

苗立ち密度および有効分けつ数の相違が点播直播水稻の  
高位分けつ出現に及ぼす影響

2014年

内 田 良 太

# 目 次

第1章 緒言	3
第2章 湛水直播水稻の播種様式が高位分けつ出現と 通常分けつの収量関連形質に及ぼす影響	7
第1節 湛水直播水稻の播種様式と高位分けつ出現との関係	8
材料と方法	8
結果	10
考察	12
第2節 湛水直播水稻における高位分けつの有無が 通常分けつの収量関連形質に及ぼす影響	20
材料と方法	20
結果	21
考察	23
第3章 苗立ち密度が点播直播水稻の高位分けつ出現に及ぼす影響	29
材料と方法	29
結果	30
考察	34
第4章 深水処理による通常分けつの抑制時期と期間が 点播直播水稻の高位分けつ出現に及ぼす影響	45
材料と方法	45
結果	48

考察	51
第5章 幼穂形成期以降の茎葉中の窒素および非構造化炭水化物含有量と 点播直播水稻の高位分げつの出現との関係	61
材料と方法	62
結果	64
考察	70
第6章 総括	87
謝辞	94
摘要	95
引用文献	98
Summary	103

## 第1章 緒言

現在、日本の水稻栽培の大部分は機械移植によって行われているが、稲作の大規模化、効率化のためさらなる低コスト・省力化が求められている。その低コスト・省力化の対応技術の一つとして直播栽培が挙げられる。

直播栽培は、育苗、移植を行わず水田に種籾を直接播いて栽培する方法であり、育苗や移植作業に要する資材や労力が不要である。また、移植栽培に比べて概ね9割程度に生産コストが縮減され、低コスト・省力化栽培技術として位置づけられる<sup>30)</sup>。現在(2009年)、直播栽培の作付面積は2万ha(水稻全体の作付面積の約1%)ほどで、乾田直播(約7千ha)と湛水直播(約1万3千ha)に大きく分けられる<sup>30)</sup>。乾田直播は不耕起乾田直播機の普及によって東海地域において、また、湛水直播は酸素供給剤の開発、落水出芽法の確立および高精度播種機の開発により出芽・苗立ちの安定化と耐倒伏性の向上が図られたことによって東北・北陸において拡大傾向にある<sup>30)</sup>。また、それぞれの作付面積の推移を比較すると、乾田直播は直播機が開発された1998年から2009年までに約6千haの増加に対して、湛水直播は播種機が開発された1999年から2009年までに約9千haと大きく増加しており<sup>30)</sup>、今後も湛水直播の拡大が考えられる。

湛水直播の播種様式には、散播、条播および点播の3種類がある。散播は種籾をばらまく播種法であり、作業効率が高く大区画圃場に向き、最も低コストであるが、種籾の間隔にバラツキがあり過繁茂になりやすい傾向がある。条播は一定間隔のすじ状に種籾を播種する方法である。点播は一定間隔に複数の種籾をまとめて播種する方法である<sup>29)</sup>。湛水直播では倒伏が問題となっているが、これらの播種様式間には耐倒伏性の差異が認められており、点播水稻は耐倒伏性が最も強く、散播水稻は耐倒伏性が最も弱く<sup>31, 46, 49)</sup>、条播水稻の耐倒伏性は散播水稻と点播水稻の中間に位置し<sup>31)</sup>、苗立ち密度が変動しても耐倒伏性が変化しにくい<sup>52)</sup>。また、近年点播では、複数種子で株を形成させることを目的とした播種と、深度5~20mmへの土中播種が可能な「打ち込み式代かき同時土中点播機」(以後、点播機)が開発され<sup>45, 46)</sup>、本機による点播栽培においても耐倒伏性が高まることが明らかになっている<sup>31, 45, 46)</sup>。苗立ち密度が変動しても安定して耐倒伏

性が高い点播栽培は，苗立ち密度の変動が避けられない湛水直播の安定化に有効であると報告されている<sup>60)</sup>．さらに，点播機による点播栽培面積は，1998年に販売が開始された後，1999年に322ha，2000年に615haと増加し，湛水直播栽培面積の8%および14%を占めるに至り<sup>61)</sup>，今後とも点播および点播機の普及が考えられる．

ところで，湛水直播には出芽，苗立ちの不揃いによる苗立ち密度の不均一の問題がある．直播栽培では，単位面積当たりの苗立ちした個体数，すなわち苗立ち密度が単位面積当たりの茎数や穂数，さらには収量に影響を及ぼす<sup>29)</sup>ため，適正な苗立ち密度の確保は重要である．直播栽培における適正苗立ち密度は100本/m<sup>2</sup>程度であり，湛水直播では過酸化カルシウム剤の利用や播種後の落水管理によって出芽，苗立ち率は向上し<sup>12, 17-19, 22, 44)</sup>，目標の苗立ち密度に揃え易くなってきているが，播種ムラや播種深度のバラツキ<sup>17, 18, 53)</sup>が原因で，依然として苗立ち密度の局所的な変動は避け難い状況である．苗立ち密度の変動が生じた場合でも，散播では収量構成要素間で補償作用が働き収量はほぼ一定になる<sup>2, 23)</sup>．しかし一方で，低苗立ち密度条件(40本/m<sup>2</sup>)では，局所的に苗立ち密度がさらに低下する可能性があり，それによる減収と品質低下が発生する<sup>61)</sup>こと，また，登熟歩合の低下による収量の低下が示唆されている<sup>40)</sup>．これらのことから，播種様式に拘わらず補償作用があるものの，湛水直播における苗立ち密度の低下は減収や品質低下を避け難いと考えられる．

ところで，近年，乾田直播における低苗立ち密度(71本/m<sup>2</sup>)および湛水直播の散播栽培における低苗立ち密度(50本/m<sup>2</sup>)で，高位分げつの出現が認められている<sup>25, 38)</sup>．高位分げつの出現要因は，無効茎が極端に少なくなったこと<sup>38)</sup>や，単位面積当たりの有効茎数が少ない状態に穂肥によって養分環境が高められたこと<sup>25)</sup>と考えられている．さらに，最高分げつ数と有効茎数が少なくなり，分げつ1本当たりの窒素や炭水化物の蓄積量が多くなったことが高位分げつの出現要因と考えられている<sup>26)</sup>．このことから，高位分げつの出現は散播栽培のみならず，苗立ち密度が低下し，単位面積当たりの有効茎が少なくなった場合に，点播栽培および条播栽培でも起こり得ると考えられる．これまで，湛水直播の研究は数多く見られるが，高位分げつの出現と湛水直播との関係についての報告はなく検討の必要がある．

高位分げつは、伸長茎部から出現した分げつ、高位の節から出現した分げつなど、何を指標にして、どの節位から上の分げつを指すのか、定義はいまだに曖昧である<sup>20)</sup>。そのため、本研究では水稻の地上部伸長茎部から出現した分げつを高位分げつとした。これまで高位分げつは形態的な解析がなされ<sup>4-8, 20, 42, 50)</sup>、その特徴は、生殖成長期に形成され、本葉が2~4枚であり上位の高位分げつほど葉数が少ない。また、母茎(高位分げつが出現した分げつ)の茎葉中に窒素やデンプンが豊富に蓄えられたり、穂の切除や倒伏などによって母茎の生長が抑制を受けるなどの条件で出現することが明らかとなっている<sup>42, 50)</sup>。しかし、これらの試験の多くはポット試験であり、圃場条件における実際の栽培での高位分げつ出現に関するデータは十分ではない。

高位分げつの子実生産性に関しては、青刈りによって出現した高位分げつによる種籾の生産の可能性<sup>5)</sup>や収穫後の刈り株から出現した分げつ(ひこばえ)による収量増加<sup>59)</sup>について論じられている。しかし一方で、高位分げつ穂の出穂期は遅れ、その登熟が不十分であること<sup>4)</sup>、また、茎葉の切断や穂の切除を行わない通常の栽培で出現する高位分げつは出穂日が遅く、子実の殆どが未熟粒であるため玄米の外観品質を低下させること、さらに、高位分げつは収量関連形質で母茎に劣り、収量増加に貢献しないと報告されている<sup>25)</sup>。

これらのことから、圃場栽培で高位分げつが出現した場合は、種籾の生産<sup>5)</sup>や収量増加<sup>59)</sup>のような有益な点はなく、玄米外観品質を低下させると考えられる。しかしながら、これまで高位分げつについて形態、出現要因および収量関連形質については明らかにされたが、圃場栽培において高位分げつの出現を検討した研究はない。そのため高位分げつの出現の要因を解明し、出現を抑制するための研究が不可欠である。

本論文では、今後、湛水直播で普及の拡大が考えられる点播直播において高位分げつの出現を検討すべく、4つの章に分けて試験を行った。試験の概要は以下の通りである。

まず、第2章第1節において、点播、散播および条播の3種類の播種様式を設け、播種様式が高位分げつの出現に及ぼす影響について互いに比較、検討した。第2節では、第1節で用いた点播において、高位分げつが出現した分げつの収量関連形質と高位分げつが出現しなかった分げつの収量関連形質の比較および高位分げつが出現した分げつの収量関連形質と高位分げつの収量

関連形質との関係を検討した。第3章では、苗立ち密度と高位分げつ出現との関係を明らかにすることを目的とし、点播直播栽培において、低苗立ち密度と適正苗立ち密度に、それぞれ異なる1株苗立ち数および株密度を設け、苗立ち密度が高位分げつの出現に及ぼす影響を検討した。第4章では、通常分げつを抑制する管理技術である深水処理を利用し、通常分げつの抑制時期および期間が高位分げつの出現に及ぼす影響を検討した。第5章では、高位分げつが形成される生殖成長期の茎葉中の窒素および非構造的炭水化物(NSC)含有量と高位分げつ出現との関係を検討した。

これらの結果を受けて、第6章では、総括として、実際の圃場栽培において、高位分げつの出現を抑制する栽培技術を検討した。

## 第2章 湛水直播水稻の播種様式が高位分げつ出現と 通常分げつの収量関連形質に及ぼす影響

水稻の湛水直播の播種様式は、散播、条播および点播の3種類に大きく分かれる。これらの播種様式間には、水稻の生育に違いがある<sup>13, 45, 46)</sup>。点播と条播は、個体間の間隔が短く株間競合が大きいことから、通常分げつが少なくなり、散播では、個体間の間隔が長く株間競合が小さいことから、初期生育が旺盛となり、通常分げつが過剰になる傾向が見られる<sup>13)</sup>。また、点播水稻は、散播水稻や条播水稻に比べて有効茎歩合が高いこと<sup>49)</sup>や、散播水稻と比較すると初期生育が小さく、直播水稻の中では移植水稻に近い生育特性を示すことが明らかになっている<sup>61)</sup>。これら播種様式における生育の違いは、高位分げつの出現に影響を及ぼすと考えられるが、播種様式と高位分げつ出現との関係を検討した研究はない。

高位分げつは、子実が未熟粒であるため玄米の外観品質を低下させること、収量増加に貢献しないことが報告されている<sup>26)</sup>。これまで高位分げつの収量関連形質については明らかにされてきているが、高位分げつが出現した分げつ(母茎)と出現しなかった分げつとの収量関連形質の相違、また、高位分げつが出現した分げつの収量関連形質と高位分げつの収量関連形質の関係については詳細な検討は行われていない。

そこで本章第1節では、湛水直播栽培の点播、散播および条播に低～高苗立ち密度が生じることを想定し、異なる苗立ち密度を組み合わせ、播種様式が水稻の高位分げつ出現に及ぼす影響を検討した。また、第2節では、本章第1節の点播水稻の高位分げつが出現した分げつと高位分げつが出現しなかった分げつの収量関連形質の比較および高位分げつが出現した分げつの収量関連形質と高位分げつの収量関連形質との関係を検討した。



## 第1節 湛水直播水稻の播種様式と高位分けつ出現との関係

水稻の湛水直播には、散播、条播および点播の3種類の播種様式があり、播種様式間には、水稻の生育に違いがある<sup>13, 45, 46)</sup>。点播水稻は、散播水稻や条播水稻と比較して初期生育が小さい<sup>1)</sup>。点播と条播では、株間競合が大きく、通常分けつが少なくなり、散播では、株間競合が小さく、初期生育が旺盛となり、通常分けつが過剰になる傾向が見られる<sup>13)</sup>。また、点播水稻は、散播水稻や条播水稻に比べて有効茎歩合が高いこと<sup>49)</sup>や、直播水稻の中では移植水稻に近い生育特性を示すことが明らかになっている<sup>61)</sup>。さらに、通常分けつ数は、苗立ち密度の影響も受ける。高苗立ち密度では、茎数増加が著しいが有効茎歩合が低く、低苗立ち密度では、通常分けつ数が少ないが有効茎歩合が高く<sup>23)</sup>、また、高苗立ち密度は穂数(有効茎数)が多くなり、低苗立ち密度は穂数が少なくなる<sup>57)</sup>。播種様式および苗立ち密度における生育、特に通常分けつ数の違いは、高位分けつの出現に影響を及ぼすと考えられるが、それらと高位分けつ出現との関係を検討した研究はない。そこで本章第1節では、湛水直播栽培の点播、散播および条播に低～高苗立ち密度が生じることを想定し、異なる苗立ち密度を組み合わせ、播種様式が水稻の高位分けつ出現に及ぼす影響を検討した。

### 材料と方法

本試験は、2008年に、神奈川県厚木市の東京農業大学厚木キャンパス内コンクリート枠水田(400cm×200cm)において、直播適性のある水稻キヌヒカリ(*Oryza sativa* L. cv. Kinuhikari)を供試して行った。播種直前の5月13日に催芽種子に、乾燥籾重量の2倍量の過酸化カルシウム(カルパー粉粒剤16)を粉衣した。播種は、5月15日に落水状態で行い、出芽率が90%を超えた5月23日から湛水状態で管理した。施肥は、5月13日に代掻きと同時に、基肥として化成肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=10:18:16)を窒素分量で3.0g/m<sup>2</sup>施用し、6月13日および6月18日に追肥として化成肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=10:18:16)を窒素分量でそれぞれ0.5g/m<sup>2</sup>ずつ施用した。穂肥は、化成肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=17:0:17)を窒素分量で3.0g/m<sup>2</sup>を3回に分けて施肥し、7月9日、7月13日(出

穂31～27日前)および7月20日(出穂24～20日前)にそれぞれ0.5g/m<sup>2</sup>, 1.5g/m<sup>2</sup>および1.0g/m<sup>2</sup>施用した。試験区は、播種様式を点播(条間30cm×株間20cm:16.7株/m<sup>2</sup>), 散播(条間および株間は等間隔)および条播(条間30cm)の3様式とし、それらに低苗立ち密度を想定した50本区(50本/m<sup>2</sup>)および適正な苗立ち密度を想定した100本区(100本/m<sup>2</sup>)の2水準を組み合わせ、以下の区を設けた。すなわち、点播では、1株苗立ち数を3本とした点播50本区および6本とした点播100本区を設け、散播では、条間と株間をそれぞれ14cmとした散播50本区および10cmとした散播100本区を設け、条播では、株間を6.7cmとした条播50本区および3.3cmとした条播100本区の計6区を設けた。播種粒数は、播種様式および苗立ち密度によって異なった。すなわち、点播50本区は1株5粒を、点播100本区は1株9粒を、散播区は1株に2粒ずつを、条播区は1株に3粒ずつを、それぞれ約1cmの深度に播種し、出芽後に間引きした。なお点播形状は直径5cmの円とし、その円周上に均等な間隔で播種を行った。間引きは6月1日に、生育が揃った個体を残して地際で切断し、点播区は設定の苗立ち数に、散播区および条播区はそれぞれ1株1本立てにした。全株数は点播50本区と点播100本区は54株(6列×9株)、散播50本区は104株(8列×13株)、散播100本区は198株(11列×18株)、条播50本区は104株(4列×26株)および条播100本区は208株(4列×52株)であった。

本試験では、不伸長茎部から出現した通常分げつ(高位分げつ以外の分げつ)の、出穂日および穂数を調査した。また、地上部伸長茎部から出現した分げつを高位分げつ<sup>5)</sup>とし、母茎(高位分げつが出現した分げつを指す)の葉鞘から高位分げつの葉身が抽出した時点で高位分げつの出現とした。高位分げつの出現数および出穂数の調査は、高位分げつが出現した7月31日から開始し、収穫まで毎日行い、出現日および出穂日を1穂ごとに記録した。高位分げつには、通常分げつと区別ができるように出現日を記した番号札を取り付けた。その後、収穫後に、高位分げつの出現節位と葉数を調査した。調査対象株は、外周部分の株を除き生育が中庸の株を、点播区は20株ずつ、散播区および条播区は欠株の周囲の株を避け、それぞれ40株および20株ずつ選んだ。高位分げつの表記は後藤・星川の方法<sup>5)</sup>に従った。すなわち、止葉節を第1節とし、その下の節を第2節、以下同様に基部に向かい第3節、第4節、第5節とし、それぞれの節位から出現した分げつをbT1, bT2, bT3, bT4およびbT5と表した。本試験では、第5節間までが伸長節間であ

ったためbT5までを高位分けつとした。また、試験期間中は試験地で気温の測定を行い、日照時間は横浜地方気象台海老名観測所の数値を用いた。

## 結果

### 1) 試験期間中の気象

試験期間中の気温と日照時間を図2-1および図2-2に示した。平年値は、横浜地方気象台海老名観測所の1980年～2007年の平均値である。平年と比較すると、2008年は、6月は全期間ほぼ平年並の気温で、中旬がやや多照であった。7月上旬～8月中旬にかけては、平年よりやや高温で、多照であった。

### 2) 通常分けつの最高茎数および穂数(有効茎数)

最高茎数および穂数(有効茎数)を表2-1に示した。点播区では、株内の個体が枯死し、実際の1株苗立ち数は50本区が2.7本/株、100本区が5.5本/株となった。単位面積当たりの最高分けつ数は、播種様式間に0.1%水準で有意差が認められ、点播区、散播区および条播区がそれぞれ294.3本/m<sup>2</sup>、313.8本/m<sup>2</sup>および226.3本/m<sup>2</sup>となり、散播区が最も多く、条播区が最も少なかったが、苗立ち密度間では有意な差が見られなかった。有効茎数は、播種様式間で0.1%水準で有意差が認められ、株当たりの有効茎数は点播区、散播区および条播区がそれぞれ12.1本/株、3.6本/株および2.4本/株、個体当たりの有効茎数はそれぞれ3.5本/個体、3.6本/個体および2.4本/個体であり、単位面積当たりの有効茎数はそれぞれ201.2本/m<sup>2</sup>、250.0本/m<sup>2</sup>および172.5本/m<sup>2</sup>であり、散播区が最も多く、条播区が最も少なかった。また、苗立ち密度間でも0.1%水準で有意差が認められ、株当たりおよび個体当たりの有効茎数は50本区の方が有意に多くなったが、単位面積当たりの有効茎数は100本区の方が有意に多かった。

### 3) 高位分けつの出現数

高位分けつの出現数を表2-2に示した。点播区および条播区は、全ての株で高位分けつが出現

したが、散播50本区は40株中11株、散播100本区は40株中4株でのみ高位分けつが出現した。高位分けつが1本のみ出現した母茎は、点播50本区は156本、点播100本区は200本、散播50本区は16本、散播100本区は5本、条播50本区は74本および条播100本区は44本であり、高位分けつが2本出現した母茎はそれぞれ16本、12本、1本、0本、8本および0本であった。その結果、全株(40株)当たりの高位分けつ出現数は、点播50区は188本、点播100区は224本、散播50区は18本、散播100区は5本、条播50区は90本および条播100区は44本であった。高位分けつ出現数は、播種様式間で0.1%水準で有意差が認められ、株当たりの高位分けつ出現数は、点播区、散播区および条播区がそれぞれ5.2本/株、0.3本/株および1.7本/株であり、点播区が最も多く、散播区が最も少なく、個体当たりの高位分けつ出現数は1.4本/個体、0.3本/個体および1.7本/個体となり点播区と条播区の違いは見られなかったが、両区とも散播区より多かった。単位面積当たりの高位分けつ出現数は、点播区、散播区および条播区がそれぞれ86.0本/m<sup>2</sup>、17.5本/m<sup>2</sup>および111.3本/m<sup>2</sup>となり、条播区が最も多く、散播区が最も少なかった。苗立ち密度間では、個体当たりの高位分けつ出現数において0.1%水準で有意差が認められたが、株当たりおよび単位面積当たりの高位分けつ出現数では有意な差は見られなかった。高位分けつの出現率(有効茎数に対する高位分けつの出現数の割合)は、播種様式間で0.1%水準で有意差が認められ、条播区が最も高く、散播区が最も低かった。高位分けつの出穂率(高位分けつの出現数に対する高位分けつの出穂数の割合)は播種様式間と苗立ち密度間ともに有意な差は見られなかったが、いずれの区も高く、出現した高位分けつの殆どが出穂に至った。また、図2-3に示したように、有効茎数が少ないほど、高位分けつの出現数が多くなり、また、有効茎数と高位分けつの出現率との間には5%水準で有意な負の相関( $r=-0.871$ )が認められた(図2-4)。

#### 4) 高位分けつの出穂節位と葉数

高位分けつの出穂節位(bT位)と葉数(前出葉は含まない)を表2-3に示した。高位分けつの表記は前述の通り後藤・星川の方法<sup>5)</sup>に従った。全区とも出現した高位分けつの出穂節位がbT3とbT4であった。bT3とbT4は、点播50本区ではそれぞれ188本中42本と142本でbT4が多く、点播100本区は

224本中それぞれ110本ずつでbT3とbT4の出現数が同数であり，50本区の方が下位節の高位分けつの出現率が高い傾向が見られた．散播区および条播区では，50本区と100本区ともにbT3の方が多く，100本区の方が上位節の高位分けつの出現率がより高い傾向が見られ，条播100本区ではbT4の出現は見られなかった．bT2とbT5は，点播区で僅かに出現したのみで，散播区と条播区では出現は見られず，bT1はいずれの区でも出現は見られなかった．bT3の葉数は，全区とも2枚が多く，bT4の葉数は，点播100本区を除いた区では，半数以上が3枚であった．bT3の平均葉数は，点播50本区，点播100本区，散播50本区および条播50本区はいずれも2.0枚，散播100本区は1.8枚および条播100本区は2.1枚であった．bT4の平均葉数は，点播50本区が2.6枚，点播100本区が2.2枚，散播50本区が2.3枚，散播100本区が3.0枚および条播50本区が2.7枚であった．また，葉数1枚の高位分けつは，播種様式，苗立ち密度および出現節位に拘わらず未出穂であった．

#### 5) 高位分けつの出現時期，出穂時期および到穂日数

高位分けつの出現時期，出穂時期および到穂日数(高位分けつの出現から高位分けつの出穂までの日数)を表2-4に示した．bT3-2は葉数2枚のbT3を，bT4-2は葉数2枚のbT4を，bT4-3は葉数3枚のbT4を示す．いずれの区も，高位分けつの出現時期は母茎の出穂より早く，点播区，散播区および条播区でそれぞれ出穂7.5日前，出穂2.0日前および出穂2.0日前に出現したが，苗立ち密度間では50本区と100本区の高位分けつの出現時期は，ほぼ同じであった．出現節位で見ると，bT4-2およびbT4-3の方がbT3-2より出現が早く，bT4およびbT3の出現時期はそれぞれ出穂8.0日前および出穂3.6日前であった．到穂日数は，点播区，散播区および条播区でそれぞれ19.2日，18.8日および18.0日とほぼ同じであり，苗立ち密度間でも差は見られなかったが，出現節位で見ると，bT3-2およびbT4-2の方がbT4-3より短く，葉数2枚の高位分けつの方が到穂日数は短かった．

