の早期診断. 戸刈義次・天辰克巳共編, 最新稲作診断法 下巻. 農業技術協会, 東京. 159—168.

A New Morphogenetic Model on the Most Suitable Leaf-Internode Unit and Developmental Stage for Controlling Plant Types in Rice Cultivation : Katsuya MATSUBA (*Natl. Agr. Res. Cen., Tsukuba 305-8666, Japan*)

Abstract : In any theory on rice cultivation, methods for controlling the plant type form the core. An analysis identified the most suitable leaf-internode unit for targeting to control the plant type and the appropriate stage to do this. The growth of the shoot is determined by the units, consisting of an internode and the leaf connected to that lower node. The leaf with the largest increase in elongation rate after top-dressing is not the elongating young leaf, but the leaf primordium positioned above that leaf. Therefore the most effective control of the plant type is achieved by targeting the particular unit that is in the differentiation stage. This model could explain the following. (1) Contrary to Matsushima's theory, a decrease in nitrogen absorption results in shortening the upper lamina without affecting the lower internodes. (2) Excessive fertilization in the early growth period results in spindly growth of the lower internodes. Therefore if the nitrogen absorption declines from the middle period, the lower internodes and lamina show excessive growth, but the upper internodes and lamina stay short, as in the "akiochi" type. (3) If the fertilization levels in the early growth period are kept low and topdressing is applied in the middle growth period, a plant type with a reverse triangle shape caused by well-developed upper internodes and lamina in contrast to short lower internodes is formed.

Key words : Controlling plant type, Internode elongation, Leaf elongation, Lodging, Nitrogen absorption, *Oryza sativa* L., Plant type, Rice.