#### 考察

高位分けつは，いずれの播種様式においても，50本区と100本区ともに出現し，その出現数は

単位面積当たりの有効茎数が少ない条播区，点播区，散播区の順に多かった(表2-2)．名越ら<sup>25)</sup>の試験では，高位分げつが出現した低苗立ち密度(50本/m<sup>2</sup>)の単位面積当たりの有効茎数(穂数)は260本/m<sup>2</sup>で，高位分げつの出現が殆ど見られなかった適正な苗立ち密度(100本/m<sup>2</sup>)の単位面積当たりの有効茎数は320本/m<sup>2</sup>であった．本試験の単位面積当たりの有効茎数は135～287.5本/m<sup>2</sup>の範囲であり(表2-1)，名越ら<sup>25)</sup>の試験と比較すると有効茎数が少なかった．佐藤<sup>42)</sup>は，高位分げつ芽の生長には，母茎となる分げつの茎葉中に多量のデンプンや窒素等が十分に存在する必要がある，また，出穂前悪環境にあっても出穂後良環境に移すことで高位分げつ芽が生長すると報告している．名越ら<sup>25)</sup>は，低苗立ち密度では単位面積当たりの有効茎数が少ない状態で，穂肥によって養分環境が高められたため，高位分げつが多発したと考察している．本試験では，単位面積当たりの有効茎数と高位分げつの出現率との間に有意な負の相関が認められ(図2-4)，これらのことから，十分な有効茎数が確保できず，単位面積当たりの有効茎数が少ない状態に穂肥を施肥したため，母茎の茎葉中のデンプンや窒素等が多くなり高位分げつが出現したものと考えられる．また，播種様式間で高位分げつ出現数が異なったのは，それぞれの水稻群落の構造によって通常分げつ数が異なったことに起因すると考えられる．すなわち，散播では個体間距離が大きいため競合が小さく，初期生育が旺盛で通常分げつ数が多くなり，分げつ1本当たりの窒素，デンプンが少ないため高位分げつ出現数が少なくなったと考えられる．しかし，点播は複数の個体で株を形成するため株内の個体間競合が生じ，条播は株間が非常に狭いため株間競合が生じ<sup>13,61)</sup>，その結果，通常分げつ数が少なくなり，分げつ1本当たりの窒素，デンプンが豊富になったため高位分げつ多くなったと考えられる．

本試験で出現が多く見られた高位分げつの葉数(前出葉を含まない)は，播種様式および苗立ち密度に拘わらず，bT3のほとんどが2枚，bT4の多くが2枚と3枚であった．高位分げつの葉数(平均値)は，出現節位がbT4からbT3へと上位になるに従い，0.2～1.2枚減少している(表2-3)．母茎が生殖成長期に移行するに伴い，高位分げつ芽も生殖成長に転換し，その結果，高位分げつ芽の幼葉の数が決定され，高位分げつ芽が伸長した場合，既に決定されている数の葉を展開する<sup>5)</sup>．また，bT4以上の高位分げつ芽は，母茎が既に生殖成長期であるのに，幾枚かの葉を分

化し栄養成長を続ける<sup>7)</sup>。これらのことから、本試験のbT3およびbT4は、母茎が生殖成長期に入っても栄養成長を続け、1、2枚あるいは3枚の葉を分化した後に伸長を開始したものと考えられる。また、bT3では3枚の葉を持つものが殆ど見られなかったのに対し、bT4では3枚の葉を持つものが見られたのは、より下位の節であるbT4の高位分げつ芽の方がbT3より分化する時期が早かったためと推察する。分げつの栄養の独立性に関して、佐藤<sup>43)</sup>と王・花田<sup>54)</sup>は、分げつは発生後本葉3枚抽出頃までは生育に必要な栄養を主稈(本試験では母茎)に仰ぎ、4葉抽出頃から独立的に生育するとしている。出現した高位分げつに葉数4枚以上のものがないことから、すべての高位分げつはデンプンや窒素供給を母茎に依存していたと考えられる。また、出現時期が早く、葉数3枚のものが多かったbT4の方がbT3よりも長期間母茎に依存していたものと考えられる(表2-4)。

以上のことから、単位面積当たりの有効茎数(穂数)が少ないと高位分げつの出現数が多くなることが明らかになった。また、播種様式間で見ると、個体間競合が小さい散播区は高位分げつの出現数が少なく、個体間競合が大きい点播区および条播区は高位分げつの出現数が多かった。

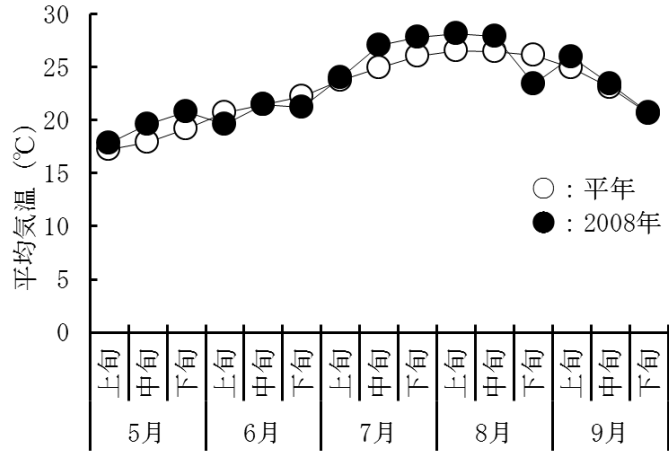


図2-1 試験期間中の日平均気温。  
 平年値は、気象庁横浜地方気象台海老名気象観測所の1980～2007年までの平均値。

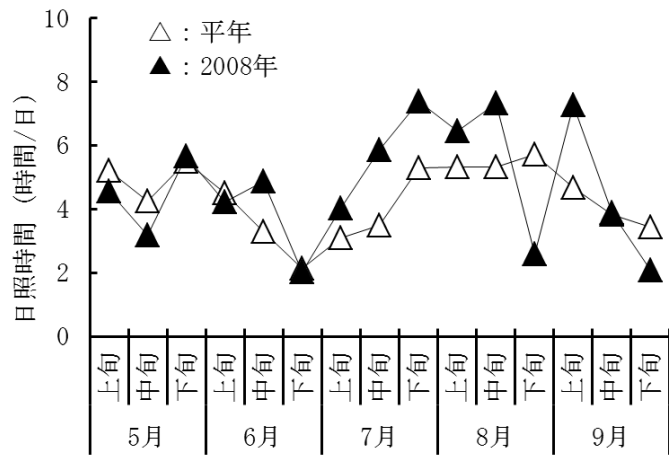


図2-2 試験期間中の日平均日照時間。  
 平年値は、気象庁横浜地方気象台海老名気象観測所の1980～2007年までの平均値。



**表2-1** 播種様式と苗立ち密度が分けつ数および有効茎数に及ぼす影響

播種様式	苗立ち密度 (本/m <sup>2</sup> )	最高分けつ数 m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )	有効茎数		
			株当たり (本/株)	個体当たり (本/個体)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )
点播	50	310.6 ± 13.7	13.2 ± 0.6	4.9 ± 0.2	219.6 ± 9.7
	100	278.1 ± 10.9	11.0 ± 0.5	2.0 ± 0.1	182.9 ± 8.5
散播	50	287.5 ± 16.6	4.3 ± 0.1	4.3 ± 0.1	212.5 ± 7.1
	100	340.0 ± 22.2	2.9 ± 0.1	2.9 ± 0.1	287.5 ± 12.5
条播	50	202.5 ± 7.7	2.7 ± 0.2	2.7 ± 0.2	135.0 ± 7.3
	100	250.0 ± 18.5	2.1 ± 0.1	2.1 ± 0.1	210.0 ± 12.4
点播		294.3	12.1	3.5	201.2
散播		313.8	3.6	3.6	250.0
条播		226.3	2.4	2.4	172.5
50本		266.9	6.1	4.0	194.9
100本		289.4	4.7	2.5	242.0
播種様式		***	***	***	***
苗立ち密度		n. s.	***	***	***
交互作用		*	*	***	***

数値は、平均値±標準誤差を示す。最高分けつ数の調査株数は、全試験区20株であった。有効茎数の調査株数は、点播区および条播区は20株ずつ、散播区は40株であった。点播区は苗が枯死し、実際の1株苗立ち数は、点播50本区が2.7本/株および点播100本区が5.5本/株であった。\*、\*\*\*はそれぞれ5%および0.1%水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。

**表2-2** 播種様式と苗立ち密度が高位分けつ出現に及ぼす影響

播種様式	苗立ち密度 (本/m <sup>2</sup> )	高位分けつ 出現株数 (株/全株)	母茎の種類		高位分けつ出現数				高位分けつ 出現率 (%)	高位分けつ 出穂率 (%)
			I	II	全株当たり (本/全株)	株当たり (本/株)	個体当たり (本/個体)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )		
点播	50	40	156	16	188	4.7 ± 0.5	1.7 ± 0.2	78.5 ± 8.9	36.4 ± 4.4	98.5 ± 1.0
	100	40	200	12	224	5.6 ± 0.6	1.0 ± 0.1	93.5 ± 10.4	51.8 ± 5.6	93.4 ± 2.5
散播	50	11	16	1	18	0.5 ± 0.1	0.5 ± 0.1	22.5 ± 6.4	11.5 ± 3.3	86.4 ± 9.8
	100	4	5	0	5	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1	12.5 ± 6.4	4.8 ± 2.8	87.5 ± 12.5
条播	50	40	74	8	90	2.3 ± 0.2	2.3 ± 0.2	112.5 ± 10.8	82.9 ± 7.3	81.3 ± 6.7
	100	40	44	0	44	1.1 ± 0.1	1.1 ± 0.1	110.0 ± 6.9	55.8 ± 4.6	92.5 ± 5.5
点播						5.2	1.4	86.0	44.1	96.0
散播						0.3	0.3	17.5	8.2	86.7
条播						1.7	1.7	111.3	69.4	86.9
50本						2.0	1.2	59.0	35.6	89.1
100本						1.7	0.6	57.1	29.3	92.5
播種様式						***	***	***	***	n. s.
苗立ち密度						n. s.	***	n. s.	n. s.	n. s.
交互作用						**	**	n. s.	***	n. s.

数値は、平均値±標準誤差を示す。調査株数は、点播区および条播区は20株ずつ、散播区は40株であった。点播区および条播区の高位分けつ出現株数、母茎の種類および高位分けつ出現数（全株当たり）の値は、40株当たりに換算した。母茎の種類の内、Iは高位分けつが1本出現した母茎の数、IIは高位分けつが2本出現した母茎の数を示す。高位分けつ出現率は、有効茎に対する高位分けつの出現の割合を示す。高位分けつ出穂率は、出現した高位分けつの出穂した割合を示す。\*、\*\*\*はそれぞれ1%および0.1%水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。

**表2-3** 出現節位(bT位)および葉数ごとの高位分けつ出現数

bT位	葉数 (枚)	点播						散播						条播					
		50本区			100本区			50本区			100本区			50本区			100本区		
		出現	合計	平均 葉数	出現	合計	平均 葉数	出現	合計	平均 葉数	出現	合計	平均 葉数	出現	合計	平均 葉数	出現	合計	平均 葉数
bT2	1	0			2			0			0			0			0		
	2	0	0	—	0	2	1.0	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—
	3	0			0			0			0			0			0		
bT3	1	2			2			0			1			6			2		
	2	38	42	2.0	108	110	2.0	11	11	2.0	3	4	1.8	40	54	2.0	34	44	2.1
	3	2			0			0			0			8			8		
bT4	1	2			4			1			0			4			0		
	2	58	142	2.6	78	110	2.2	3	7	2.3	0	1	3.0	4	36	2.7	0	0	—
	3	82			28			3			1			28			0		
bT5	1	0			0			0			0			0			0		
	2	4	4	2.0	0	2	3.0	0	0	—	0	0	—	0	0	—	0	0	—
	3	0			2			0			0			0			0		

調査株数は、点播区および条播区は20株ずつ、散播区は40株であった。点播区および条播区の出現と合計は、40株当たり換算した。母茎の止葉節を第1節とし、基部に向かい、それぞれの節から出現した分けつをbT1, bT2, bT3, bT4およびbT5と表した。本試験では、bT1の出現はなかった。葉数に前出葉は含まない。出現は、高位分けつの出現数(本/全株)を、合計は、bT位ごとの高位分けつの合計数(本/全株)を、平均葉数は、bT位ごとの高位分けつの葉数の平均値を示す。

**表2-4** 葉数2枚以上のbT3とbT4の出現時期，出穂時期および到穂日数

播種 様式	苗立ち 密度 (本/㎡)	高位 分けつ の種類	高位 分けつ 出現数 (本/全株)	出現時期	出穂時期	到穂日数	出穂から 収穫までの 日数
				(母茎出穂後日数)		(日数)	
点播	50	bT3-2	19	-5.3±0.8	12.3±0.6	17.5±0.5	35.3±0.9
		bT4-2	29	-9.3±0.4	9.0±0.8	18.3±0.5	37.0±0.8
		bT4-3	41	-9.3±0.5	12.1±0.8	21.2±0.5	33.2±0.8
	100	bT3-2	54	-4.8±0.4	13.9±0.6	18.8±0.4	31.0±1.4
		bT4-2	39	-8.3±0.5	10.2±0.9	18.8±0.5	34.0±0.9
		bT4-3	14	-8.7±0.9	11.9±1.5	20.6±0.8	32.1±1.4
散播	50	bT3-2	11	-2.3±0.6	15.6±0.7	17.9±0.4	30.9±0.7
		bT4-2	3	-1.0±2.1	20.3±2.7	21.3±0.7	25.3±2.3
		bT4-3	3	-3.3±4.2	13.5±0.5	21.0±0.0	31.0±0.0
	100	bT3-2	3	1.0±4.5	18.0±3.8	17.0±1.5	27.7±3.8
		bT4-2	0	—	—	—	—
		bT4-3	1	-8.0	14.0	22.0	30.0
条播	50	bT3-2	20	-1.4±0.8	17.2±1.3	18.8±0.7	26.8±1.3
		bT4-2	2	-3.0±1.0	26.0	30.0	15.0
		bT4-3	14	-2.3±2.4	14.8±1.6	20.4±0.8	28.0±1.6
	100	bT3-2	17	-2.4±0.7	16.5±0.9	18.9±0.6	28.2±1.0
		bT4-2	0	—	—	—	—
		bT4-3	0	—	—	—	—
点播			-7.5±0.3	11.8±0.4	19.2±0.2	33.4±0.4	
散播			-2.0±0.9	16.4±0.9	18.8±0.5	29.6±0.8	
条播			-2.0±0.7	15.3±0.9	18.0±0.8	25.3±1.2	
50本			-6.0±0.4	12.6±0.5	18.9±0.4	31.5±0.7	
100本			-5.9±0.3	13.0±0.5	19.0±0.3	31.5±0.5	
bT3-2			-3.6±0.3	14.7±0.4	18.3±0.3	30.3±0.6	
bT4-2			-8.3±0.4	10.2±0.7	18.6±0.5	34.1±0.9	
bT4-3			-7.6±0.7	12.2±0.6	20.4±0.5	31.1±0.9	
bT3			-3.6±0.3	14.7±0.4	18.3±0.3	30.3±0.6	
bT4			-8.0±0.4	11.2±0.5	19.5±0.4	32.6±0.6	
葉数2枚			-5.4±0.3	13.0±0.4	18.4±0.2	31.7±0.5	
葉数3枚			-7.6±0.7	12.2±0.6	20.4±0.5	31.1±0.9	

数値は，平均値±標準誤差を示す．調査株数は，点播区および条播区は20株ずつ，散播区は40株であった．bT3-2は，2枚の葉を持つbT3を，bT4-2は，2枚の葉を持つbT4を，bT4-3は，3枚の葉を持つbT4を示す．高位分けつの出現時期，出穂時期は母茎出穂後日数（母茎出穂日を0とする）で示した．到穂日数は，高位分けつの出現から出穂までの日数を示す．

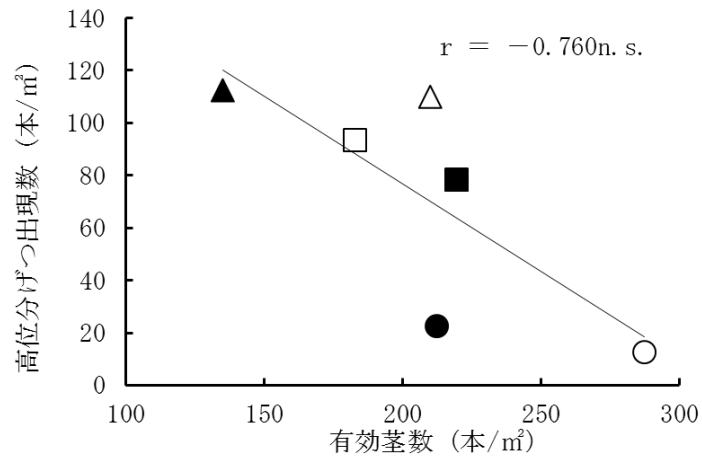


図2-3 有効茎数と高位分けつ出現数との関係。  
 ■ 点播50本区 ● 散播50本区 ▲ 条播50本区  
 □ 点播100本区 ○ 散播100本区 △ 条播100本区  
 n. s. は有意でないことを示す。

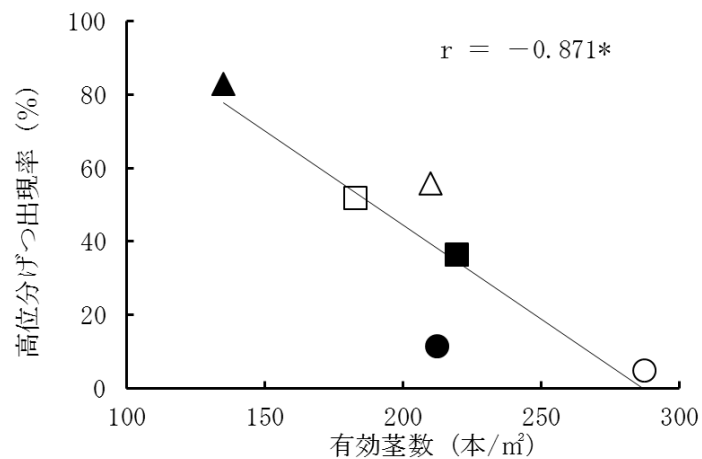


図2-4 有効茎数と高位分けつ出現率との関係。  
 ■ 点播50本区 ● 散播50本区 ▲ 条播50本区  
 □ 点播100本区 ○ 散播100本区 △ 条播100本区  
 \*は5%水準で有意であることを示す。

## 第2節 湛水直播水稻における高位分げつの有無が 通常分げつの収量関連形質に及ぼす影響

前節において、高位分げつの出現は単位面積当たりの有効茎数の多少が関係しており、有効茎数が少ないと高位分げつの出現数が多くなることが明らかになった。また、播種様式間では、個体間競合が小さい散播区は高位分げつの出現数が少なく、個体間競合が大きい点播区および条播区は高位分げつの出現数が多かった。高位分げつは本葉が2枚あるいは3枚であった。分げつの栄養の独立性の点から、本葉を4枚以上持たない高位分げつはデンプンや窒素供給を母茎に依存していたと考えられる。しかし、これまで高位分げつが出現した分げつ(母茎)と出現しなかった分げつとの収量関連形質の相違、また高位分げつが出現した分げつの収量関連形質と高位分げつの収量関連形質の関係については詳細な検討は行われていない。本節では、第2章第1節の点播区の高位分げつが出現した分げつの収量関連形質と高位分げつが出現しなかった分げつの収量関連形質の比較および高位分げつが出現した分げつの収量関連形質と高位分げつの収量関連形質との関係を検討した。

### 材料と方法

本試験は、第2章第1節の点播50本区および点播100本区で行い、調査は両区とも高位分げつ調査に用いた20株ずつで行った。本試験では、通常分げつの穂数、高位分げつが株当たり1本以上出現した株数および高位分げつ数を調査した。その後、調査に用いた20株ずつを収穫した。収穫後、以下の収量関連形質を、高位分げつが出現した分げつ(母茎)、高位分げつが出現しなかった分げつおよび高位分げつに分けて調査した。両区とも1穂ごとに穂長および穂重を測定し、脱粒後、1穂籾数および1穂籾重を測定し、1穂籾数を穂長で除して粒着密度を算出した。玄米を1.8mmの穀粒検査用縦目篩(直径120mm、不二金属工業)を乗せた穀粒々度選別機(振幅130mm、振動数140回/分)で3分間振盪し、粒厚1.8mm以上の玄米数と玄米重から、玄米千粒重を算出した。また、1穂籾数に対する粒厚1.8mm以上の1穂玄米数の割合を登熟歩合とした。本試験では、地上

部伸長茎部から出現した分げつを高位分げつ<sup>5)</sup>とし、不伸長茎部から出現した分げつおよび主稈を通常分げつとした。なお、通常分げつは、主稈と分げつに分けずに調査した。高位分げつの表記は第2章第1節同様、後藤・星川の方法<sup>5)</sup>に従った。本試験では、第5節間までが伸長節間であったためbT5までを高位分げつとした。なお、本論文中で母茎と表記しているものを、本節では便宜上、高位分げつが出現した分げつとして表記した。

## 結果

### 1) 通常分げつの穂数(有効茎数)および高位分げつ数

通常分げつの穂数(有効茎数)および高位分げつ数を表2-5に示した。株当たりの穂数は、50本区および100本区がそれぞれ13.2本/株および11.0本/株となり、単位面積当たりの穂数は、219.6本/m<sup>2</sup>および182.9本/m<sup>2</sup>となり50本区の方が100本区より有意に多かった。高位分げつはすべての株で出現した。株当たりの高位分げつ数は、50本区および100本区がそれぞれ4.7本/株および5.6本/株となり、単位面積当たりの高位分げつ数は、78.5本/m<sup>2</sup>および93.5本/m<sup>2</sup>となり、有意な差は認められなかったが、100本区の方が50本区より多い傾向が見られた。高位分げつ出現率は、100本区の方が50本区より有意に高くなったが、高位分げつ出穂率は有意な差は認められず、50本区と100本区ともに高位分げつの殆どが出穂した。

### 2) 高位分げつの出現節位と葉数

高位分げつの出現節位(bT位)と葉数(前出葉は含まない)を表2-6に示した。50本区と100本区ともに出現した高位分げつの殆どがbT3とbT4であった。bT3とbT4は、50本区ではそれぞれ94本中21本と71本でbT4が多かったが、100本区ではそれぞれ112本中55本と55本でbT3とbT4の出現数が同数であり、50本区の方が下位節の高位分げつの出現率が高い傾向が見られた。bT2とbT5は僅かに出現したのみで、bT1は両区で出現は見られなかった。bT3の葉数は、両区とも2枚が多く、葉数3枚のbT3は殆ど見られなかった。bT4の葉数は、50本区は多くが3枚であったが、100本区は多くが2枚であった。また、葉数1枚の高位分げつは、出現節位に拘わらず未出穂であった。

### 3) 高位分げつの出現時期，出穂時期および到穂日数

高位分げつの出現時期，出穂時期および到穂日数を表2-7に示した．bT3-2は葉数2枚のbT3を，bT4-2は葉数2枚のbT4を，bT4-3は葉数3枚のbT4を示す．両区とも高位分げつの出現は，高位分げつが出現した分げつ(母茎)の出穂より早く，50本区および100本区はそれぞれ高位分げつが出現した分げつの出穂7.7日前と出穂5.7日前に出現し，50本区の方が100本区より出現時期が早かった．出現節位で見ると両区とも，bT4-2およびbT4-3の方がbT3-2より出現が早かった．到穂日数は，bT3-2およびbT4-2の方がbT4-3より短かった．

### 4) 高位分げつが出現した分げつ(母茎)と出現しなかった分げつの収量関連形質

通常分げつを，高位分げつが出現した分げつと高位分げつが出現しなかった分げつに分け，それぞれの収量関連形質を表2-8に示した．玄米千粒重を除く収量関連形質は高位分げつが出現した分げつの方が高位分げつが出現しなかった分げつより有意に大きく，特に1穂籾数および1穂玄米重が大きかった．また，苗立ち密度間では1穂籾数，粒着密度および1穂玄米重において50本区の方が100本区より有意に大きかった．高位分げつが出現した分げつおよび高位分げつが出現しなかった分げつの1穂籾数はそれぞれ117.2粒と83.2粒であり，粒着密度は6.0粒/cmと4.8粒/cmであった．1穂玄米重は2.06gと1.48gであり，玄米千粒重は22.0gと22.2gおよび登熟歩合は80.6%と76.6%であった．

### 5) 2枚以上の葉を持つ高位分げつが出現した分げつ(母茎)の収量関連形質

両区で出現が多かったbT3-2，bT4-2およびbT4-3が出現した分げつの収量関連形質を表2-9に示した．玄米千粒重および登熟歩合を除いた収量関連形質は，50本区の方が100本区より大きい傾向が見られた．また，bT4が出現した分げつの方がbT3が出現した分げつより，1穂籾数，粒着密度，1穂玄米重および登熟歩合が大きい傾向が見られた．さらに，葉数3枚の高位分げつが出現した分げつの方が葉数2枚の高位分げつが出現した分げつより1穂籾数，1穂玄米重および登熟

歩合は大きい傾向が見られた。

#### 6) 2枚以上の葉を持つ高位分けつの収量関連形質

bT3-2, bT4-2およびbT4-3の収量関連形質を表2-10に示した。高位分けつの収量関連形質は、bT3-2, bT4-2およびbT4-3が出現した分けつの収量関連形質(表2-9)とその傾向が酷似していた。すなわち、苗立ち密度間ではすべての収量関連形質において50本区の方が100本区より大きく、節位間でもすべての収量関連形質においてbT4がbT3より大きい傾向を示した。また葉数間では、葉数3枚の高位分けつの方が葉数2枚の高位分けつより、登熟歩合を除く収量関連形質が大きい傾向が見られた。

#### 7) 1穂玄米重、1穂粒数および登熟歩合の関係

高位分けつが出現した分けつと出現しなかった分けつの1穂玄米重と1穂粒数、1穂玄米重と登熟歩合の関係を図2-4に示した。50本区と100本区ともに高位分けつが出現した分けつ(図中●)と高位分けつが出現しなかった分けつ(図中○)では1穂玄米重と1穂粒数との間に0.1%水準で有意な正の相関( $r = 0.782 \sim 0.900$ )が認められた。1穂玄米重と登熟歩合との間には、50本区の母茎および100本区の高位分けつが出現しなかった分けつを除き、5%および1%水準で有意な正の相関( $r = 0.593, r = 0.446$ )が認められた。

#### 考察

本試験では、両区とも高位分けつが多く出現したが、その出現数は単位面積当たりの通常分けつの穂数が少ない100本区の方が多かった(表2-5)。高位分けつの生長には、高位分けつが出現した分けつの茎葉中に窒素やデンプンが多く蓄えられる必要である。名越ら<sup>25,26)</sup>は、単位面積当たりの有効茎数が少なかったため、有効茎の1茎当たりの養分の蓄積量が多くなり、穂肥によって養分環境が高まり、高位分けつが出現した分けつの養分供給に余裕が生じたため、高位分けつが多発したと考察している。これらのことから、両区とも有効茎が十分に確保できず、



単位面積当たりの有効茎数が少ない状態に穂肥を施肥したため，高位分げつが出現した分げつは茎葉中のデンプンや窒素等が多くなり高位分げつが出現したものと考えられる。

高位分げつの多くが葉数2，3枚であり，葉数1枚の高位分げつは僅かで，葉数4枚以上の高位分げつは出現しなかった(表2-6)．分げつは，出現後本葉3枚抽出頃までは生育に必要な栄養を主に母茎に仰ぎ，4葉抽出頃から独立的に生育する<sup>43)</sup>ことや，母茎から分げつへの同化産物の供給は発育の進んだ分げつほど少なく，第3葉抽出完了以降もしくはそれに近い発育段階に達した分げつへの分配は少ない<sup>54)</sup>ことが報告されている．これらのことから，本試験において出現した高位分げつは，出穂前に自らが生産した炭水化物量は少ないものと推察され，出穂後も同化産物の殆どを高位分げつが出現した分げつからの供給に依存していたものと考えられる。

高位分げつが出現した分げつと高位分げつが出現しなかった分げつを比べると，高位分げつが出現した分げつの方が1穂粒数，1穂玄米重および登熟歩合が有意に大きかった(表2-8)．丹野<sup>51)</sup>は，穂の生産力が高い主茎や3～6号分げつは，出穂期前の蓄積炭水化物が豊富で1穂粒数が多く，登熟歩合も高いと報告している．また，高位分げつが出現した分げつと出現しなかった分げつともに1穂玄米重と1穂粒数並びに1穂玄米重と登熟歩合との間に正の相関が認められた(図2-4)．金ら<sup>14)</sup>の試験も，1穂精玄米重(本試験の1穂玄米重)の重い分げつは，1穂精玄米重の軽い分げつに比べ，1穂粒数が多く，精玄米歩合(本試験の登熟歩合)が高い傾向を示しており，その要因は1穂粒数が多く，精玄米歩合の高い分げつは，1穂粒数の少ない分げつに比べ炭水化物生産量が多いためと報告している．本試験では，主稈や分げつ節位ごとの調査を行っていないが，これらのことから1穂粒数が多く，1穂玄米重が重い高位分げつが出現した分げつは，1穂粒数が少なく1穂玄米重が軽い高位分げつが出現しなかった分げつに比べ，出穂期前の蓄積炭水化物が豊富であり，かつ出穂後の炭水化物の生産量が多いと考えられる。

本試験は，50本区と100本区ともに高位分げつが出現した分げつの収量関連形質は，bT4が出現した分げつの方がbT3が出現した分げつより大きく(表2-9)，高位分げつの収量関連形質も，より下位節のbT4の方がbT3より大きかった(表2-10)．高位分げつの生長には，高位分げつが出現した分げつの茎葉中に窒素やデンプンが豊富に蓄えられる必要があり<sup>42)</sup>，また，高位分げつ

は高位分げつが出現した分げつからの同化産物供給に依存していることから，高位分げつが出現した分げつの収量関連形質が大きいほど，高位分げつの収量関連形質も大きくなると推察される。しかし，両区とも，登熟歩合は逆の傾向を示し，bT4-2が出現した分げつの登熟歩合が最も低く(表2-9)，bT4-2の登熟歩合が最も高かった(表2-10)。これは，bT4-2の出現時期が早く，出穂から収穫までの日数が最も長い(表2-7)ことが要因と考えられる。すなわち，bT4-2は自身が出現した分げつからの同化産物供給に長く依存していたために登熟歩合が向上したが，逆にbT4-2が出現した分げつは，高位分げつの生長に，より多くの同化産物を費やしたために自身の登熟歩合が低下したものと考えられる。また，後藤・星川<sup>3)</sup>は，高位分げつ出現のためにエネルギーを費やすことが登熟歩合低下の大きな原因の一つと推察しており，このことから，高位分げつの登熟期間が長い場合，高位分げつが出現した分げつの玄米重，登熟歩合および玄米品質の低下を招く可能性が高いと推察した。

これらのことから，高位分げつが出現した分げつは，出現しなかった分げつより1穂粒数，1穂玄米重および登熟歩合が大きく，出穂期前および出穂期後の炭水化物量が多いと推察された。また，高位分げつが出現した分げつの収量関連形質が大きいほど，高位分げつの収量関連形質も大きいことが明らかとなった。

**表2-5** 通常分けつの穂数および高位分けつ出現数

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	通常分けつの穂数		高位分けつ出現数		高位分けつ 出現率 (%)	高位分けつ 出穂率 (%)
	株当たり (本/株)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )	株当たり (本/株)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )		
50	13.2±0.6	219.6±9.7	4.7±0.5	78.5±8.9	36.4±4.4	98.5±1.0
100	11.0±0.5**	182.9±8.5**	5.6±0.6 <sup>n. s.</sup>	93.5±10.4 <sup>n. s.</sup>	51.8±5.6*	93.4±2.5 <sup>n. s.</sup>

数値は、平均値±標準誤差を示す。調査株数は20株ずつであった。高位分けつはすべての株から出現した。苗が枯死し、実際の1株苗立ち数は、50本区が2.7本/株および100本区が5.5本/株であった。高位分けつ出現率および高位分けつ出穂率については、表2-2脚注参照。\*、\*\*はそれぞれ5%および1%水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。

**表2-6** 出現節位(bT位)と葉数が異なる高位分けつの出現数

bT位	葉数 (枚)	50本区		100本区	
		出現	合計	出現	合計
bT2	1	0		1	
	2	0	0	0	1
	3	0		0	
bT3	1	1		1	
	2	19	21	54	55
	3	1		0	
bT4	1	1		2	
	2	29	71	39	55
	3	41		14	
bT5	1	0		0	
	2	2	2	0	1
	3	0		1	

調査株数は20株ずつであった。高位分けつの出現節位(bT位)については、表2-3脚注参照。葉数に前出葉は含まない。出現は、高位分けつの出現数(本/20株)を、合計は、bT位ごとの高位分けつの合計数(本/20株)を示す。

**表2-7** 高位分けつの出現時期、出穂時期および到穂日数

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	高位 分けつ の種類	高位 分けつ 出現株数	高位 分けつ 出現数	出現時期 (母茎出穂後日数)	出穂時期	到穂日数 (日数)	出穂から 収穫までの 日数
		(株/20株)	(本/20株)				
50	bT3-2	13	19	-5.3±0.8	12.3±0.6	17.5±0.5	35.3±0.9
	bT4-2	16	29	-9.3±0.4	9.0±0.8	18.3±0.5	37.0±0.8
	bT4-3	10	41	-9.3±0.5	12.1±0.8	21.2±0.5	33.2±0.8
	平均			-8.4±0.4	11.1±0.5	19.5±0.4	34.9±0.5
	平均2			-7.7±0.6	11.6±0.7	19.5±0.5	34.4±0.6
100	bT3-2	18	54	-4.8±0.4	13.9±0.6	18.8±0.4	31.0±1.4
	bT4-2	16	39	-8.3±0.5	10.2±0.9	18.8±0.5	34.0±0.9
	bT4-3	10	14	-8.7±0.9	11.9±1.5	20.6±0.8	32.1±1.4
	平均		35.7	-6.6±0.3	12.3±0.5	19.1±0.3	32.2±0.7
	平均2			-5.7±0.6	13.7±0.7	19.6±0.4	31.1±0.8

数値は、平均値±標準誤差を示す。調査株数は20株ずつであった。bT3-2、bT4-2およびbT4-3については、表2-4脚注参照。平均は、bT3-2、bT4-2およびbT4-3の平均値を示し、平均2は、表2-6に示したbT2、bT3、bT4およびbT5を含む。出穂時期、到穂日数および出穂から収穫までの日数については、表2-4脚注参照。

**表2-8** 高位分げつが出現した分げつと出現しなかった分げつの収量関連形質の比較

分げつ の種類	苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	穂数 (本/株)	1穂粒数 (粒/穂)	粒着密度 (粒/cm)	1穂玄米重 (g/穂)	玄米 千粒重 (g/1000粒)	登熟歩合 (%)
高位分げつが 出現した分げつ	50	4.3	125.6±2.7	6.3±0.1	2.21±0.05	21.8±0.2	81.1±1.1
	100	5.3	108.8±3.0	5.7±0.1	1.92±0.06	22.1±0.3	80.0±1.4
高位分げつが 出現しなかった分げつ	50	8.9	88.4±2.2	4.9±0.1	1.48±0.05	22.0±0.3	75.0±1.3
	100	5.7	84.2±2.0	4.6±0.1	1.47±0.04	22.4±0.3	78.1±1.7
高位分げつが 出現した分げつ			117.2	6.0	2.06	22.0	80.6
高位分げつが 出現しなかった分げつ			86.3	4.8	1.48	22.2	76.6
50本			107.0	5.6	1.84	21.9	78.0
100本			96.5	5.1	1.70	22.3	79.1
分げつの種類			***	***	***	n. s.	**
苗立ち密度			***	***	**	n. s.	n. s.
交互作用			*	n. s.	**	n. s.	n. s.

数値は、平均値±標準誤差を示す。調査株数は20株ずつであった。粒着密度は、1穂粒数を穂長で除して算出した。1穂玄米重は、粒厚1.8mm以上の玄米重を示す。登熟歩合は、1穂粒数に対する粒厚1.8mm以上の1穂玄米数の割合を示す。\*、\*\*、\*\*\*はそれぞれ5%、1%および0.1%水準で有意差があることを示し、n. s.は有意差がないことを示す。登熟歩合は、逆正弦変換した値を有意差検定した。

**表2-9** 2枚以上の葉を持つ高位分げつが出現した分げつ(母茎)の収量関連形質

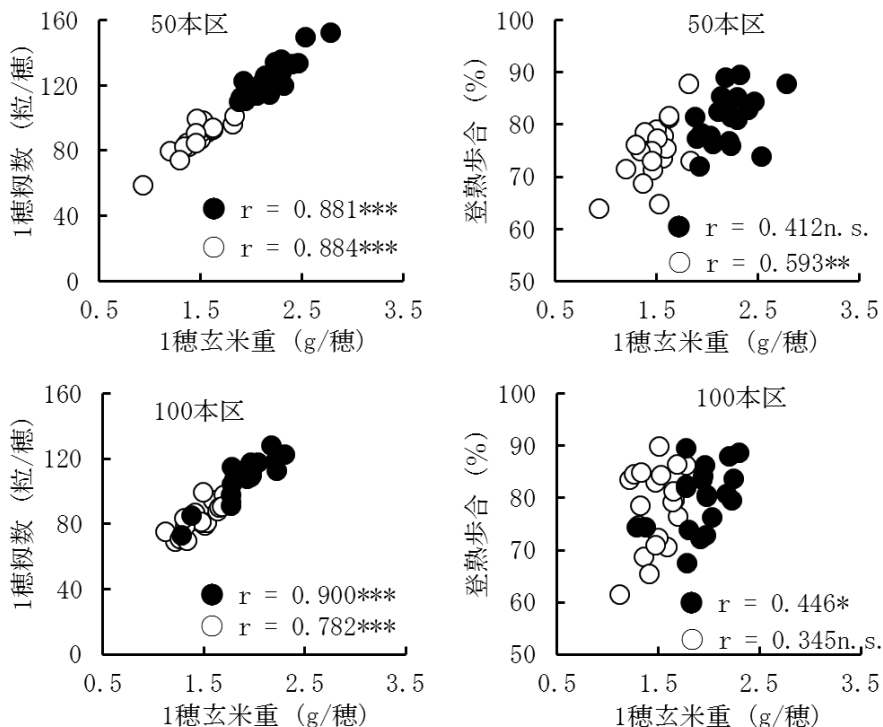
苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	母茎 の種類	出現した 株数 (株/20株)	母茎数 (本/20株)	1穂粒数 (粒/穂)	粒着密度 (粒/cm)	1穂玄米重 (g/穂)	玄米 千粒重 (g/1000粒)	登熟歩合 (%)
50	bT3-2	13	19	116.7±4.3	5.8±0.2	2.07±0.08	22.3±0.3	80.5±2.0
	bT4-2	17	29	130.1±2.8	6.7±0.1	2.22±0.06	21.7±0.2	78.9±1.3
	bT4-3	19	41	121.3±2.5	6.1±0.1	2.14±0.05	21.9±0.2	81.0±1.1
100	bT3-2	18	54	102.8±2.1	5.3±0.1	1.83±0.04	22.4±0.2	79.6±1.0
	bT4-2	16	39	119.7±2.5	6.3±0.1	2.00±0.05	21.7±0.2	77.2±1.1
	bT4-3	10	14	112.4±4.7	5.8±0.2	2.06±0.10	21.5±0.2	84.9±1.4
50本			122.5	6.2	2.14	21.8	80.4	
100本			109.7	5.7	1.92	22.1	79.5	
	bT3-2			106.4	15.0	1.89	22.4	79.8
	bT4-2			124.2	14.7	2.09	21.7	77.9
	bT4-3			119.0	14.8	2.12	21.8	82.0
	bT3			106.4	5.4	1.89	22.4	79.8
	bT4			119.0	6.0	2.12	21.8	82.0
	葉数2枚			115.0	5.9	1.99	22.0	78.9
	葉数3枚			119.0	6.0	2.12	21.8	82.0

数値は、平均値±標準誤差を示す。調査株数は20株ずつであった。母茎は、高位分げつが出現した分げつを示す。bT3-2は2枚の葉を持つbT3が出現した分げつを、bT4-2は2枚の葉を持つbT4が出現した分げつを、bT4-3は3枚の葉を持つbT4が出現した分げつを示す。粒着密度、1穂玄米重、登熟歩合については表2-8脚注参照。

**表2-10** 2枚以上の葉を持つ高位分げつの収量関連形質

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	高位 分げつ の種類	出現した 株数 (株/20株)	高位 分げつ数 (本/20株)	1穂粒数 (粒/穂)	粒着密度 (粒/cm)	1穂玄米数 (粒/穂)	1穂玄米重 (g/穂)	玄米 千粒重 (g/1000粒)	登熟歩合 (%)
50	bT3-2	13	19	49.1±1.9	3.3±0.1	30.7±1.9	0.60±0.04	19.5±0.3	61.6±2.2
	bT4-2	17	29	53.0±1.7	3.4±0.1	36.8±2.5	0.76±0.05	20.6±0.4	68.7±3.7
	bT4-3	19	41	53.6±1.9	3.8±0.1	32.8±2.2	0.69±0.05	20.6±0.4	59.0±3.0
100	bT3-2	18	54	39.0±1.7	2.8±0.1	18.8±1.6	0.38±0.03	19.1±0.2	44.3±3.0
	bT4-2	16	39	47.4±2.1	3.1±0.1	29.1±2.4	0.61±0.05	19.6±0.3	58.9±4.0
	bT4-3	10	14	49.4±3.0	3.5±0.2	26.9±3.8	0.52±0.08	20.0±0.4	47.5±7.0
50本				52.4	3.6	33.7	0.69	20.1	62.7
100本				43.4	3.0	23.8	0.49	19.2	50.5
	bT3-2			41.7	2.9	22.6	0.44	19.2	49.6
	bT4-2			49.9	3.3	32.5	0.68	19.5	63.2
	bT4-3			52.5	3.7	30.8	0.66	20.4	56.1
	bT3			41.7	2.9	22.6	0.44	19.2	49.6
	bT4			51.1	3.5	31.7	0.67	19.9	60.0
	葉数2枚			45.6	3.1	27.4	0.56	19.3	56.2
	葉数3枚			52.5	3.7	30.8	0.66	20.4	56.1

数値は、平均値±標準誤差を示す。調査株数は20株ずつであった。bT3-2は2枚の葉を持つbT3を、bT4-2は2枚の葉を持つbT4を、bT4-3は3枚の葉を持つbT4を示す。粒着密度、1穂玄米重および登熟歩合については、表2-8脚注参照。1穂玄米数は粒厚1.8mm以上の玄米数を示す。



**図2-4** 1穂玄米重と1穂粒数および登熟歩合との関係。

●：高位分げつが出現した分げつ

○：高位分げつが出現しなかった分げつ

\*, \*\*および\*\*\*はそれぞれ5%, 1%および0.1%水準で有意であることを示し, n. s. は有意でないことを示す。

### 第3章 苗立ち密度の相違が点播直播水稻の高位分けつ出現に及ぼす影響

第2章において、単位面積当たりの有効茎数が少ないと高位分けつが出現しやすいこと、高位分けつの出現には播種様式間差が認められること、高位分けつの出現数は点播および条播で多く散播で少ないことなどが明らかとなった。しかし、苗立ち密度と高位分けつ出現との関係は明らかになっておらず検討の必要がある。直播栽培では、苗立ち密度は単位面積当たりの茎数や穂数、ひいては収量に多大な影響を与えることが知られている<sup>29)</sup>。ところで、点播栽培は、散播栽培や条播栽培に比べ、同じ苗立ち密度内において、1株苗立ち数(播種量)と株密度(株間)を容易に変更することが可能である<sup>30)</sup>。また、1株苗立ち数や株密度が変わると株内競合および株間競合が変化すると報告されている<sup>9,10)</sup>。これらのことから、点播の播種条件が変わることによって、1株苗立ち数や株間距離が変わり、高位分けつの出現にも影響を及ぼすことが考えられる。そこで本章では、低苗立ち密度と適正苗立ち密度に、それぞれ1株苗立ち数および株密度の異なる区を設け、単位面積当たりの苗立ち密度の相違が高位分けつ出現に及ぼす影響について検討した。

#### 材料と方法

本試験は、2012年に、東京農業大学厚木キャンパス(神奈川県厚木市)のコンクリート枠水田(400cm×200cm)において、水稻キヌヒカリ(*Oryza sativa* L. cv. Kinuhikari)を供試し行った。本試験は、出芽不揃いによる1株苗立ち数のバラツキの発生を避けるため、点播直播を想定した移植栽培とし、1区1水田として反復は設けなかった。播種は、4月29日に密播による分けつ抑制を防ぐため、播種密度を乾籾重20g/箱(60cm×30cm×3cm)で行った。種籾は、播種した4月29日から約30°C48時間を出芽させ、5月3日までガラス室で、その後は自然温度下で管理、育苗した。5月16日の代播の前に基肥を施肥した。窒素には肥効調節型肥料LPコート100(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=40:0:0)を、リン酸には過リン酸石灰を、カリウムには塩加カリウムを用い、それぞれ分量で6.0g、14.0gおよび10.0g/m<sup>2</sup>を施用した。移植は、5月18日に植え付け深度1.0cmで行った。なお、点播とするため直径5cmの円周上に均等な間隔で移植した。移植時の苗の平均葉齢は3.7であった。移植後、苗が活着した5月22日に、全区に硫安を窒素分量で1.0g/m<sup>2</sup>施用し、5月30日に雑草防除のためトップガンGT1キロ粒剤51(クマイ化学工業株式会社製)を1.0g/m<sup>2</sup>散布した。試験区は、低苗立ち密度を想定し

た50本区(50本/㎡)および適正な苗立ち密度を想定した100本区(100本/㎡)を設け、それらに1株苗立ち数および株密度の異なる区を設けた。すなわち1株苗立ち数を3本とした50-3区(条間24cm×株間24cm:17.4株/㎡), 6本とした50-6区(同34cm×同34cm:8.7株/㎡), 1株苗立ち数を3本とした100-3区(同17cm×同17cm:34.6株/㎡)および6本とした100-6区(同24cm×同24cm:17.4株/㎡)の計4区を設けた。

全ての調査は、全区外周部の株を除き生育が中庸な20株を選んで行った。主稈および不伸長茎部から出現した分けつを通常分けつ(高位分けつ以外の分けつ)とし、通常分けつの最高茎数、有効茎数および無効茎数を調査した。また、50-3区と50-6区は出穂27日前、20日前および出穂13日前に、100-3区は出穂26日前、19日前および出穂12日前に、100-6区は出穂26日前、21日前および出穂13日前に、葉色値(SPAD値)を測定した。収穫後、1穂ごとに高位分けつの調査を行った。高位分けつの調査は、収穫時に、母茎(高位分けつが出現した通常分けつ)の葉鞘から高位分けつの葉身が出現したものを高位分けつⅠとし、収穫時に、通常分けつの葉鞘に内包されており、目視で葉身と葉鞘が判別できる状態のものを高位分けつⅡとし、高位分けつⅠの出現数、高位分けつⅡの保有数および幼穂の有無を調査した。本論文では、母茎の葉鞘から高位分けつの葉身が抽出した時点で高位分けつの出現としているため、通常分けつの葉鞘に内包されている高位分けつⅡは「出現」と表現せず、「保有」と表現した。高位分けつの表記は、第2章第1節と同様に後藤・星川の方法<sup>9)</sup>に従った。本試験では、第6節間までが伸長節間であったため、bT6までを高位分けつとした。

## 結果

### 1) 主稈総葉数、通常分けつ数および葉色値の推移

表3-1に、葉齢、通常分けつ(高位分けつ以外の分けつ)の茎数および葉色値(SPAD値)の推移を示した。主稈総葉数は試験区で異なり50-3区は18株が13枚で2株が14枚、50-6区は1株が12枚、18株が13枚および1株が14枚であった。また100-3区は6株が12枚で14株が13枚、100-6区は11株が12枚、9株が13枚となり、50本区の方が主稈総葉数は多い傾向が見られた。通常分けつは全区とも5月26日から増加し、50-3区、50-6区、100-3区および100-6区はそれぞれ葉齢9.8(5月26日から35日間)、同10.6(同42日間)、同8.8(同26日間)および同9.2(同35日間)まで継続し、最高分けつ期に至ったが、100本区の方が通常分けつの増加期間は短い傾向が見られた。葉色値は、全区5月26日の時点では32.0~33.6であったが、最高分けつ期(50-3区は6月30日、50-

6区は7月7日、100-3区は6月21日、100-6区は6月30日)には、50-3区は38.3、50-6区は39.9、100-3区は36.7および100-6区は36.3となり、50本区の方が葉色値が高い傾向が見られた。また、7月29日の葉色値は最高分けつ期の葉色値と比べ、50-3区、50-6区、100-3区および100-6区で2.4~4.1低くなったが、50本区の方が葉色値が高く、同じ苗立ち密度内では6本区の方が葉色値が高かった。

## 2) 通常分けつ(高位分けつ以外の分けつ)の最高茎数、有効茎数および無効茎数

表3-2に、通常分けつの最高茎数、有効茎数および無効茎数を示した。最高茎数および有効茎数は苗立ち密度間で0.1%水準の有意差が認められ、株当たりおよび個体当たりの最高茎数は50本区の方が有意に多くそれぞれ22.5本/株および5.0本/個体であったが、単位面積当たりの最高茎数は100本区の方が有意に多く392.3本/㎡であった。また、株当たりと個体当たりの有効茎数は50本区の方が有意に多くそれぞれ18.8本/株および4.2本/個体で、単位面積当たりの有効茎数は288.3本/㎡であり100本区の方が有意に多かった。この結果、個体当たりおよび単位面積当たりの無効茎数はそれぞれ1.0本/個体と104.0本/㎡であり100本区の方が有意に多くなった。また1株苗立ち数間でも有意差が認められ、最高茎数、有効茎数および無効茎数のいずれにおいても株当たりの茎数は6本区が有意に多く、個体当たりおよび単位面積当たりの有効茎数は3本区の方が有意に多かった。

## 3) 高位分けつⅠの出現数と高位分けつⅡの保有数

表3-3に、高位分けつⅠの出現数および高位分けつⅡの保有数を示した。1株から1本以上の高位分けつⅠが出現した株は50本区の方が多い傾向が見られ50-3区は19株、50-6区は20株全てであり、100-3区および100-6区はそれぞれ12株および16株であった。高位分けつⅠの出現数は苗立ち密度間で0.1%および5%水準で有意差が認められ、株当たり、個体当たりおよび単位面積当たりの高位分けつⅠの出現数は50本区の方が有意に多く、それぞれ6.8本/株、1.5本/個体および79.4本/㎡であり、100本区はそれぞれ2.2本/株、0.5本/個体および50.3本/㎡であった。一方、1株苗立ち数間では、株当たりの高位分けつⅠの出現数のみ0.1%水準で有意差が認められ、個体当たりおよび単位面積当たりの高位分けつⅠの出現数では有意差は認められなかった。高位分けつⅡが1本以上保有されていた株は、50-3区では16株、50-6区では20株全てであり、



100-3区および100-6区はそれぞれ14株および12株であった。高位分けつⅡの保有数は、苗立ち密度間では、株当たりおよび個体当たりの保有数が、それぞれ4.3本/株および0.9本/個体と50本区の方が有意に多くなっていたが、単位面積当たりの高位分けつⅡの保有数では有意な差は見られなかった。1株苗立ち数間では、株当たりの高位分けつⅡの保有数のみ0.1%水準で有意差が認められ、100本区の方が有意に多かったが、個体当たりおよび単位面積当たりの高位分けつⅡの保有数では有意な差は見られなかった。高位分けつⅠと高位分けつⅡの合計数は、苗立ち密度間で0.1%および5%水準で有意差が認められ、株当たり、個体当たりおよび単位面積当たりのいずれの項目においても50本区の方が有意に多かった。1株苗立ち数間では、株当たりの合計数のみ0.1%水準で有意差が認められ100本区の方が有意に多かったが、個体当たりおよび単位面積当たりの合計数では有意差は認められなかった。

#### 4) 高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの保有率

表3-4に、高位分けつⅠの出現率(有効茎数に対する高位分けつⅠの出現数の割合)および高位分けつⅡの保有率(有効茎数に対する高位分けつⅡの保有数の割合)を示した。高位分けつⅠの出現率は苗立ち密度間で0.1%水準で有意差が認められ、50本区の方が100本区より有意に高かった。高位分けつⅡの保有率では、苗立ち密度間の差は見られなかった。また、1株苗立ち数間では高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの保有率に有意な差は見られなかった。高位分けつⅠと高位分けつⅡの合計(有効茎数に対する高位分けつⅠと高位分けつⅡの合計数の割合)は、苗立ち密度間に0.1%水準で有意差が認められ、50本区の方が有意に高くなったが、1株苗立ち数間では有意差が認められなかった。

#### 5) 節位別に見た高位分けつⅠの出現数と出現率および高位分けつⅡの保有数と保有率

高位分けつⅠの出現数と出現率および高位分けつⅡの保有数と保有率を節位別に分けて表3-5に示した。高位分けつⅠはbT4、bT5およびbT6であり、いずれの区も殆どがbT5であった(76~93%)。いずれの区も、bT2およびbT3は出現は見られなかった。高位分けつⅡは、bT2、bT3、bT4、bT5およびbT6が確認され、50-3区を除いた区でbT5の保有率が最も高かった(26~66%)。bT2およびbT3の保有率はそれぞれ23~34%と2~18%の範囲であった。bT4は保有率が0~29%の範囲で、50-3区および50-6区のbT4の保有率が高い傾向が見られ

た(12~29%)。なお、高位分げつ I および高位分げつ II のいずれもbT1は確認されなかった。なお本試験では、高位分げつ I および高位分げつ II のいずれも出穂に至らず、葉鞘内に幼穂が目視で確認できたものはなかった。

#### 6) 通常分げつ数と高位分げつ I の出現率および高位分げつ II の保有率との関係

図3-1に、通常分げつの単位面積当たりの最高茎数、有効茎数および無効茎数のそれぞれの形質と高位分げつ I の出現率および高位分げつ II の保有率との関係を示した。高位分げつ I の出現率とそれぞれの形質の相関は、最高茎数とでは $r=-0.905$ 、有効茎数とでは $r=-0.926$ および無効茎数とでは $r=-0.929$ であり、いずれも有意な相関ではないが、通常分げつ数が少ないほど高位分げつ I の出現率は高い傾向が見られた。高位分げつ II の保有率とそれぞれの形質の相関は、最高茎数とでは $r=-0.396$ 、有効茎数とでは $r=-0.401$ および無効茎数とでは $r=-0.390$ であり、通常分げつ数が少ないほど高位分げつ II の保有率が高い傾向が見られた。また、高位分げつ I と高位分げつ II の合計とそれぞれの形質の相関も同様の傾向が見られ、最高茎数とでは $r=-0.816$ 、有効茎数とでは $r=-0.834$ および無効茎数とでは $r=-0.795$ であり、通常分げつ数が少ないほど高い傾向が見られた。

#### 7) 通常分げつの出穂前の葉色値と高位分げつ I の出現率および高位分げつ II の保有率との関係

図3-2に、通常分げつの出穂前の葉色値(SPAD値)と高位分げつ I の出現率および高位分げつ II の保有率との関係を示した。出穂前の葉色値が高いほど高位分げつ I の出現率は高い傾向が見られ、両者の間の相関は、出穂27~26日前とでは $r=0.833$ 、出穂21~19日前とでは $r=0.858$ および出穂13~12日前とでは $r=0.815$ であった。高位分げつ II の保有率と出穂前の葉色値との関係も同様に、出穂27~26日前の葉色値とでは $r=0.919$ 、出穂21~19日前とでは $r=0.861$ および出穂13~12日前とでは $r=0.934$ であり、出穂前の葉色値が高いほど高位分げつ II の保有率は高かった。高位分げつ I の出現率と高位分げつ II の保有率の合計と出穂前の葉色値との関係は、いずれの時期も5%水準で正の相関が認められ、出穂27~26日前とでは $r=0.965$ 、出穂21~19日前とでは $r=0.961$ および出穂13~12日前とでは $r=0.957$ であった。

## 8) 通常分けつ数と通常分けつの出穂前の葉色値との関係

図3-3に示したように、通常分けつの単位面積当たりの最高茎数、有効茎数および無効茎数と通常分けつの出穂27～26日前、出穂21～19日前および出穂13～12日前の葉色値の関係を見ると、いずれの時期も最高茎数、有効茎数および無効茎数が少ないほど葉色値は高い傾向が見られた。

### 考察

本試験では、苗立ち密度によって通常分けつ数の増加速度が異なった。通常分けつは、全区で5月26日から増加したが、5月18日から6月21日までの単位面積当たりの通常分けつ数の増加速度(本/㎡/7日)は、100本区の方が41.7～75.9で50本区より大きく、最高分けつ期も100本区の方が早かった(表3-1)。また、生育期間を通じて100本区の方が50本区より葉色値が低い傾向が見られた。苗立ち密度と生育の関係において、苗立ち密度が高いほど最高分けつ期は早まる<sup>2)</sup>。また、佐々木ら<sup>4)</sup>は、苗立ち密度が高い群落ほど生育初期の生育量は多くなるので、土壌中のアンモニア態窒素含量は早期に急減し、その結果稲体の窒素含有率も早期に低下すると推察している。水稻の茎数増加には一定の窒素条件(あるいは全窒素含有率)が必要であり、窒素の吸収速度によって規定されると報告されている<sup>15)</sup>。また、葉色は窒素濃度によって影響され<sup>24)</sup>、水稻の葉緑素計値(SPAD値)と全葉身窒素濃度の関係は極めて密接である<sup>27)</sup>。このことから、個体数の多い100本区は初期の生育量が旺盛で茎数が増加したが、窒素吸収量が減少したため最高分けつ期が早く、個体数が少ない50本区は茎数増加が緩やかであるため、窒素吸収量が減少しなかったと考えられる。

高苗立ち密度では、生育初期の単位面積当たりの茎数増加が著しいが有効茎歩合が低く、低苗立ち密度では単位面積当たりの分けつ数は少ないが有効茎歩合が高くなり<sup>23)</sup>、また、高苗立ち密度では穂数が多く、低苗立ち密度では穂数が少ないことが明らかになっている<sup>57)</sup>。本試験も、単位面積当たりの最高茎数および有効茎数は、苗立ち密度間では100本区の方が50本区より有意に多かった(表3-2)。また50-3区および50-6区は、株当たりの最高茎数、有効茎数および無効茎数に差が見られたが、個体当たりおよび単位面積当たりの最高茎数および有効茎数では差が見られなかった。一方、100-3区および100-6区は、株当たり、個体当たりおよび単位面積当たりの最高茎数および有効茎数に差異が見られ、100-6区の方が100-3区より通常分けつ数が少なかった(表3-2)。吉永<sup>62)</sup>は、点播水稻における生育に対する播種条件(苗立ち数(本試験の苗

立ち密度), 点播形状, 株間)の影響は, 苗立ち密度>点播形状>株間の順に大きいことを明らかにしている. また, 株内および株間の競合について, 石井ら<sup>10)</sup>は, 株内競合は1株植え付け数(本試験の1株苗立ち数)の増加とともに大きくなり, 株間競合は主に株間距離によって決まり, 株間距離が狭くなることや, 隣接する株の植え付け数が多くなることで大きくなるとして, 個体群内の個体生長は, 株間距離が24cm以下では主に株間競合により, また36cm以上では主に株内競合によって規制されると報告している. これらのことから, 株間24cmの50-3区では株間競合が, 株間34cmの50-6区では株内競合がそれぞれ生じていたが, 苗立ち密度が低かったため, 競合が大きくなり, その結果, 通常分けつ数に差が見られなかったと考えられる. また, 株間24cmおよび1株苗立ち数6本の100-6区では, 株間競合と株内競合ともに生じていたため, 100-3区より通常分けつ数が少なくなったと考えられる.

本試験では, 全区で高位分けつⅠの出現と高位分けつⅡの保有が確認されたが, 苗立ち密度間で差が見られ, 高位分けつⅠの出現株数および高位分けつⅡの保有株数は50本区の方が多く, 出現数および保有数も50本区の方が100本区より有意に多かった(表3-3). また, 100本区では, 100-6区の方が100-3区より高位分けつⅠの出現数が多い傾向が見られた. 1株苗立ち数間では, 株当たりの高位分けつⅠの出現数, 高位分けつⅡの保有数および高位分けつⅠと高位分けつⅡの合計数は6本区の方が多かったが, 個体当たりおよび単位面積当たりでは有意差は認められなかった(表3-3). 高位分けつの生長には, 母茎の茎葉中の窒素やデンプンが豊富である必要があり<sup>4)</sup>, 名越ら<sup>5,20)</sup>は, 単位面積当たりの有効茎が少ない状態で養分環境が高められたこと, 最高分けつ数と有効茎が少なくなり分けつ1本当たりの窒素や炭水化物の配分量が多くなったためとしている. これらのことから, 全区とも通常分けつの出現が少なく, 単位面積当たりの最高茎数, 有効茎数および無効茎数が少なかったため有効茎1本当たりの窒素やデンプンの蓄積量が多くなり養分供給に余裕が生じたため, 高位分けつが出現し, 最高茎数および有効茎数が少ない50本区で高位分けつの出現数が多くなったと考えられる.

高位分けつⅠの出現率は, 通常分けつの単位面積当たりの最高茎数, 有効茎数および無効茎数が少ないほど高く(図3-1), 高位分けつⅡの保有率も同様の傾向が見られた(図3-1). また, 高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの保有率は, 出穂前の葉色値が高いほど高い傾向が見られた(図3-2). さらに, 最高茎数, 有効茎数および無効茎数が少ないほど出穂前の葉色値は高い傾向が見られた(図3-3). 中田<sup>28)</sup>は, 密植

では、個体数が多いため初期の急激な葉面積の増大によって物質生産を高めるが、最高分げつ期以降は葉量増大による相対照度の低下と葉身窒素濃度の低下によって、物質生産が十分行えない葉身が多くなること、また、疎植は葉身の量的増大の不足を高い相対照度と葉身窒素濃度で補うと報告している。また、葉身の窒素濃度と光合成速度との間には正の相関が認められ<sup>1)</sup>、葉身の窒素濃度の低下は光合成能力の低下を招き、分げつ芽への同化産物供給に影響を及ぼすことが考えられる。これらのことから、個体数の多い100本区は最高茎数および有効茎数が多いため、葉身の窒素濃度の低下とそれに伴う光合成能力の低下によって有効茎の窒素や同化産物蓄積量に余裕が生じなかったため、高位分げつの出現数が少なくなり、一方、個体数の少ない50本区は最高茎数および有効茎数が少なく、有効茎1本当たりの窒素や同化産物の蓄積量が多くなり、高位分げつ数が多くなったと考えられる。

以上のことから、適正な苗立ち密度では、単位面積当たりの通常分げつ数が多くなり、有効茎1本当たりの窒素や同化産物の蓄積量が少なくなるため、高位分げつの出現数が少なくなる。しかし、低苗立ち密度では、茎数増加が少ないため単位面積当たりの有効茎数が少なく、有効茎1本当たりの窒素濃度が高くなり、光合成能力も高まることで、養分に余裕が生じ、高位分げつの出現が多くなることが考えられた。また、低苗立ち密度では、1株苗立ち数および株間の差異が高位分げつの出現に及ぼす影響は見られなかった。しかし、適正な苗立ち密度では、1株苗立ち数が多く株密度が低い場合に、単位面積当たりの有効茎数が少なくなり、高位分げつの出現数が多い傾向が見られた。

表3-1 葉齢、茎数および葉色値の推移

項目	試験区	5/18	5/26	6/2	6/7	6/15	6/21	6/30	7/7	7/14	7/21	7/29	分けつ数 増加速度 (本/m <sup>2</sup> /7日)
葉齢	50-3	3.7	5.2	6.5	7.2	8.2	8.9	9.8	10.5	11.3	12.1	13.1	-
	50-6	3.7	5.3	6.5	7.3	8.2	9.0	9.8	10.6	11.4	12.1	13.0	-
	100-3	3.7	5.3	6.7	7.3	8.1	8.8	9.7	10.4	11.1	11.9	12.7	-
	100-6	3.7	5.2	6.4	7.0	7.8	8.5	9.2	9.9	10.7	11.5	12.5	-
茎数 (本/株)	50-3	3.0	6.2	7.5	9.3	13.2	14.6	<b>15.2</b>	14.9	14.7	14.0	12.9	2.4
	50-6	6.0	12.5	14.7	19.7	26.7	28.7	29.1	<b>29.8</b>	28.4	28.2	25.2	4.7
	100-3	3.0	5.3	7.9	10.5	13.0	<b>13.7</b>	13.4	13.3	12.2	10.9	9.8	2.2
	100-6	6.0	12.1	14.1	14.0	16.5	17.7	<b>18.0</b>	17.3	16.5	15.3	14.4	2.4
茎数 (本/個体)	50-3	1.0	2.1	2.5	3.1	4.4	4.9	<b>5.1</b>	5.0	4.9	4.7	4.3	0.8
	50-6	1.0	2.1	2.5	3.3	4.5	4.8	4.9	<b>5.0</b>	4.7	4.7	4.2	0.8
	100-3	1.0	1.8	2.6	3.5	4.3	<b>4.6</b>	4.5	4.4	4.1	3.6	3.3	0.7
	100-6	1.0	2.0	2.4	2.3	2.8	2.9	<b>3.0</b>	2.9	2.7	2.5	2.4	0.4
茎数 (本/m <sup>2</sup> )	50-3	52.2	107.0	130.5	161.8	228.8	253.2	<b>263.6</b>	259.3	254.9	242.7	224.5	41.4
	50-6	52.2	108.8	127.9	171.4	232.3	249.3	253.2	<b>258.8</b>	247.1	245.3	219.2	40.6
	100-3	103.8	181.7	273.3	361.6	449.8	<b>472.3</b>	461.9	460.2	420.4	375.8	337.4	75.9
	100-6	104.4	209.7	245.3	243.6	287.1	307.1	<b>312.3</b>	300.2	286.2	265.4	249.7	41.7
葉色値 (SPAD値)	50-3	-	33.3	33.1	37.9	38.8	39.5	38.3	37.1	33.8	35.0	35.5	-
	50-6	-	33.6	36.5	39.5	40.3	41.1	40.9	39.9	36.1	37.3	37.4	-
	100-3	-	32.4	35.5	38.6	37.2	36.7	36.2	35.0	31.6	33.4	32.6	-
	100-6	-	32.0	32.6	36.2	36.9	36.3	36.3	35.4	32.8	33.5	34.0	-

調査株数は、全試験区20株であった。太文字ゴシックの茎数は、最高分けつ数を示す。分けつ数増加速度は、各試験区の移植日の5月18日から6月21日(34日間)までの値を示す。

**表3-2** 単位面積当たりの苗立ち密度および1株苗立ち数が通常分げつ数に及ぼす影響

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	1株 苗立ち数			最高茎数			有効茎数			無効茎数		
	株当たり (本/株)	個体当たり (本/個体)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )	株当たり (本/株)	個体当たり (本/個体)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )	株当たり (本/株)	個体当たり (本/個体)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )	株当たり (本/株)	個体当たり (本/個体)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )
50	15.2±0.4	5.1±0.2	263.6±7.7	12.5±0.4	4.2±0.4	217.5±7.6	2.7±0.4	0.9±0.1	46.1±6.8			
50	29.8±0.6	5.0±0.1	258.8±4.9	25.2±0.7	4.2±0.1	218.8±5.7	4.6±0.4	0.8±0.1	40.0±3.8			
100	13.7±0.4	4.6±0.1	472.3±14.7	9.5±0.3	3.2±0.1	327.0±11.1	4.2±0.3	1.4±0.1	145.3±9.6			
100	18.0±0.5	3.0±0.1	312.3±8.6	14.4±0.4	2.4±0.1	249.7±6.1	3.6±0.4	0.6±0.1	62.6±7.5			
50本	22.5	5.0	261.2	18.8	4.2	218.2	3.6	0.8	43.1			
100本	15.8	3.8	392.3	11.9	2.8	288.3	3.9	1.0	104.0			
3本	14.4	4.8	368.0	11.0	3.7	272.2	3.4	1.1	95.7			
6本	23.9	4.0	285.6	19.8	3.3	234.2	4.1	0.7	51.3			
苗立ち密度	***	***	***	***	***	***	n. s.	n. s.	***			
苗立ち数	***	***	***	***	**	***	n. s.	***	***			
交互作用	***	***	***	***	***	***	**	***	***			

数値は、平均値±標準誤差を示す。調査株数は、全試験区20株であった。\*\*\*および\*\*はそれぞれ1%および0.1%水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。

表3-3 高位分げつ I の出現数および高位分げつ II の保有数

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	1株 苗立ち数 (本/株)	高位分げつ I			高位分げつ II			高位分げつ I と 高位分げつ II の合計数				
		出現株数		出現数 個体当たり (本/個体)	保有株数		保有数 個体当たり (本/個体)	株当たり		株当たり 個体当たり (本/株)	m <sup>2</sup> 当たり	
		(株/全株)	(株/全株)		(株/全株)	(株/全株)		(本/m <sup>2</sup> )	(本/m <sup>2</sup> )		(本/m <sup>2</sup> )	(本/m <sup>2</sup> )
50	3	4.6±0.7	1.5±0.2	80.0±12.2	16	1.9±0.4	0.6±0.1	33.1±6.9	6.5±0.9	2.2±0.3	113.1±15.7	
50	6	9.1±1.0	1.5±0.2	78.7±9.1	20	6.6±0.9	1.1±0.1	57.4±7.5	15.7±1.4	2.6±0.2	136.2±11.9	
100	3	1.4±0.4	0.5±0.1	46.7±13.6	14	1.5±0.3	0.5±0.1	50.2±11.1	2.8±0.6	0.9±0.2	96.9±20.5	
100	6	3.1±0.6	0.5±0.1	53.9±9.9	12	1.9±0.6	0.3±0.1	33.1±10.9	5.0±0.9	0.8±0.2	87.0±15.8	
50本		6.8	1.5	79.4		4.3	0.9	45.2	11.1	2.4	124.6	
100本		2.2	0.5	50.3		1.7	0.4	41.6	3.9	0.9	91.9	
3本		3.0	1.0	63.4		1.7	0.6	41.6	4.7	1.6	105.0	
6本		6.1	1.0	66.3		4.3	0.7	45.2	10.3	1.7	111.6	
苗立ち密度		***	***	*		***	***	n. s.	***	***	*	
苗立ち数		***	n. s.	n. s.		***	n. s.	n. s.	***	n. s.	n. s.	
交互作用		n. s.	n. s.	n. s.		***	*	*	***	n. s.	n. s.	

数値は、平均値±標準誤差を示す。調査株数は、全試験区20株であった。高位分げつ I は、母茎の葉鞘から高位分げつ I の葉身が出現したものを示し、高位分げつ II は、母茎の葉鞘に内包され、目視で葉身と葉鞘が判別できる状態のものとした。高位分げつ I の出現株数は、1本以上高位分げつ I が出現した株数を示し、高位分げつ II の保有株数は、1本以上高位分げつ II が保有されていた株数を示す。\*および\*\*\*はそれぞれ5%および0.1%水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。



**表3-4** 高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの保有率

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	1株 苗立ち数 (本/株)	高位 分けつⅠの 出現率(%)	高位 分けつⅡの 保有率(%)	高位分けつⅠと 高位分けつⅡの 合計(%)
50	3	37.3	15.0	52.2
50	6	36.5	26.1	62.6
100	3	13.4	15.0	28.4
100	6	21.2	12.6	33.7
50本		36.9	20.5	57.4
100本		17.3	13.8	31.0
3本		25.3	15.0	40.3
6本		28.8	19.3	48.2
苗立ち密度		***	n. s.	***
苗立ち数		n. s.	n. s.	n. s.
交互作用		n. s.	n. s.	n. s.

調査株数は、全試験区20株であった。高位分けつⅠおよび高位分けつⅡについては表3-3脚注参照。高位分けつⅠの出現率、高位分けつⅡの保有率および高位分けつⅠと高位分けつⅡの合計は、それぞれ有効茎数に対する高位分けつⅠの出現数、高位分けつⅡの保有数および高位分けつⅠと高位分けつⅡの合計数の割合を示す。\*\*\*は0.1%水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。

**表3-5** 節位別の高位分けつⅠの出現数および高位分けつⅡの保有数

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	1株 苗立ち数 (本/株)	高位分けつⅠの出現数 (本/20株)						高位分けつⅡの保有数 (本/20株)					
		出現節位						保有節位					
		bT2	bT3	bT4	bT5	bT6	合計	bT2	bT3	bT4	bT5	bT6	合計
50	3	0(0)	0(0)	4(4)	86(93)	2(2)	92	13(34)	4(11)	11(29)	10(26)	0(0)	38
50	6	0(0)	0(0)	14(8)	137(76)	30(17)	181	31(23)	3(2)	16(12)	75(57)	7(5)	132
100	3	0(0)	0(0)	4(15)	23(85)	0(0)	27	7(24)	1(3)	2(7)	19(66)	0(0)	29
100	6	0(0)	0(0)	2(3)	57(92)	3(5)	62	11(29)	7(18)	3(8)	16(42)	1(3)	38

括弧内の数値は、それぞれ高位分けつⅠの合計数に対する節位別の高位分けつⅡの数の割合である。出現節位および保有節位は、母茎の止葉節から出現した高位分けつⅠ、あるいは止葉節に保有されていた高位分けつⅡをbT1とし、基部に向かつてbT2, bT3, bT4, bT5およびbT6とした。本試験は、第6節間までが伸長基部であった。高位分けつⅠおよび高位分けつⅡについては表3-3  
脚注参照。

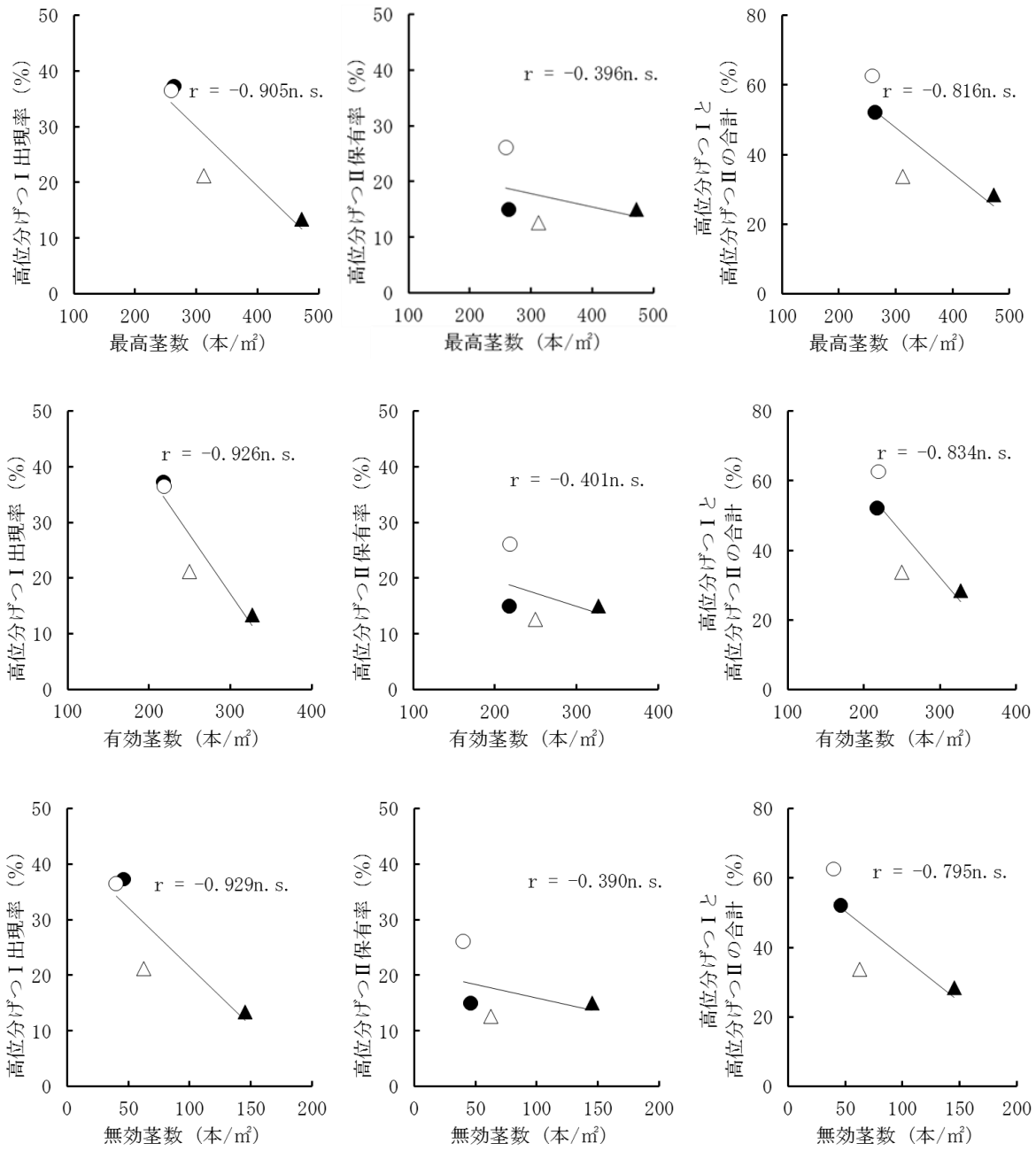
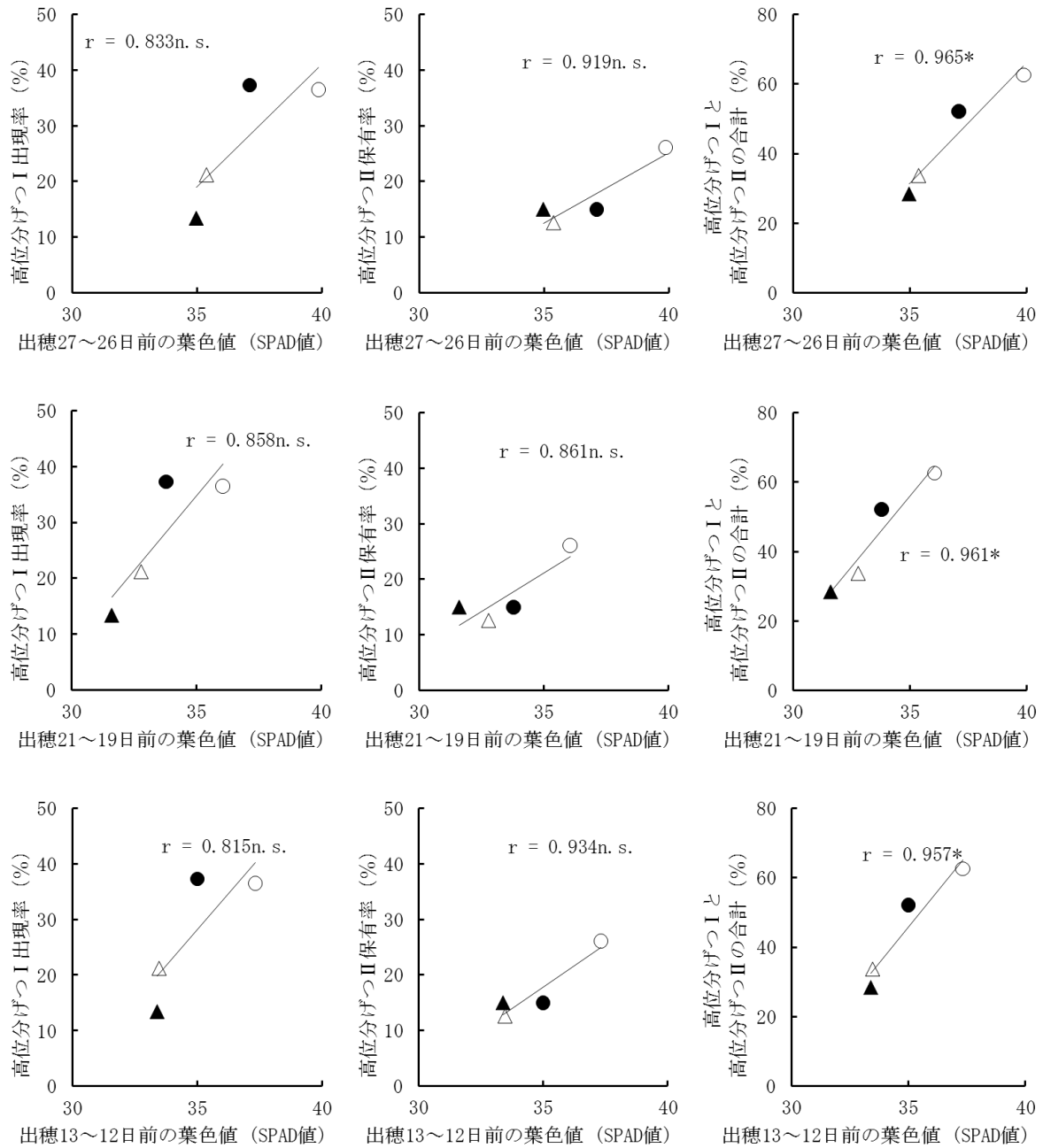


図3-1 最高茎数，有効茎数および無効茎数と高位分げつⅠの出現率および高位分げつⅡの保有率との関係  
 ● 50-3区 ○ 50-6区 ▲ 100-3区 △ 100-6区  
 n. s. は有意でないことを示す。



**図3-2** 出穂27～12日前の葉色値と高位分げつⅠの出現率および高位分げつⅡの保有率との関係  
 ● 50-3区 ○ 50-6区 ▲ 100-3区 △ 100-6区  
 葉色値の測定は、50-3区と50-6区は出穂27日前、20日前および出穂13日前に、100-3区は出穂26日前、19日前および出穂12日前に、100-6区は出穂26日前、21日前および出穂13日前に行った。\*は5%水準で有意であることを示し、n. s. は有意でないことを示す。

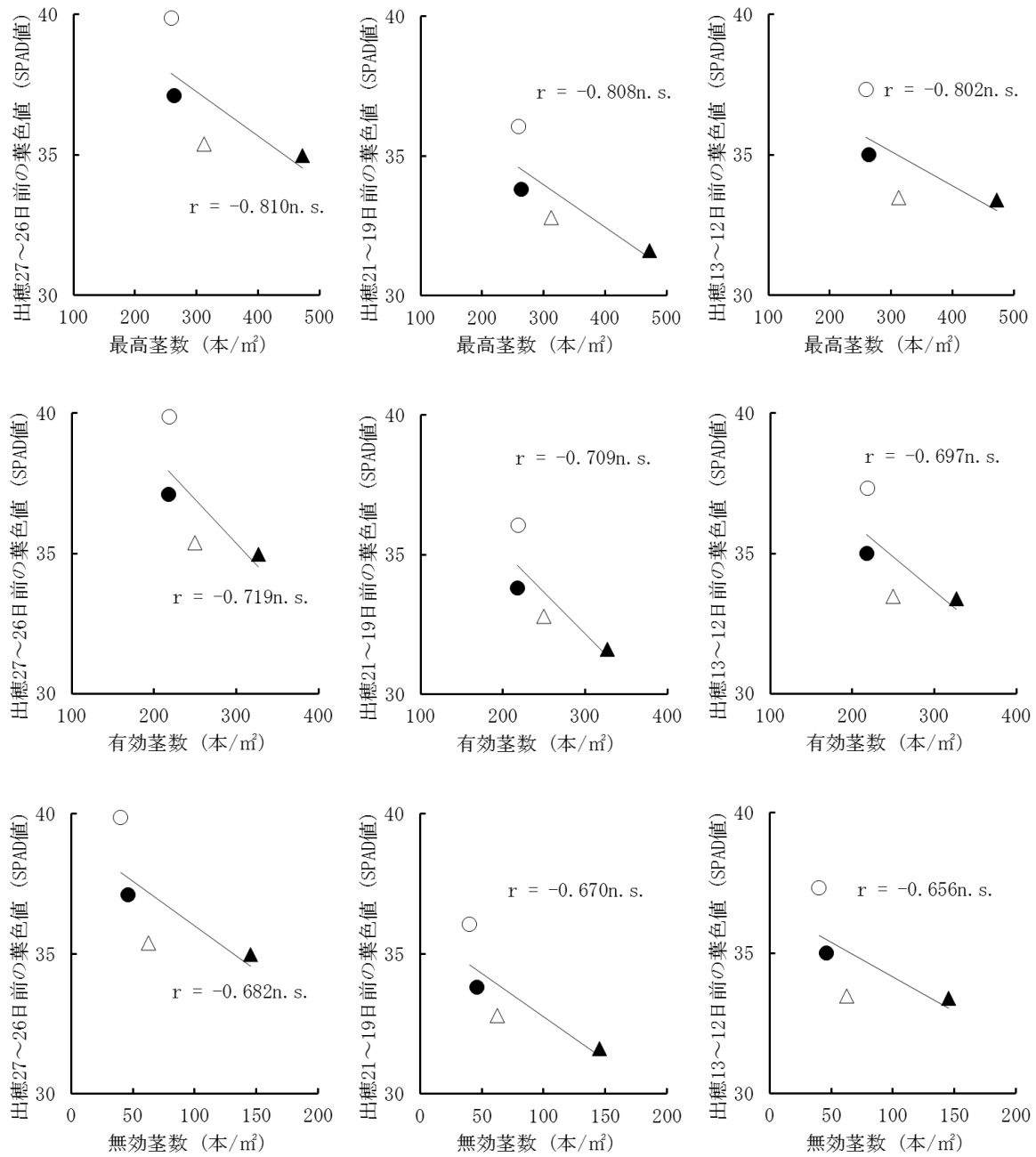


図3-3 最高茎数，有効茎数および無効茎数と出穂27～12日前の葉色値との関係

● 50-3区 ○ 50-6区 ▲ 100-3区 △ 100-6区

葉色値の測定日については，図3-2脚注参照．n. s. は有意でないことを示す．

## 第4章 深水処理による通常分げつの抑制時期と期間が 点播直播水稻の高位分げつ出現に及ぼす影響

第3章では、苗立ち密度と高位分げつ出現との関係を検討し、低苗立ち密度では、茎数増加が少ないため単位面積当たりの有効茎数が少なく、有効茎1本当たりの窒素や同化産物が豊富多くなり、高位分げつへの養分供給が可能となるため、高位分げつが出現すると考えられた。また、第2章および第3章において、単位面積当たりの有効茎数の多少が高位分げつの出現の要因であることを明らかにした。また、これまでの試験から、通常分げつの出現が抑制されることが高位分げつの出現と関係があると考えた。

ところで、通常分げつの出現を抑制する管理技術に深水処理がある。深水処理とは、深水管理によって弱小分げつや無効分げつの出現を抑制して、有効茎歩合が高い群落を作り多収に結びつける技術である<sup>29)</sup>。深水処理では有効分げつ決定期に10~15cmの深水管理をすることで、分げつの出現が抑制されて有効茎歩合が高まるとされているが、増収技術として実際に深水管理を行う場合は、水稻の生長に合わせて湛水深を上げる方法が多く取られており、こちらの方法の方が分げつを強く抑制できると報告されている<sup>32-36, 47, 48)</sup>。また、水稻の生長に合わせて湛水深を上げる深水処理によって分げつの出現が著しく抑制され、分げつ数が少なくなることで、主茎と出現した分げつが出穂開始直前の生育段階において養分的な余裕を生ずるという報告もある<sup>47)</sup>。

本章では、深水処理による通常分げつの抑制が高位分げつの出現に及ぼす効果を見るため、次の二つの試験を行った。すなわち、(1)水稻の主茎の葉齢が1進むごとに段階的に深水処理を生育初期から長期間続ける試験と、(2)主茎葉齢が1進むごとに段階的に水位を上げる深水処理を、異なる時期から3葉期間行う試験である。これらの2つの試験から、通常分げつの抑制時期と抑制期間が、高位分げつの出現に及ぼす影響を検討した。

### 材料と方法

本試験は、2010年および2011年に、東京農業大学厚木キャンパス(神奈川県厚木市)のコンクリート水田(400cm×200cm)において、直播適性のある水稻キヌヒカリ(*Oryza sativa* L. cv. Kinuhikari)を供試して行った。なお、本試験は出芽不揃いによる1株苗立ち数のバラツキの発生を避けるため点播直播を想定した移植栽培で行い、1水田に2区を設け、反復は設けなかった。

2010年(試験1)は、播種は5月10日に行い、播種量は、高密度播種による分けつの抑制を防ぐため、播種密度を乾籾重15g/箱(60cm×30cm×3cm)とした。種籾は、播種した5月10日から約30°C48時間を出芽させ、5月17日までガラス室で、その後は自然温度下で管理・育苗した。基肥は、5月26日に代掻きと同時に、化成肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=10:18:16)を窒素成分量で3.0g/m<sup>2</sup>施用し、さらに、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を設定した施肥量に合わせるために、過リン酸石灰を成分量で3.6g/m<sup>2</sup>補った。穂肥は、化成肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=17:0:17)を窒素成分量で3.0g/m<sup>2</sup>を分施し、7月8日(出穂26~25日前)および7月16日(出穂18~17日前)にそれぞれ2.0g/m<sup>2</sup>および1.0g/m<sup>2</sup>施用した。移植は、5月28日に行い、平均葉齢3.8の苗を、直播栽培における適正な播種深度を想定した1.0cmで移植した。点播形状は直径5cmの円とし、その円周上に均等な間隔で移植した。全株数は、全区54株(6列×9株)であった。試験区は、点播(条間30cm×株間20cm:16.7株/m<sup>2</sup>)を模し、低苗立ち密度を想定した50本区(50本/m<sup>2</sup>)と適正な苗立ち密度を想定した100本区(100本/m<sup>2</sup>)の2水準を設け、これらに深水処理の有無(深水処理を行わない無処理区が0、深水処理を行う深水区が1)を組み合わせた計4区を設けた。すなわち、深水処理を行わない50-0区と100-0区、深水処理を行う50-1区と100-1区を設けた。深水処理は、段階的に水位を上昇させる方法<sup>32-36, 47, 48)</sup>を用いた。すなわち、深水処理の湛水深は、地際から最上位展開葉の葉節までの高さの平均値に2cm加えた深さとした。深水処理は図4-1に示したように50-1区および100-1区の主茎が5葉期に到達した6月6日から開始し、以後葉齢が1進むごとに最上位展開葉の葉節を2cm沈めた。50-1区は、平均葉齢5.2(5葉期)、同6.1(6葉期)、同7.0(7葉期)、同8.1(8葉期)、同9.1(9葉期)、同10.3(10葉期)および同11.1(11葉期)に、それぞれ深水処理を行い、100-1区は、平均葉齢5.1(5葉期)、同6.1(6葉期)、同7.0(7葉期)、同8.0(8葉期)、同9.1(9葉期)、同10.0(10葉期)および同11.1(11葉期)に、それぞれ深水処理を行った。深水処理は11葉期の7月9日(50-1区)および7月12日(100-1区)まで行い、

その後は、11葉期の湛水深30cmを収穫3日前の落水まで維持した。無処理区の湛水深は、移植時から収穫3日前の落水まで5cmを維持した。

2011年(試験2)は、播種を5月10日に行い、播種量は乾粒重15g/箱(60cm×30cm×3cm)とした。種籾は、5月10日から約30°C48時間を出芽させ、その後5月17日までガラス室で、以後は自然温度下で管理・育苗した。基肥は、5月22日に代掻きと同時に行い、化成肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=10:18:16)を窒素成分量で3.0g/m<sup>2</sup>施用し、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>を設定した施肥量に合わせるために過リン酸石灰を成分量で3.6g/m<sup>2</sup>補った。穂肥は、化成肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=17:0:17)を分施し、7月9日(出穂27~26日前)に2.0g/m<sup>2</sup>および7月16日~7月22日(出穂22~15日前)に1.0g/m<sup>2</sup>を施用した。移植は5月25日に行い、平均葉齢3.8の苗を、直播栽培における適正な播種深度である1.0cmで移植した。点播形状は直径5cmの円とし、その円周上に均等な間隔で移植した。試験区は、点播(条間30cm×株間20cm:16.7本/m<sup>2</sup>)を模し、低苗立ち密度を想定した50本区(50本/m<sup>2</sup>)と適正な苗立ち密度を想定した100本区(100本/m<sup>2</sup>)の2水準を設け、これらに深水処理を行わない無処理区(0-0区)と深水処理を5~8葉期(5-8区)、6~9葉期(6-9区)、7~10葉期(7-10区)および5~10葉期(5-10区)に、それぞれ行う計10区を設けた。すなわち深水処理を行わない50-0-0区および100-0-0区、5~8葉期に深水処理を行う50-5-8区および100-5-8区、6~9葉期に深水処理を行う50-6-9区および100-6-9区、7~10葉期に深水処理を行う50-7-10区および100-7-10区、そして5~10葉期に深水処理を行う50-5-10区および100-5-10区を設けた。深水処理は、2010年の試験と同様に、段階的深水処理<sup>32-36, 47, 48)</sup>を用いた。深水処理は、図4-2に示したように5-8区、6-9区、7-10区および5-10区の主茎がそれぞれ5葉期(50-5-8区は平均葉齢5.5、100-5-8区は5.4)、6葉期(50-6-9区は同6.2と100-6-9区は同6.2)、7葉期(50-7-10区は同7.3と100-7-10区は同7.2)および5葉期(50-5-10区は同5.4と100-5-10区は同5.4)に到達した6月5日、6月9日、6月13日および6月5日から開始し、以後葉齢が1進むごとに最上位展開葉の葉節が2cm沈む処理をした。深水処理終了後は、収穫3日前まで各処理区の最終の湛水深を維持した。すなわち、最終の湛水深は、それぞれ5-8区は21.7cm、6-9区は24.9cm、7-10区は25.0cmおよび5-10区は25.0cmであった。無処理区の湛水深は、移植日から収穫3日前まで5cmを維持した。



全ての調査は、2010年は、全区の外周部分の株を除いた28株ずつを対象に、2011年は、全区の外周部分を除いた28株の中から生育が中庸な10株ずつ選び、通常分けつ(高位分けつ以外の分けつ)の最高茎数、有効茎数および無効茎数と葉色値(SPAD値)を調査し、高位分けつは、高位分けつの出現が1本以上確認された株数および高位分けつの出現数を調査した。調査に用いた株は収穫し、高位分けつ数を調査した。また、高位分けつは、収穫時に、母茎(高位分けつが出現した通常分けつ)の葉鞘の外に高位分けつの葉身が出現したものを高位分けつ I とし、収穫時に通常分けつの葉鞘に内包されており、目視で葉身と葉鞘が判別できる状態の高位分けつを高位分けつ II として調査した。本論文では、母茎の葉鞘から高位分けつの葉身が抽出した時点で高位分けつの出現としているため、通常分けつの葉鞘に内包されている高位分けつ II は「出現」と表現せず、「保有」と表現した。本試験では、第6節間までが伸長節間であったため、bT6までを高位分けつとした。

## 結果

### 1) 主稈総葉数、通常分けつの茎数および葉色値の推移

葉齢、通常分けつの茎数および葉色値(SPAD値)の推移を表4-1、表4-2に示した。試験1の主稈総葉数は試験区ごとに異なり、50-0区は2株が14枚、26株が13枚で、50-1区は20株が14枚、8株が13枚で、100-0区は21株が13枚で7株が12枚および100-1区は3株が14枚で25株が13枚となり、50本区と100本区ともに深水処理をした区の方が主稈総葉数が多い傾向が見られた。通常分けつは、50-1区と100-1区ともに深水処理開始直後は通常分けつの出現が抑制されず、50-0区および100-0区と同様に茎数が増加したが、6葉期以降は50-1区と100-1区ともに通常分けつの出現が抑えられ、50-1区および100-1区の株当たりの最高茎数はそれぞれ13.8本および20.6本となり、50-0区および100-0区の株当たりの最高茎数に比べて17.0~24.6%少なかった。葉色値は、深水処理を開始した5葉期以降、深水区の方が無処理区より高く推移した。

試験2の主稈総葉数は試験区ごとに異なり、50-0-0区は2株が13枚、8株が14枚で、50-5-8区は10株が14枚、50-6-9区は10株が14枚、50-7-10区は10株が14枚および50-5-10区は9株が14枚で1

株が15枚となり、100-0-0区は10株が13枚、100-5-8区は5株が13枚、5株が14枚で、100-6-9区は6株が13枚、4株が14枚で、100-7-10区は3株が13枚で7株が14枚および100-5-10区は5株が13枚で5株が14枚であった。主稈総葉数は、50本区の方が多く、100本区では深水処理をした方が、主稈総葉数が多い傾向が見られた。通常分けつは、50本区の方が100本区より、深水処理区の方が無処理区より少なく推移した。50本区と100本区ともに、深水処理期間が最も長い5-10区で最も通常分けつの出現が抑えられ茎数が少なく推移した。3葉期間深水処理をした5-8区、6-9区および7-10区を見ると、深水開始時期が早いほど茎数が少なく推移する傾向が見られた。葉色値は、50本区の方が100本区より、深水区の方が無処理区より高く推移した。

## 2) 通常分けつの有効茎数および無効茎数

通常分けつの有効茎数および無効茎数を表4-3、表4-4に示した。試験1では、有効茎数および無効茎数のいずれも苗立ち密度間に0.1%水準で有意差が認められ、株当たりおよび単位面積当たりの有効茎数および無効茎数は50本区の方が100本区より有意に少なかった。また、深水処理間においても、すべての項目に0.1%および1%水準で有意差が認められ、深水区の方が無処理区より通常分けつ数が有意に少なかった。

試験2では、試験1と同様に有効茎数および無効茎数は、苗立ち密度間で、いずれも0.1%水準で有意差が認められ、50本区の方が100本区より有意に少なかった。深水処理間においても、いずれの項目で0.1%水準で有意差が認められ、深水処理期間が最も長い5-10区の株当たりおよび単位面積当たりの有効茎数および無効茎数が最も少なかった。また、3葉期間深水処理をした5-8区、6-9区および7-10区を見ると、深水処理開始が最も早い5-8区の有効茎数および無効茎数が最も少なかった。6-9区および7-10区の有効茎数および無効茎数は、殆ど差は見られなかった。

## 3) 高位分けつⅠの出現数と高位分けつⅡの保有数

高位分けつⅠの出現数および高位分けつⅡの保有数を、表4-5、表4-6に示した。試験1は、高位分けつⅠが1本以上出現した株は50-0区、50-1区、100-0区および100-1区でそれぞれ0株、13

株， 0株および1株であり深水区の方が高位分げつⅠの出現が多い傾向が見られた．高位分げつⅠの出現数は，苗立ち密度間および深水処理間で0.1%水準の有意差が認められ，50本区の方が100本区より，また，深水区の方が無処理区より株当たりおよび単位面積当たりの高位分げつⅠの出現数が有意に多かった．高位分げつⅡを1本以上保有した株は，50-0区，50-1区，100-0区および100-1区でそれぞれ0株，25株，1株および27株であり高位分げつⅠと同様に深水区の方が無処理区より多い傾向が見られた．高位分げつⅡの保有数は，深水処理間で0.1%水準の有意差が認められ，深水区の方が無処理区より有意に多かった．また，高位分げつⅠと高位分げつⅡの合計数は，深水処理間で0.1%水準の有意差が認められ，深水区の方が無処理区より多かった．

試験2は，高位分げつⅠが1本以上出現した株は，50-0-0区，50-5-8区，50-6-9区，50-7-10区および50-5-10区でそれぞれ0株，2株，1株，0株および10株であり，100-0-0区，100-5-8区，100-6-9区，100-7-10区および100-5-10区でそれぞれ0株，1株，1株，0株および4株であった．高位分げつⅠの出現数は，苗立ち密度間で有意な差は見られなかったが，深水処理間で0.1%水準で有意差が認められ，深水処理期間が最も長い5-10区で最も多くなった．また，3葉期間深水処理をした5-8区，6-9区および7-10区を見ると，深水処理開始が最も早い5-8区の高位分げつⅠの出現数が最も多く，次いで6-9区，7-10区，0-0区の順となった．高位分げつⅡを1本以上保有した株は，50-0-0区，50-5-8区，50-6-9区，50-7-10区および50-5-10区でそれぞれ0株，1株，4株，2株および2株であり，100-0-0区，100-5-8区，100-6-9区，100-7-10区および100-5-10区でそれぞれ1株，6株，7株，6株および7株であった．株当たりおよび単位面積当たりの高位分げつⅡの保有数は，苗立ち密度間で5%水準で有意差が認められ，100本区の方が50本区より有意に多かった．深水処理間でも5%水準で有意差が認められ，株当たりおよび単位面積当たりの高位分げつⅡの保有数は6-9区が最も多くなり，次いで，5-8区，5-11区，7-10区，0-0区の順となった．高位分げつⅠと高位分げつⅡの合計数は，苗立ち密度間に有意差は見られなかったが，深水処理間で0.1%水準で有意差が認められ，深水処理期間が最も長い5-10区で最も多く，次いで6-9区，5-8区，7-10区，0-0区の順となった．

#### 4) 高位分げつⅠの出現率と高位分げつⅡの保有率

高位分げつⅠの出現率(有効茎数に対する高位分げつⅠの出現数の割合)と高位分げつⅡの保有率(有効茎数に対する高位分げつⅡの保有数の割合)を表4-7, 表4-8に示した. 試験1の高位分げつⅠの出現率は, 苗立ち密度間および深水処理間で0.1%水準で有意差が認められ, 50本区の方が100本区より, また深水区の方が無処理より有意に高かった. 高位分げつⅡの保有率は, 苗立ち密度間で有意な差は見られなかったが, 深水処理間で0.1%水準で有意差が認められ, 深水区の方が無処理区より有意に高かった. また, 高位分げつⅠと高位分げつⅡの合計(有効茎数に対する高位分げつⅠと高位分げつⅡの合計数の割合)は, 深水処理間で0.1%水準で有意差が認められ, 深水区の方が無処理区より有意に高かった.

試験2の高位分げつⅠの出現率は, 苗立ち密度間で, 有意な差は見られなかったが, 50本区の方が100本区より高い傾向が見られた. 深水処理間では0.1%水準で有意差が認められ, 深水処理間が最も長い5-10区が最も長く, 次いで5-8区, 6-9区の順となった. 高位分げつⅡの保有率は, 苗立ち密度間で5%水準で有意差が認められ, 100本区の方が50本区より有意に高かった. また, 深水処理間でも5%水準で有意差が認められ, 6-9区が最も高く, 次いで5-10区, 5-8区, 7-10区, 0-0区の順となった. 高位分げつⅠの出現率と高位分げつⅡの保有率の合計は, 深水処理間で0.1%水準で有意差が認められ, 深水処理期間が最も長い5-10区が最も高く, 次いで6-9区, 5-8区, 7-10区, 0-0区の順となった.

また, 表4-9に示したように, 試験1では, 最高茎数および有効茎数が少ないほど高位分げつⅠの出現率と高位分げつⅡの保有率が高い傾向が見られ, 試験2では, 最高茎数および有効茎数は高位分げつⅠの出現率との間に, それぞれ5%および1%水準で有意な負の相関( $r=-0.654$ ,  $r=-0.775$ )が認められた.

#### 考察

本試験では, 水稻の生育に合わせて段階的に水位を上昇させる深水処理を行った. 試験1と試験2ともに, 深水区は段階的深水処理によって通常分げつの出現が抑制され, 有効茎数および無

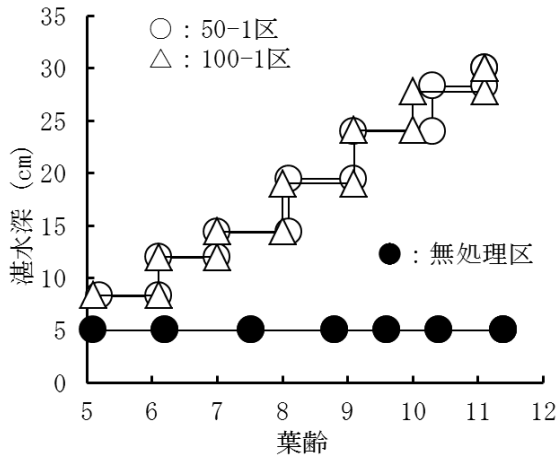
効茎数は無処理区より有意に少なかった(表4-3, 表4-4). 試験2では, 5葉期から10葉期まで深水処理をした5-10区の有効茎数および無効茎数が最も少なくなった. また, 深水開始時期により通常分けつの抑制の程度は異なり, 3葉期間深水処理をした深水区では, 処理開始時期の早い5-8区の通常分けつ数が最も少なく, 6-9区および7-10区の通常分けつ数は殆ど差がなかった(表4-4). 深水条件下では, 葉身が水没することで炭水化物が減少する<sup>55, 56)</sup>ことや, 段階的深水処理では新たな分けつの出現より主茎が水面上に葉を展開するための自身の葉鞘および葉身の伸長が優先され, 主茎と分けつとの間で養分の競合が生じることから分けつの出現が抑制される<sup>32, 35, 47)</sup>. また, 主茎の葉鞘外に出現した分けつ, あるいは出現する時期に達した分けつ芽, 並びに分化後間もない時期の分けつ芽は, 深水による出現抑制が小さく, 出現直前の分けつ芽が最も強く抑制される<sup>32)</sup>. これらのことから, 深水処理開始が早かった試験1の50-1区と100-1区並びに試験2の5-8区と5-10区は, 処理開始時に出現している通常分けつが少ないため, 深水処理中に出現の抑制を受ける通常分けつが多くなり, 結果として茎数が少なかったが, 深水時期の遅い6-9区と7-10区は, 処理開始時に既に通常分けつが出現しており, 深水処理中に抑制を受ける通常分けつが少なかったため茎数が多くなったと考えられる.

高位分けつⅠの出現株数と出現数および高位分けつⅡの保有株数と保有数は, 試験1と試験2ともに深水処理間で深水区が有意に多く, 試験1では, 単位面積当たりの最高茎数および有効茎数が少ないほど高位分けつⅠの出現率と高位分けつⅡの保有率が高い傾向が見られ, 試験2では, 単位面積当たりの最高茎数および有効茎数と高位分けつⅠの出現率との間に有意な負の相関が認められた(表4-9). 高位分けつは, 母茎となる分けつの茎葉中に窒素, デンプン等が豊富である場合<sup>42)</sup>に出現する. これらのことから, 深水処理によって深水区の通常分けつの出現が抑制され, 単位面積当たり最高茎数および有効茎数が少なくなり, 通常分けつの1本当たりの養分蓄積量が多くなったため, 高位分けつが出現したと考えられる.

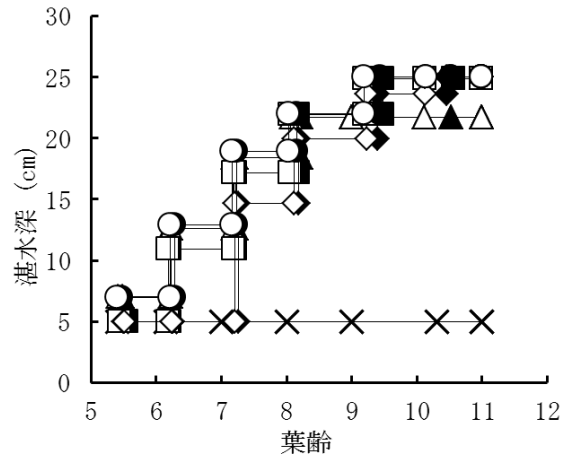
深水時期間では, 処理期間が最も長い5-10区で高位分けつⅠの出現数が最も多く, 3葉期間処理をした区においては5-8区が最も多く, 次いで6-9区および7-10区の順となった(表4-6). 深水処理終了後に, 主茎の葉身が水面上に展開し, 同化作用が可能な葉面積が増大すると, 主茎の

物質分配すなわちソースに余裕が生じ、遅れて出現する分げつは生育の抑制を受けない<sup>35)</sup>。また、王・花田<sup>54)</sup>は、主茎の葉の光合成産物は、まず主茎自身の葉鞘および葉身の生長に最も多く使用され、残りが高節位の分げつ、すなわち遅く出現した分げつに分配されると報告している。さらに、深水処理によって分げつの出現が著しく抑制され通常分げつ数が少なくなることで、主茎と出現した分げつが出穂開始直前の生育段階において養分的な余裕を生ずるという報告もある<sup>47)</sup>。これらのことから、深水処理開始時期の早い5-8区は、深水処理終了後に主茎および分げつが深水に適応しており、水面上の葉面積が大きいと考えられる。また、主茎および分げつに従属的に生長する分げつ<sup>43, 54)</sup>の数が少ないため、通常分げつが高位分げつを出現させるために必要な窒素および光合成産物を供給することが可能になり、高位分げつの出現数が多くなったと考えられる。しかし6-9区および7-10区は、深水処理開始時に通常分げつが出現しており、それらの分げつが深水処理によって自身の葉鞘および葉身の伸長を優先したため、生育に伴い窒素濃度を低下させ、養分蓄積量に余裕が生じず高位分げつの出現数が少なくなったと考えられる。

これらのことから、生育初期から深水処理による通常分げつの抑制を受けた場合、単位面積当たりの有効茎数が少なくなり、有効茎1本当たりの窒素や光合成産物が豊富になり、高位分げつへの養分供給が可能になるため、高位分げつの出現が多くなることが明らかとなった。また、深水処理開始が遅い場合は、処理開始時に、既に通常分げつが出現しているため、それらの分げつが自身の生長に養分を使い、高位分げつ芽への養分の分配がなく、高位分げつの出現数が少なくなることが考えられた。



**図4-1** 2010年の段階的深水処理の水位の設定  
深水区の湛水深は、葉節の高さの平均値に2cmを加えた値である。50-1区は、平均葉齢5.2(5葉期)、同6.1(6葉期)、同7.0(7葉期)、同8.1(8葉期)、同9.1(9葉期)、同10.3(10葉期)および同11.1(11葉期)のそれぞれの時期に深水処理を行い、100-1区は、平均葉齢5.1(5葉期)、同6.1(6葉期)、同7.0(7葉期)、同8.0(8葉期)、同9.1(9葉期)、同10.0(10葉期)および同11.1(11葉期)のそれぞれの時期に深水処理を行った。50-1区および100-1区は、11葉期以降は湛水深30cmを収穫3日前の落水まで維持し、無処理区は移植から収穫3日前の落水まで湛水深5cmを維持した。



**図4-2** 2011年の段階的深水処理の水位の設定  
▲50-5-8区 ■50-6-9区  
◆50-7-10区 ●50-5-10区  
△100-5-8区 □100-6-9区  
◇100-7-10区 ○100-5-10区  
×無処理区

深水区の湛水深は、葉節の高さの平均値に2cmを加えた値である。50-5-8区は、平均葉齢5.5(5葉期)、50-6-9区は同6.2(6葉期)、50-7-10区は同7.3(7葉期)および50-5-10区は同5.5(5葉期)のそれぞれの時期から深水処理を開始し、100-5-8区は、平均葉齢5.4(5葉期)、100-6-9区は同6.2(6葉期)、100-7-10区は同7.2(7葉期)および100-5-10区は同5.4(5葉期)のそれぞれの時期から深水処理を開始した。無処理区は移植から収穫まで5cmを維持した。深水処理終了後は、各処理区の最終の湛水深を維持した。すなわち、5-8区は21.7cm、6-9区は24.9cm、7-10区は25.0cmおよび5-10区は25.0cmを収穫3日前の落水まで維持した。無処理区は、移植から収穫3日前の落水まで湛水深5cmを維持した。

**表4-1** 葉齢、茎数および葉色値の推移(2010年)

項目	苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	深水 処理	5/28	6/5	6/10	6/17	6/24	7/1	7/8	7/15	7/22	7/29	8/5
			葉齢	50	0	3.8	5.1	6.2	7.5	8.8	9.6	10.4	11.4
	50	1	3.8	5.2	6.1	7.6	8.9	9.9	10.8	12.0	12.9	13.8	13.8
	100	0	3.8	5.1	6.1	7.5	8.4	9.2	10.0	10.9	11.7	12.4	12.4
	100	1	3.8	5.2	6.2	7.6	8.8	9.7	10.6	11.5	12.4	13.1	13.1
茎数 (本/株)	50	0	3.0	4.5	7.0	12.0	13.2	<b>13.8</b>	13.2	13.3	13.2	11.8	12.6
	50	1	3.0	4.9	8.0	9.8	<b>10.4</b>	10.0	9.5	9.4	9.4	9.4	9.4
	100	0	6.0	8.0	12.4	19.1	20.5	<b>20.6</b>	19.8	19.8	19.1	16.4	16.6
	100	1	6.0	9.6	14.8	16.6	<b>17.1</b>	15.8	14.7	14.5	14.4	13.7	13.7
茎数 (本/m <sup>2</sup> )	50	0	50.1	75.2	116.9	200.4	220.4	<b>230.5</b>	220.4	222.1	220.4	197.1	210.4
	50	1	50.1	81.8	133.6	164.0	<b>173.7</b>	167.0	158.7	157.0	157.0	157.0	157.0
	100	0	100.2	133.6	207.1	319.1	342.4	<b>344.0</b>	330.7	330.7	319.0	273.9	277.2
	100	1	100.2	160.3	247.2	276.7	<b>285.6</b>	263.9	245.5	242.2	240.5	228.8	228.8
葉色値 (SPAD値)	50	0	—	32.3	36.3	38.4	39.0	36.7	32.7	36.4	33.6	31.2	32.4
	50	1	—	32.5	37.4	40.9	41.6	37.7	32.0	37.7	37.2	32.9	33.4
	100	0	—	32.5	35.9	38.4	37.8	30.8	28.6	34.0	33.4	31.2	31.9
	100	1	—	31.8	37.4	40.6	40.2	35.5	30.6	34.6	34.4	31.8	32.7

調査株数は、全試験区28株であった。深水処理の0は無処理区を示し、1は深水区を示す。太文字のゴシックは最高茎数を示す。



表4-2 葉齡，茎数および葉色値の推移(2011年)

項目	苗立ち 密度 (本/㎡)	深水 時期	5/25	6/2	6/9	6/16	6/23	6/30	7/7	7/14	7/21	7/28
葉齡	50	0-0	3.8	4.7	6.2	7.6	8.7	9.9	10.7	11.5	12.7	13.8
		5-8	3.8	4.7	6.3	7.7	8.9	10.2	11.2	12.4	13.3	14.0
		6-9	3.8	4.7	6.2	7.5	8.8	10.1	11.1	12.4	13.4	14.0
		7-10	3.8	4.7	6.3	7.7	8.8	10.0	11.0	12.2	13.3	14.0
		5-10	3.8	4.8	6.3	7.6	8.7	10.1	11.2	12.4	13.5	14.1
	100	0-0	3.8	4.7	6.1	7.5	8.5	9.6	10.5	11.3	12.2	13.0
		5-8	3.8	4.7	6.2	7.6	8.5	9.7	10.6	11.8	12.9	13.5
		6-9	3.8	4.6	6.2	7.4	8.6	9.7	10.6	11.6	12.7	13.4
		7-10	3.8	4.8	6.3	7.8	8.8	9.8	10.8	11.8	13.0	13.7
		5-10	3.8	4.8	6.2	7.4	8.4	9.6	10.6	11.7	12.8	13.5
茎数 (本/株)	50	0-0	3.0	3.6	6.0	12.6	16.6	21.6	<b>22.0</b>	21.8	20.2	19.8
		5-8	3.0	4.0	7.7	12.1	13.5	13.6	<b>13.9</b>	13.5	13.5	13.5
		6-9	3.0	4.5	7.5	12.1	13.4	<b>14.6</b>	14.3	14.2	14.0	14.0
		7-10	3.0	4.5	6.0	12.7	12.9	<b>13.1</b>	13.0	12.7	12.6	12.6
		5-10	3.0	4.6	5.8	8.5	<b>10.8</b>	10.6	10.1	9.9	9.8	9.8
	100	0-0	6.0	8.7	11.4	19.7	24.9	25.8	<b>26.0</b>	25.0	23.6	22.7
		5-8	6.0	8.7	11.8	16.5	18.0	<b>18.3</b>	17.2	16.5	15.4	14.9
		6-9	6.0	7.6	11.3	18.9	<b>20.3</b>	20.3	19.2	19.0	17.9	16.9
		7-10	6.0	8.8	11.4	19.7	<b>22.0</b>	21.1	20.1	19.3	18.9	18.0
		5-10	6.0	8.4	9.9	11.1	<b>12.7</b>	12.5	11.7	11.8	11.8	11.8
茎数 (本/㎡)	50	0-0	50.1	60.1	100.2	210.4	277.2	360.7	<b>367.4</b>	364.1	337.3	330.7
		5-8	50.1	66.8	128.6	202.1	225.5	227.1	<b>232.1</b>	225.5	225.5	225.5
		6-9	50.1	75.2	125.3	202.1	223.8	<b>243.8</b>	238.8	237.1	233.8	233.8
		7-10	50.1	75.2	100.2	212.1	215.4	<b>218.8</b>	217.1	212.1	210.4	210.4
		5-10	50.1	76.8	96.9	142.0	<b>180.4</b>	177.0	168.7	165.3	163.7	163.7
	100	0-0	100.2	145.3	190.4	329.0	415.8	430.9	<b>434.2</b>	417.5	394.1	379.1
		5-8	100.2	145.3	197.3	275.6	300.6	<b>305.6</b>	287.2	275.6	257.2	248.8
		6-9	100.2	126.9	188.7	315.6	<b>339.0</b>	339.0	320.6	317.3	298.9	282.2
		7-10	100.2	147.0	190.4	329.0	<b>367.4</b>	352.4	335.7	322.3	315.6	300.6
		5-10	100.2	140.3	165.3	185.4	<b>212.1</b>	208.8	195.4	197.1	197.1	197.1
葉色値 (SPAD値)	50	0-0	-	36.6	38.0	42.4	43.1	40.5	36.7	36.0	33.9	36.4
		5-8	-	34.2	38.5	41.3	42.0	42.5	38.4	35.5	37.5	40.3
		6-9	-	35.2	39.0	41.8	41.1	43.0	38.0	37.7	39.5	39.5
		7-10	-	35.0	38.3	41.7	43.6	41.2	37.0	37.8	38.4	40.1
		5-10	-	34.2	41.0	41.9	42.4	40.8	34.1	37.9	39.1	41.9
	100	0-0	-	36.8	37.0	40.6	41.8	38.8	31.6	29.4	28.8	34.4
		5-8	-	35.5	39.1	40.9	42.9	40.2	33.2	34.3	36.5	38.8
		6-9	-	34.5	38.5	41.3	43.0	40.1	33.9	35.5	37.3	37.9
		7-10	-	34.3	39.1	42.0	42.3	38.7	34.0	35.7	36.4	38.6
		5-10	-	35.8	38.9	40.5	41.2	38.7	34.2	36.0	36.1	40.0

調査株数は、全試験区10株であった。深水時期の0-0は無処理区を示し、5-8は5葉期から8葉期、6-9は6葉期から9葉期、7-10は7葉期から10葉期および5-10は5葉期から10葉期まで深水処理を行ったことを示す。太文字ゴシックは最高茎数を示す。

**表4-3** 苗立ち密度および深水処理の有無が通常分けつ数に及ぼす影響

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	深水 処理	最高茎数		有効茎数		無効茎数	
		株当たり (本/株)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )	株当たり (本/株)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )	株当たり (本/株)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )
50	0	13.8±0.5	230.5±7.7	12.2±0.4	203.9±6.5	1.6±0.2	26.6±3.7
50	1	10.4±0.3	173.7±5.4	9.3±0.3	155.6±5.0	1.1±0.2	18.0±3.2
100	0	20.6±0.7	344.0±11.1	16.2±0.5	270.2±8.5	4.4±0.4	73.8±6.5
100	1	17.1±0.5	285.6±8.1	13.7±0.5	228.5±8.2	3.4±0.2	57.1±4.0
50本		12.2	203.7	10.8	179.8	1.4	23.9
100本		19.0	317.9	14.9	249.3	4.1	68.6
深水なし(0)		17.4	290.2	14.2	237.1	3.2	53.1
深水あり(1)		13.9	231.4	11.5	192.1	2.4	39.4
苗立ち密度		***	***	***	***	***	***
深水処理		***	***	***	***	**	**
交互作用		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

数値は、平均値±標準誤差を示す。調査株数は、全試験区28株であった。深水処理の0は無処理区を示し、1は深水区を示す。\*\*および\*\*\*はそれぞれ1%および0.1%水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。

**表4-4** 苗立ち密度および深水時期が通常分けつ数に及ぼす影響

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	深水 時期	最高茎数		有効茎数		無効茎数	
		株当たり (本/株)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )	株当たり (本/株)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )	株当たり (本/株)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )
50	0-0	22.0±2.1	367.4±35.0	17.6±1.1	293.9±17.8	4.4±1.3	73.5±21.3
	5-8	13.9±0.5	232.1±7.7	13.7±0.5	228.8±7.5	0.2±0.2	3.3±3.3
	6-9	14.6±0.6	243.8±9.7	14.0±0.6	233.8±9.3	0.6±0.3	10.0±5.7
	7-10	13.1±0.4	218.8±5.8	12.5±0.4	208.8±6.2	0.6±0.2	10.0±3.7
	5-10	10.8±0.6	180.4±9.9	9.9±0.4	165.3±6.3	0.9±0.4	15.0±7.2
100	0-0	26.0±0.6	434.2±9.0	17.8±0.4	297.3±6.5	8.2±0.5	136.9±8.9
	5-8	18.3±0.7	305.6±12.0	14.7±0.5	245.5±7.9	3.6±0.6	60.1±10.0
	6-9	20.3±0.8	339.0±13.2	16.8±0.7	280.6±10.8	3.5±0.5	58.5±8.0
	7-10	22.0±0.6	367.4±10.6	18.2±0.9	303.9±14.5	3.8±0.6	63.5±10.2
	5-10	12.7±1.1	212.1±18.3	11.7±1.0	195.4±16.0	1.0±0.3	16.7±5.0
50本		14.9	248.5	13.5	226.1	1.3	22.4
100本		19.9	331.7	15.8	264.5	4.0	67.1
	0-0	24.0	400.8	17.7	295.6	6.3	105.2
	5-8	16.1	268.9	14.2	237.1	1.9	31.7
	6-9	17.5	291.4	15.4	257.2	2.1	34.2
	7-10	17.6	293.1	15.4	256.3	2.2	36.7
	5-10	11.8	196.2	10.8	180.4	1.0	15.9
苗立ち密度		***	***	***	***	***	***
深水時期		***	***	***	***	***	***
交互作用		**	**	***	***	*	*

数値は、平均値±標準誤差を示す。調査株数は、全試験区10株であった。\*, \*\*および\*\*\*はそれぞれ5%, 1%および0.1%水準で有意差があることを示す。深水時期の0-0, 5-8, 6-9, 7-10および5-10については、表4-2脚注参照。

**表4-5** 苗立ち密度および深水処理の有無が高位分けつⅠの出現数および高位分けつⅡの保有数に及ぼす影響

苗立ち 密度 (本/㎡)	深水 処理	高位分けつⅠ			高位分けつⅡ			高位分けつⅠと 高位分けつⅡの合計数	
		出現株数 (株/28株)	出現数		保有株数 (株/28株)	保有数		株当たり (本/株)	㎡当たり (本/㎡)
			株当たり (本/株)	㎡当たり (本/㎡)		株当たり (本/株)	㎡当たり (本/㎡)		
50	0	0	0.0±0.0	0.0±0.0	0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
50	1	13	0.6±0.2	10.7±2.5	25	2.7±0.4	45.3±5.8	3.4±0.4	56.1±6.7
100	0	0	0.0±0.0	0.0±0.0	1	0.0±0.0	0.6±0.6	0.0±0.0	0.6±0.6
100	1	1	0.0±0.0	0.7±0.6	27	3.4±0.4	56.6±6.0	3.4±0.4	57.3±5.9
50本			0.3	5.4		1.4	22.7	1.7	28.0
100本			0.0	0.3		1.7	28.6	1.7	28.9
深水なし(0)			0.0	0.0		0.0	0.3	0.0	0.3
深水あり(1)			0.3	5.7		3.1	51.0	3.4	56.7
苗立ち密度			***	***		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
深水処理			***	***		***	***	***	***
交互作用			***	***		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

数値は、平均値±標準誤差を示す。調査株数は、全試験区28株であった。深水処理の0は無処理区を示し、1は深水区を示す。高位分けつⅠおよび高位分けつⅡについては表3-3脚注参照。100-0区の株当たりの高位分けつⅡの保有数および高位分けつⅠと高位分けつⅡの合計数は0.04±0.04である。\*\*\*は0.1%水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。

**表4-6** 苗立ち密度および深水時期が高位分けつⅠの出現数および高位分けつⅡの保有数に及ぼす影響

苗立ち 密度 (本/㎡)	深水 時期	高位分けつⅠ			高位分けつⅡ			高位分けつⅠと 高位分けつⅡの合計数	
		出現株数 (株/10株)	出現数		保有株数 (株/10株)	保有数		株当たり (本/株)	㎡当たり (本/㎡)
			株当たり (本/株)	㎡当たり (本/㎡)		株当たり (本/株)	㎡当たり (本/㎡)		
50	0-0	0	0.0±0.0	0.0±0.0	0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0	0.0±0.0
	5-8	2	0.6±0.4	10.0±7.1	1	0.5±0.4	8.4±6.7	1.1±0.5	18.4±8.8
	6-9	1	0.1±0.1	1.7±1.7	4	1.1±0.7	18.4±11.5	1.2±0.7	20.0±8.8
	7-10	0	0.0±0.0	0.0±0.0	2	0.2±0.1	3.3±2.2	0.2±0.1	3.3±2.2
	5-10	10	2.2±0.4	36.7±6.0	2	0.2±0.1	3.3±2.2	2.4±0.4	40.1±6.2
100	0-0	0	0.0±0.0	0.0±0.0	1	0.1±0.1	1.7±1.7	0.1±0.1	1.7±1.7
	5-8	1	0.1±0.1	1.7±1.7	6	1.3±0.5	21.7±7.9	1.4±0.5	23.4±8.0
	6-9	1	0.1±0.1	1.7±1.7	7	1.7±0.6	28.4±9.3	1.8±0.5	30.1±8.9
	7-10	0	0.0±0.0	0.0±0.0	6	0.8±0.3	13.4±4.2	0.8±0.2	13.4±4.2
	5-10	4	1.2±0.6	20.0±9.6	7	1.4±0.4	23.4±7.1	2.6±0.5	43.4±8.0
50本			0.6	9.7		0.4	6.7	1.0	16.4
100本			0.3	4.7		1.1	17.7	1.3	22.4
0-0			0.0	0.0		0.1	0.8	0.1	0.8
5-8			0.4	5.8		0.9	15.0	1.3	20.9
6-9			0.1	1.7		1.4	23.4	1.5	25.1
7-10			0.0	0.0		0.5	8.4	0.5	8.4
5-10			1.7	28.4		0.8	13.4	2.5	41.8
苗立ち密度			n. s.	n. s.		*	*	n. s.	n. s.
深水時期			***	***		*	*	***	***
交互作用			n. s.	n. s.		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.

数値は、平均値±標準誤差を示す。調査株数は、全試験区10株であった。深水時期の0-0、5-8、6-9、7-10および5-10については表4-2脚注参照。高位分けつⅠおよび高位分けつⅡについては、表3-3脚注参照。\*および\*\*\*はそれぞれ5%および0.1%水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。

**表4-7** 高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの保有率(2010年)

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	深水 処理	高位 分けつⅠの 出現率(%)	高位 分けつⅡの 保有率(%)	高位分けつⅠと 高位分けつⅡの 合計(%)
50	0	0.0	0.0	0.0
50	1	7.8	31.9	39.7
100	0	0.0	0.3	0.3
100	1	0.3	26.2	26.5
50本		3.9	15.9	19.8
100本		0.2	13.2	13.4
深水なし(0)		0.0	0.1	0.1
深水あり(1)		4.1	29.0	33.1
苗立ち密度		***	n. s.	n. s.
深水処理		***	***	***
交互作用		***	n. s.	*

調査株数は、全試験区28株であった。深水処理の0は無処理区を示し、1は深水区を示す。高位分けつⅠおよび高位分けつⅡについては表3-3脚注参照。高位分けつⅠの出現率、高位分けつⅡの保有率および高位分けつⅠと高位分けつⅡの合計については表3-4参照。\*および\*\*\*はそれぞれ5%および0.1%水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。

**表4-8** 高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの保有率(2011年)

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	深水 時期	高位 分けつⅠの 出現率(%)	高位 分けつⅡの 保有率(%)	高位分けつⅠと 高位分けつⅡの 合計(%)
	0-0	0.0	0.0	0.0
50	5-8	5.3	3.4	8.8
	6-9	0.6	8.9	9.4
	7-10	0.0	1.8	1.8
	5-10	23.2	2.3	25.4
100	0-0	0.0	0.6	0.6
	5-8	0.8	9.3	10.1
	6-9	0.6	10.6	11.2
	7-10	0.0	4.5	4.5
	5-10	14.6	11.3	25.9
50本		5.8	3.3	9.1
100本		3.2	7.3	10.5
	0-0	0.0	0.3	0.3
	5-8	3.0	6.4	9.4
	6-9	0.6	9.8	10.3
	7-10	0.0	3.2	3.2
	5-10	18.9	6.8	25.7
苗立ち密度		n. s.	*	n. s.
深水時期		***	*	***
交互作用		n. s.	n. s.	n. s.

調査株数は、全試験区10株であった。深水時期の0-0, 5-8, 6-9, 7-10および5-10については、表4-2脚注参照。高位分けつⅠおよび高位分けつⅡについては、表3-3脚注参照。出現率、保有率および合計については表3-4脚注参照。\*および\*\*\*は5%および0.1%水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。

**表4-9** 最高基数および有効基数と高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの保有率との関係

年度		最高基数			有効基数		
		高位 分けつⅠの 出現率(%)	高位 分けつⅡの 保有率(%)	高位分けつⅠと 高位分けつⅡの 合計(%)	高位 分けつⅠの 出現率(%)	高位 分けつⅡの 保有率(%)	高位分けつⅠと 高位分けつⅡの 合計
2010	相関係数	-0.773	-0.532	-0.604	-0.823	-0.619	-0.688
	有意性	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
2011	相関係数	-0.654	-0.236	-0.672	-0.775	-0.163	-0.742
	有意性	*	n. s.	*	**	n. s.	*

\*および\*\*はそれぞれ5%および1%水準で有意であることを示し、n. s. は有意でないことを示す。  
2010年の試験はn=4で、2011年の試験はn=10であった。高位分けつⅠおよび高位分けつⅡについては、表3-3脚注参照。

## 第5章 幼穂形成期以降の茎葉中の窒素および非構造化炭水化物含有量と 点播直播水稻の高位分けつの出現との関係

第2章第2節では、高位分けつの母茎は、高位分けつが出現しなかった分けつより1穂粒数、1穂玄米重および登熟歩合が大きく、また母茎の収量関連形質が大きいほど高位分けつの収量関連形質が大きいことが明らかとなった。これらのことから、母茎は出穂前の蓄積炭水化物量が豊富であり、かつ出穂後の炭水化物生産量が多いことが考えられた。また、第3章では、低苗立ち密度では分けつ数の増加速度が遅く、単位面積当たりの有効茎数が少ないため、有効茎の1本当たりの窒素や同化産物蓄積量が豊富になり、高位分けつが出現することが考えられた。また、出穂前の葉色値が高いほど高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの保有率が高い傾向が見られた。さらに第4章では、生育初期に通常分けつが抑制され、単位面積当たりの有効茎数が少なくなることで、有効茎に蓄積される窒素や光合成産物が豊富になり高位分けつが出現することが考えられた。

同化産物は、器官形成に利用されるほか、種々の貯蔵物質の合成、蓄積に用いられ、それらの貯蔵物質は、貯蔵炭水化物と貯蔵タンパク質に大別される<sup>29)</sup>。植物の成分としての炭水化物は、セルロースなどの細胞壁の構成成分として植物体にかかわる構造化炭水化物と、それ以外の非構造化炭水化物(non-structural carbohydrate, 以後NSC)に大別される。一般に貯蔵炭水化物として扱われるのはNSCであり、具体的にはデンプンなどが挙げられる<sup>29)</sup>。ところで、これまで、高位分けつに関する報告は、高位分けつの形態を見るため分けつの連続切除や出穂後の追肥を行ったものや、出穂後に穂を切除し追肥を行い稲体に窒素やデンプンを豊富に蓄積させ高位分けつを出現させたものが多い<sup>42, 50)</sup>。高位分けつの生長は、母茎の茎葉中に豊富に蓄積された窒素、デンプンが必要であることが明らかにされている<sup>42)</sup>。しかし、実際の圃場栽培で、高位分けつが母茎の葉鞘内で形成される生殖成長期<sup>50)</sup>の水稻の窒素、デンプンの蓄積量と高位分けつ出現との関係は検討されていない。

本章では、出穂前の通常分けつの茎葉中の窒素およびNSC含量と高位分けつ出現との関係を検

討した.

## 材料と方法

本試験は、2013年に、東京農業大学厚木キャンパス(神奈川県厚木市)のコンクリート枠水田(400cm×200cm)において水稲キヌヒカリ(*Oryza sativa* L. cv. Kinuhikari)を供試し行った。栽培様式は、点播直播を想定した移植栽培とし、1区1水田として反復は設けなかった。播種は、4月29日に播種密度を乾籾重20g/箱(60cm×30cm×3cm)で行った。種籾は約30℃48時間で出芽させ、5月3日まではガラス室で、その後は自然温度下で管理、育苗した。基肥は5月12日に代掻きと同時に、窒素は肥効調節型肥料LPコート100(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=40:0:0)を、リン酸は過リン酸石灰を、カリウムは塩加カリウムを用い、それぞれ成分量で6.5g、14.0gおよび11.0g/m<sup>2</sup>を施用した。移植は5月15日に行い、平均葉齢3.5の苗を、植え付け深度1.0cmで移植した。点播形状は直径5cmの円とし、その円周上に均等な間隔で移植した。移植後、苗が活着した5月20日に全区に、硫安を窒素成分量で0.5g/m<sup>2</sup>施用し、5月25日に雑草防除のためトップガンGT1キロ粒剤51(クミアイ化学工業株式会社製)を1.0g/m<sup>2</sup>散布した。

試験区は、低苗立ち密度を想定した50本区(条間34.0cm×株間34.0cm:8.7株/m<sup>2</sup>×1株苗立ち数6本=52.2本/m<sup>2</sup>)および適正な苗立ち密度を想定した100本区(条間24.0cm×株間24.0cm:17.4株/m<sup>2</sup>×1株苗立ち数6本=104.4本/m<sup>2</sup>)に、通常分けつの抑制を目的とした深水処理の有無(処理を行わない無処理区が0、処理を行う深水区が1)と高位分けつの出現を促すことを目的とした穂肥施肥の有無(穂肥を施肥しない穂肥なし区が0、穂肥を施肥する穂肥あり区が1)を組み合わせた計8区を設けた。すなわち、いずれの処理も行わない50-0-0区および100-0-0区、深水処理を行わず穂肥を施肥する50-0-1区および100-0-1区、深水処理を行い、穂肥を施肥しない50-1-0区および100-1-0区、さらに、深水処理および穂肥施肥を行う50-1-1区および100-1-1区を設けた。穂肥は、化成肥料(N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=17:0:17)を窒素成分量で1.0g/m<sup>2</sup>を出穂16~14日前の7月13日に施用した。すなわち、それぞれの穂肥日は50-0-1区と50-1-1区は出穂16日前、100-0-1区は出穂14日前および100-1-1区は出穂15日前であった。深水処理は、第4章と同様に、段階的深水処

理<sup>32-36, 47, 48)</sup>を用いた。すなわち、深水処理の湛水深は地際から最上位展開葉の葉節までの高さの平均値に2cm加えた深さとした。深水処理は50-1-0区、50-1-1区、100-1-0区および100-1-1区の主茎が5葉期に到達した5月25日から開始し、以後葉齢が1進むごとに最上位展開葉の葉節を2cm沈めた。50-1-0区、50-1-1区、100-1-0区および100-1-1区の深水処理時の平均葉齢はそれぞれ以下の通りである。5葉期は、5.2、5.2、5.2および5.2、6葉期は、6.0、6.0、6.0および6.0、7葉期は、7.4、7.5、7.4および7.3、8葉期は、8.3、8.4、8.1および8.3、9葉期は、9.3、9.4、9.2および9.2、10葉期は、10.2、10.3、10.3および10.3であった。深水処理は、10葉期に到達した6月27日(50-1-0区と50-1-1区)および6月29日(100-1-0区と100-1-1区)まで行い、その後は、10葉期の湛水深25cmを収穫4日前の落水まで維持した。無処理区は移植から収穫4日前の落水まで5cmを維持した。

本試験では、主稈と分けつに分けて、稲体の全窒素含有率およびNSC含有率の測定を行った。また、通常分けつ数および高位分けつ調査を行った。全窒素含有率およびNSC含有率の測定に用いた株は、出穂26~21日前、出穂13~8日前および出穂32日後に、それぞれ生育が中庸な株を50本区は2株ずつ、100本区は4株ずつ選び採取した。なお、出穂前の株の採取時期は次の通りであった。すなわち、50-0-0区と50-0-1区は出穂25日前と13日前、50-1-0区は出穂26日前と9日前、50-1-1区は出穂25日前と8日前であり、100-0-0区と100-0-1区は出穂21日前と11日前、100-1-0区は出穂23日前と11日前、100-1-1区は出穂24日前と12日前であった。株は、根から掘り上げて採取し、主稈と分けつに分けた後、葉身(枯死した葉身は除く)および葉鞘・稈(葉鞘と稈を込みにしたもの)に分け80℃で7日間乾燥させ、それぞれ乾物重を量り粉砕するまで紙袋で常温で保管した。粉砕直前に再度80℃で2時間乾燥させ、粉砕したものを試料とし、全窒素含有率およびNSC含有率の測定に供するまで密封して、室温で保管した。全窒素含有率の測定はCNコーダー(CN CORDER MT-700, ヤナコ分析工業株式会社)で行った。NSC含有率の測定は大西・堀江<sup>37)</sup>の方法に従い、重量法による可溶性物質含有率(NSC)の定量法を用いた。方法は以下の手順の通りである。

#### 1. 非構造的炭水化物(NSC)の抽出



NSCを抽出するため、密栓のできる50mLのねじロビンに粉碎した試料0.5gを量り、蒸留水30mLを加え密栓した後、ホットプレート上で煮沸状態になるまで加熱を行いデンプンを糊化した。加熱終了後、ネジロビンの栓を軽く開けて放冷し、リン酸緩衝液( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ;  $12.08\text{gL}^{-1}$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ ;  $3.98\text{gL}^{-1}$ ,  $\text{NaN}_3$ ;  $0.025\text{gL}^{-1}$ )20mLに $\alpha$ -アミラーゼ(*Bacillus subtilis*由来, 和光純薬)1.5mgとアミログルコシダーゼ(*Rhizopus mold*由来, シグマ社)0.5mgを使用直前に添加した懸濁液を加え40°C48時間の振盪培養を行った。

## 2. 重量法による可溶性物質含有率(NSC含有率)の定量法

アルミ秤量皿に濾紙(Advantiv Tokyo No. 5A)を入れ135°Cで2時間乾燥させた。その後、乾燥させたアルミ秤量皿と濾紙をデシケータに移し、30分間放冷した後「アルミ秤量皿+濾紙」の秤量を行った(空恒量)。その後、40°C48時間振盪培養したNSC抽出液をよく攪拌し、空恒量を量った濾紙を用いて濾過を行った。濾過後、濾紙をアルミ秤量皿に戻し135°Cで2時間乾燥させ、デシケータ内で30分間放冷した後「アルミ秤量皿+濾紙+残渣」の恒量を求めた。これらから得られた残渣乾物重と試料乾物重の差からNSC含有率を算出した。その後、得られたNSC含有率によって試料乾物重からNSC含有量を算出した。

通常分けつ数、高位分けつの調査は、全区生育が中庸な株を8株用いた。高位分けつの調査は、収穫時に母茎(高位分けつが出現した通常分けつ)の葉鞘から高位分けつの葉身が出現したものを高位分けつⅠとし、収穫時に母茎の葉鞘に内包されており、目視で葉身と葉鞘が判別できる状態のものを高位分けつⅡとし、高位分けつⅠの出現数、高位分けつⅡの保有数および幼穂の有無を調査した。本論文では、母茎の葉鞘から高位分けつの葉身が抽出した時点で高位分けつの出現としているため、通常分けつの葉鞘に内包されている高位分けつⅡは「出現」と表現せず、「保有」と表現した。高位分けつの表記は、第2章第1節と同様に後藤・星川の方法<sup>5)</sup>に従った。本試験では、第6節間までが伸長節間であったため、bT6までを高位分けつとした。

## 結果

### 1) 通常分けつの有効茎数

通常分けつの有効茎数を表5-1に示した。有効茎数は、苗立ち密度間で0.1%水準で有意差が認められ、株当たりの有効茎数は50本区の方が100本区より有意に多く、単位面積当たりの有効茎数では100本区の方が50本区より有意に多かった。また、深水処理間で0.1%水準で有意差が認められ、深水区の方が無処理区より有意に多かった。穂肥間では有意な差は見られず、株当たりおよび単位面積当たりの有効茎数は殆ど差は見られなかった。

## 2) 節位別の通常分けつの出現数

通常分けつの出現節位別の出現数および出現率を表5-2に示した。主稈の第1葉葉腋から出現した1次分けつをT1とし、以降、第2～3葉、第4～5葉、第6葉葉腋以上から出現した1次分けつを、それぞれT2～3、T4～5、T6以上とし、これらの1次分けつから出現した2次分けつを2次と表記した。50本区と100本区ともに、主稈を除き、出現した通常分けつの殆どがT2～3およびT4～5であった。50本区は、主稈、T2～3およびT4～5の割合(1個体当たりの通常分けつ数に対する、主稈および節位別の通常分けつ数の割合)が、それぞれ38.4%、27.4%および28.3%であり、T2～3、T4～5の割合に殆ど差は見られなかった。100本区は、主稈、T2～3およびT4～5の割合が、それぞれ53.8%、11.4%および28.7%であり、主稈の割合が高く、T4～5の方がT2～3より高かった。深水処理で見ると、無処理区は主稈およびT4～5の割合がほぼ同じで、T2～3の割合が低かった。深水区は主稈の割合が最も高く、T2～3およびT4～5の割合は17.3%および21.1%であった。

## 3) 高位分けつⅠの出現株数と出現数および高位分けつⅡの保有株数と保有数

高位分けつⅠが1本以上出現した株は50-0-0区、50-0-1区、50-1-0区および50-1-1区でそれぞれ8株中0株、2株、5株および8株であり、100-0-0区、100-0-1区、100-1-0区および100-1-1区でそれぞれ8株中1株、2株、2株および7株であった。株当たりの高位分けつⅠの出現数は、50本区の方が100本区より有意に多かったが、単位面積当たりの高位分けつⅠの出現数では有意な差は見られなかった(表5-3)。また、深水処理間と穂肥間ともに0.1%水準で有意差が認められ、株当たりおよび単位面積当たりの高位分けつⅠの出現数は、深水区の方が無処理区より、穂肥あ

り区の方が穂肥なし区より有意に多かった。高位分けつⅠはすべてが出穂した。高位分けつⅡを1本以上保有した株は、100-1-1区が8株中7株で、それ以外の区はすべての株で保有が確認された。高位分けつⅡの保有数は、苗立ち密度間で0.1%および1%水準で有意差が認められ、株当たりの高位分けつⅡの保有数は50本区の方が100本区より有意に多くなったが、単位面積当たりの高位分けつⅡの保有数は100本区の方が50本区より有意に多かった。また、深水処理間と穂肥間ともに0.1%水準で有意差が認められ、株当たりおよび単位面積当たりの高位分けつⅡの保有数は、深水区の方が無処理区より、穂肥なし区の方が穂肥あり区より有意に多かった。

#### 4) 高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの保有率

高位分けつⅠの出現率(有効茎数に対する高位分けつⅠの出現数の割合)および高位分けつⅡの保有率(有効茎数に対する高位分けつⅡの保有数の割合)を表5-4に示した。高位分けつⅠと高位分けつⅡともに苗立ち密度間では有意な差はなかった。しかし、高位分けつⅠの出現率は、深水処理間および穂肥間で0.1%水準で有意差が認められ、深水区の方が無処理区より、穂肥あり区の方が穂肥なし区より有意に高かった。また、高位分けつⅡの保有率も、深水処理間と穂肥間ともに0.1%水準で有意差が認められ、深水区の方が無処理区より、穂肥なし区の方が穂肥あり区より有意に高かった。

高位分けつⅠの出現数および出現率を主稈および分けつごとに分けて表5-5に示した。50本区と100本区ともに、高位分けつⅠの殆どが主稈から出現し、分けつではT2~3からの出現が多く、分けつの節位が上がるに従い、高位分けつⅠの出現数および出現率は小さくなった。また、2次分けつからの高位分けつⅠの出現はなかった。高位分けつⅡも殆どが主稈に保有されており、分けつではT2~3およびT4~5での保有が多く、分けつの節位が上がるに従い保有数および保有率は小さくなった(表5-6)。

また、有効茎数が少ないほど高位分けつⅠの出現率は高い傾向( $r=-0.437$ )が見られ、高位分けつⅡの保有率も同様の傾向( $r=-0.557$ )が見られた(表5-7)。

## 6) 出穂前および出穂後の葉身および葉鞘・稈の全窒素含有率および全窒素含有量

表5-8に、出穂26～21日前、出穂13～8日前および出穂32日後の葉身の全窒素含有率および全窒素含有量を示した。出穂26～21日前の主稈および分けつの葉身の全窒素含有率はそれぞれ2.53～2.99%と2.54～3.04%の範囲であり、主稈と分けつとの間に差はなかったが、50本区の全窒素含有率が高い傾向が見られた。その後、出穂13～8日前までは、主稈と分けつともに、2.42～3.02%および2.32～2.94%と推移したが、それ以降は全区で低下し、出穂32日後は主稈と分けつの全窒素含有率はそれぞれ1.28～1.71%および1.31～1.86%であった。

葉身の全窒素含有量は、主稈および分けつ1本当たりの生葉の全窒素含有量の合計値である。出穂26～21日前の主稈および分けつの全窒素含有量はそれぞれ10.0～18.0mg/本および4.0～10.0mg/本の範囲で、主稈の方が分けつより多く、また、主稈と分けつともに50-1-0区と50-1-1区が他の区より多い傾向が見られた。その後、全窒素含有量は出穂13～8日前まで増加し、主稈では50-1-0区および50-1-1区が34.0mg/本と最も多く、次いで50-0-0区、50-0-1区および100-1-1区がそれぞれ25.0mg/本、23.0mg/本および23.0mg/本であり、それ以外の区は16.0～19.0mg/本であった。分けつでは、50-1-1区が26.0mg/本と最も多かった。それ以降は、全区で全窒素含有量が低下した。

出穂26～21日前、出穂13～8日前および出穂32日後の葉鞘・稈の全窒素含有率と全窒素含有量を見ると、出穂26～21日前の主稈および分けつの全窒素含有率は、それぞれ1.11～1.36%と1.16～1.27%の範囲であった。それ以降、全窒素含有率は低下し、出穂32日後の主稈および分けつは、それぞれ0.60～0.74%と0.58～0.76%であった。

出穂26～21日前の主稈および分けつの全窒素含有量は、それぞれ6.0～10.0mg/本と3.0～4.0mg/本であり主稈の方が分けつより多かった。その後、全窒素含有量は増加し出穂13～8日前の主稈では、50-1-1区および50-1-0区が著しく増加し、それぞれ24.0mg/本および22.0mg/本であり、分けつでは50-1-1区の増加が著しく16.0mg/本であった。出穂32日後は、主稈では、50-1-1区は全窒素含有量が低下しなかったが、それ以外の区は低下した。分けつでは、50-1-1区、50-1-0区、100-1-0区および100-0-1区で全窒素含有量が増加し、それ以外の区では低下した。

## 7) 出穂前および出穂後の葉身および葉鞘・稈のNSC含有率およびNSC含有量

表5-9に、出穂26～21日前、出穂13～8日前および出穂32日後の葉身のNSC含有率と含有量を示した。出穂26～21日前の主稈および分げつの葉身のNSC含有率はそれぞれ14.2～16.1%と14.7～16.1%の範囲であり主稈と分げつとの間に差は見られなかった。その後、主稈と分げつともにNSC含有率は低下し出穂13～8日前では、それぞれ7.4～10.1%と7.5～11.1%となり、出穂32日後には主稈と分げつでそれぞれ8.7～11.6%と7.4～11.4%となりわずかにNSC含有率が増加した。

葉身のNSC含有量は、主稈および分げつ1本当たりの生葉のNSC含有量の合計値である。出穂26～21日前の主稈および分げつは57.0～99.0mg/本および28.0～52.0mg/本の範囲で主稈の方が分げつより多く、また、主稈と分げつともに50-1-0区および50-1-1区が他の区よりNSC含有量が多い傾向が見られた。その後、NSC含有量は出穂13～8日前まで増加し、主稈では50-1-0区および50-1-1区がそれぞれ118.0mg/本と116.0mg/本と多く、それ以外の区は52.0～87.0 mg/本であった。分げつでは、50-1-1区が92.0 mg/本と最も多かった。出穂32日後は、主稈では50-1-1区、100-1-1区および100-1-0区で、また分げつでは50-1-1区でNSC含有量の増加が見られた。

出穂26～21日前、出穂13～8日前および出穂32日後の葉鞘・稈のNSC含有率とNSC含有量を見ると、出穂26～21日前の主稈および分げつのNSC含有率は、それぞれ26.3～33.3%と30.1～33.5%の範囲であった。出穂13～8日前で全区のNCS含有率は低下したが、50-1-1区および50-1-0区の主稈と分げつは出穂32日後までNSC含有率が維持された。

出穂26～21日前の主稈および分げつのNSC含有量は、それぞれ138.0～214.0mg/本と71.0～120.0mg/本であり主稈の方が分げつより多かった。出穂13～8日前の主稈では50-1-1区および50-1-0区でNSC含有量が著しく増加し、それぞれ560.0mg/本と477.0mg/本であり、分げつでは50-1-1区の増加が著しく384.0mg/本であった。出穂32日後は、50-1-1区および50-1-0区の主稈と分げつでNSC含有量が増加し、それぞれ963.0mg/本、616.0mg/本、870.0mg/本および432.0mg/本であったが、それ以外の区では減少あるいは変化しなかった。

## 8) 出穂前および出穂後の全窒素含有量と高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの

### 保有率との関係

出穂26～21日前，出穂13～8日前および出穂32日後における主稈および分けつの葉身の全窒素含有量と高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの保有率との関係を図5-1，図5-2に示した。主稈と分けつともに，いずれの時期においても葉身の全窒素含有量が多いほど高位分けつⅠの出現率が高く，主稈では，出穂32日後の葉身の全窒素含有量と高位分けつⅠの出現率との間に5%水準で有意な正の相関( $r=0.735$ )が認められ，分けつでは，出穂13～8日前および出穂32日後の葉身の全窒素含有量と高位分けつⅠの出現率との間にそれぞれ1%水準で有意な正の相関( $r=0.857$ ， $r=0.902$ )が認められた。また，高位分けつⅡの保有率も，主稈と分けつともに，いずれの時期においても葉身の全窒素含有量が多いほど高く，分けつでは，出穂26～21日前の葉身の全窒素含有量と高位分けつⅡの保有率との間に5%水準で有意な正の相関( $r=0.752$ )が認められた。

出穂26～21日前，出穂13～8日前および出穂32日後における主稈および分けつの葉鞘・稈の全窒素含有量と高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの保有率との関係を，図5-3，図5-4に示した。主稈と分けつともに，いずれの時期においても葉鞘・稈の全窒素含有量が多いほど高位分けつⅠの出現率が高く，分けつでは，出穂13～8日前および出穂32日後の葉鞘・稈の全窒素含有量と高位分けつⅠの出現率との間に，それぞれ1%水準で有意な正の相関( $r=0.893$ ， $r=0.922$ )が認められた。高位分けつⅡの保有率も，主稈と分けつともに，いずれの時期においても葉鞘・稈の全窒素含有量が多いほど高位分けつⅡの保有率が高く，分けつでは，出穂26～21日前および出穂32日後の葉鞘・稈の全窒素含有量と高位分けつⅡの保有率との間に，それぞれ5%水準で有意な正の相関( $r=0.775$ ， $r=0.698$ )が認められた。

## 9) 出穂前および出穂後のNSC含有量と高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの

### 保有率との関係

出穂26～21日前，出穂13～8日前および出穂32日後における主稈および分けつの葉身のNSC含

有量と高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの保有率との関係を、図5-5、図5-6に示した。主稈では、いずれの時期においても葉身のNSC含有量が多いほど高位分けつⅠの出現率が高く、出穂32日後の葉身のNSC含有量と高位分けつⅠの出現率との間に、5%水準で有意な正の相関( $r=0.712$ )が認められた。分けつでは、出穂13~8日前および出穂32日後の葉身のNSC含有量と高位分けつⅠの出現率との間に、それぞれ5%および1%水準で有意な正の相関( $r=0.808$ ,  $r=0.941$ )が認められた。高位分けつⅡの保有率も、葉身のNSC含有量が多いほど高く、分けつでは、出穂26~21日前の葉身のNSC含有量と高位分けつⅡの保有率との間に正の相関( $r=0.877$ )が認められた。

出穂26~21日前、出穂13~8日前および出穂32日後における主稈および分けつの葉鞘・稈のNSC含有量と高位分けつⅠの出現率との関係を、図5-7、図5-8に示した。主稈と分けつともに、いずれの時期においても葉鞘・稈のNSC含有量が多いほど高位分けつⅠの出現率が高く、分けつでは、出穂13~8日前および出穂32日後の葉鞘・稈のNSC含有量と高位分けつⅠの出現率との間に、それぞれ1%水準で有意な正の相関( $r=0.928$ ,  $r=0.936$ )が認められた。高位分けつⅡの保有率も同様に、葉鞘・稈のNSC含有量が多いほど高位分けつⅡの保有率が高かった。

## 考察

本試験では、50-0-0区を除いた区で高位分けつが確認され、高位分けつⅠの出現数と出現率および高位分けつⅡの保有数と保有率は、深水処理間では深水区が有意に大きく、穂肥間では穂肥あり区が有意に大きかった(表5-3)。また、単位面積当たりの有効茎数が少ないほど高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの保有率が高い傾向が見られた(表5-7)。さらに、出穂26~21日前、出穂13~8日前および出穂32日後の葉身および葉鞘・稈の全窒素含有量とNSC含有量は、50本区の方が100本区より、深水区の方が無処理区より、穂肥あり区の方が穂肥なし区より、主稈の方が分けつより多かった(表5-8、表5-9)。高位分けつの生長には、母茎の茎葉中に窒素やデンプンが豊富に蓄積される必要がある<sup>42)</sup>。通常分けつ数と高位分けつ出現との関係については、単位面積当たりの有効茎が少ない状態に穂肥を施肥すること<sup>25)</sup>、通常分けつが抑制され有

効茎が少なくなること<sup>26)</sup>で高位分げつが出現すると報告されている。また、第2章第2節において、母茎は出穂期前の蓄積炭水化物が豊富で、かつ出穂後の炭水化物生産量が多いと考えられた。これらのことから、深水区は通常分げつの抑制によって有効茎数が少なくなり、有効茎1本当たりの全窒素含有量とNSC含有量に余裕が生じ、さらに穂肥によって、養分蓄積量が豊富になり高位分げつが多発したと考えられる。また、穂肥によって穂肥あり区の方が穂肥なし区より、有効茎1茎当たりの全窒素含有量とNSC含有量が多くなり(表5-8, 表5-9), 高位分げつⅡの生長が促されたため、穂肥あり区で母茎の葉鞘外に出現した高位分げつⅠの出現数が多くなったと推察する。

高位分げつⅠの出現数および高位分げつⅡの保有数は、主稈が最も多く、次いでT2～T3が多く、T4～5では殆ど見られなかった(表5-5, 5-6)。出穂26～21日前, 出穂13～8日前および出穂32日後の葉身および葉鞘・稈の全窒素含有量とNSC含有量が多いほど、高位分げつⅠの出現率および高位分げつⅡの保有率は高い傾向が見られた(図5-1, 図5-2, 図5-3, 図5-4, 図5-5, 図5-6, 図5-7, 図5-8)。主稈および低位の分げつは出穂期までの窒素吸収量が多く、出穂期前の蓄積炭水化物量が多いが、高位、高次の分げつは出穂期までの生长期間が短く、さらに下位節の分げつとの養分競合<sup>58)</sup>により出穂期における窒素保有量や蓄積炭水化物量が少ない<sup>51)</sup>。本試験も、葉身および葉鞘・稈の全窒素含有量とNSC含有量は主稈の方が分げつより多かった。このことから、主稈の方が分げつより、高位分げつⅠの出現数および高位分げつⅡの保有数が多かったと考えられる。また、本試験では、全窒素含有量とNSC含有量を分げつ節位別に測定していないが、T2～3は、T4以上の分げつより窒素および蓄積炭水化物が多いため、高位分げつⅠの出現数と高位分げつⅡの保有数が多くなったと推察する。

これらのことから、通常分げつの出現が抑制され、単位面積当たりの有効茎数が少なくなると、出穂前の通常分げつに全窒素含有量およびNSC含有量の余裕が生じ、母茎の葉鞘内に高位分げつⅡが保有されることが推察された。その後、穂肥によって、出穂期前の全窒素含有量およびNSC含有量が多くなると、母茎の葉鞘に内包されている高位分げつⅡの生長が促され、高位分げつⅠとして母茎の葉鞘外に出現することが推察された。



表5-1 通常分げつの有効茎数

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	深水 処理	穂肥 施肥	有効茎数	
			株当たり (本/株)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )
50	0	0	20.1 ± 1.0	175.1 ± 8.6
		1	18.0 ± 0.8	156.6 ± 6.8
	1	0	13.5 ± 1.3	117.5 ± 11.0
		1	14.4 ± 1.1	125.1 ± 9.1
100	0	0	12.6 ± 0.6	219.7 ± 10.9
		1	14.9 ± 0.5	258.8 ± 8.3
	1	0	10.4 ± 0.8	180.5 ± 13.1
		1	9.9 ± 1.2	171.8 ± 20.7
50本			16.5	143.6
100本			11.9	207.7
深水なし(0)			16.4	202.6
深水あり(1)			12.0	148.7
穂肥なし(0)			14.2	173.2
穂肥あり(1)			14.3	178.1
苗立ち密度 (A)			***	***
深水処理 (B)			***	***
穂肥施肥 (C)			n. s.	n. s.
A×B			n. s.	n. s.
A×C			n. s.	n. s.
B×C			n. s.	n. s.
A×B×C			*	*

数値は、平均値±標準誤差を示す。有効茎の調査は、全区8株で行った。深水処理の0は無処理区を、1は深水区を示す。穂肥施肥の0は穂肥なし区を、1は穂肥あり区を示す。\*および\*\*\*はそれぞれ5%および0.1水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。

表5-2 通常分げつの出現節位

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	深水 処理	穂肥 施肥	通常分げつ数(本/個体)						通常分げつの割合(%)					
			主稈	T2~3	T4~5	T6以上	2次	合計	主稈	T2~3	T4~5	T6以上	2次	合計
50	0	0	1.0	1.0	1.2	0.0	0.1	3.4	30.3	29.4	35.2	1.9	3.2	100.0
		1	1.0	0.9	1.0	0.2	0.0	3.0	33.8	28.4	31.3	5.9	0.6	100.0
	1	0	1.0	0.5	0.6	0.1	0.1	2.3	46.4	21.2	26.8	2.5	3.1	100.0
		1	1.0	0.7	0.5	0.0	0.2	2.4	43.2	30.4	19.7	0.0	6.7	100.0
100	0	0	1.0	0.3	0.8	0.0	0.0	2.1	48.4	13.5	38.1	0.0	0.0	100.0
		1	1.0	0.4	1.0	0.2	0.0	2.5	40.6	14.5	38.8	6.1	0.0	100.0
	1	0	1.0	0.3	0.4	0.0	0.0	1.7	59.9	17.6	22.4	0.0	0.0	100.0
		1	1.0	0.0	0.3	0.3	0.1	1.7	66.3	0.0	15.4	14.9	3.3	100.0
50本			1.0	0.8	0.8	0.1	0.1	2.7	38.4	27.4	28.3	2.6	3.4	100.0
100本			1.0	0.2	0.6	0.1	0.0	2.0	53.8	11.4	28.7	5.3	0.8	100.0
深水なし(0)			1.0	0.6	1.0	0.1	0.0	2.7	38.3	21.4	35.9	3.5	1.0	100.0
深水あり(1)			1.0	0.4	0.5	0.1	0.1	2.0	54.0	17.3	21.1	4.4	3.3	100.0
穂肥なし(0)			1.0	0.5	0.8	0.0	0.1	2.4	46.3	20.4	30.6	1.1	1.6	100.0
穂肥あり(1)			1.0	0.5	0.7	0.1	0.1	2.4	46.0	18.3	26.3	6.7	2.7	100.0

深水処理の0は無処理区を、1は深水区を示す。穂肥施肥の0は穂肥なし区を、1は穂肥あり区を示す。主稈の第1葉葉腋から出現した1次分げつをT1と表し、それ以降、順に主稈の第2~3葉葉腋、第4~5葉葉腋および第6葉葉腋以上から出現した1次分げつを、それぞれT2~3、T4~5、T6以上と表し、それら1次分げつから出現した2次分げつを2次と表した。通常分げつの割合は、通常分げつ数の合計に対する、主稈、T2~3、T4~5、T6以上および2次の通常分げつ数の割合を示す。

表5-3 高位分げつⅠの出現数および高位分げつⅡの保有数

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	深水 処理	穂肥 施肥	高位分げつⅠ			高位分げつⅡ			高位分げつⅠと 高位分げつⅡの合計数	
			出現株数		保有株数		保有数		株当たり (本/株)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )
			株当たり (本/株)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )	株/8株	(株/8株)	株当たり (本/株)	m <sup>2</sup> 当たり (本/m <sup>2</sup> )		
50	0	0	0.0±0.0	0.0±0.0	8	7.3±1.7	63.1±14.8	7.3±1.7	63.1±14.8	
		1	0.5±0.4	4.4±3.3	8	5.0±1.2	43.5±10.4	5.5±1.2	47.9±10.7	
	1	0	1.4±0.5	12.0±4.3	8	19.9±1.9	172.9±16.9	21.3±1.9	184.9±16.8	
		1	5.8±1.0	50.0±8.3	8	16.5±2.4	143.6±20.5	22.3±2.0	193.6±17.5	
100	0	0	0.4±0.4	6.5±6.5	8	8.8±0.5	152.3±7.9	9.1±0.7	158.8±12.1	
		1	0.3±0.2	4.4±2.8	8	5.3±1.3	91.4±21.8	5.5±1.2	95.7±21.6	
	1	0	0.3±0.2	4.4±2.8	8	13.0±1.5	226.2±26.7	13.3±1.6	230.6±28.6	
		1	3.4±0.8	58.7±14.7	7	5.1±1.5	89.2±25.8	8.5±0.8	147.9±14.7	
50本		1.9	16.6		12.2	105.8	14.1	122.3		
100本		1.1	18.5		8.0	139.7	9.1	158.2		
深水なし(0)		0.3	3.8		6.6	87.5	6.8	91.4		
深水あり(1)		2.7	31.3		13.6	158.0	16.3	189.2		
穂肥なし(0)		0.5	5.7		12.2	153.6	12.7	159.3		
穂肥あり(1)		2.5	29.4		8.0	91.9	10.4	121.3		
苗立ち密度 (A)		*	n. s.		***	*	***	**		
深水処理 (B)		***	***		***	***	***	***		
穂肥施肥 (C)		***	***		***	***	*	**		
A×B		*	n. s.		***	*	***	**		
A×C		n. s.	n. s.		n. s.	**	n. s.	**		
B×C		***	***		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.		
A×B×C		n. s.	n. s.		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.		

数値は、平均値±標準誤差を示す。高位分げつの調査は、全区8株で行った。高位分げつⅠおよび高位分げつⅡについては、表3-3脚注参照。\*、\*\*および\*\*\*はそれぞれ5%、1%および0.1%水準で有意差があることを示し、n. s.は有意差がないことを示す。

**表5-4** 高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの保有率

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	深水 処理	穂肥 施肥	高位 分けつⅠの 出現率(%)	高位 分けつⅡの 保有率(%)	高位分けつⅠと 高位分けつⅡの 合計(%)
50	0	0	0.0	35.6	35.6
		1	2.4	27.6	30.1
	1	0	9.9	154.7	164.6
		1	40.5	116.4	156.9
100	0	0	2.7	70.6	73.3
		1	1.6	35.8	37.4
	1	0	2.1	125.9	128.0
		1	42.5	46.1	88.6
50本			13.2	83.6	96.8
100本			12.2	69.6	81.8
深水なし(0)			1.7	42.4	44.1
深水あり(1)			23.7	110.8	134.5
穂肥なし(0)			3.7	96.7	100.4
穂肥あり(1)			21.8	56.5	78.2
苗立ち密度 (A)			n. s.	n. s.	n. s.
深水処理 (B)			***	***	***
穂肥施肥 (C)			***	***	**
A×B			n. s.	***	***
A×C			n. s.	*	*
B×C			***	*	n. s.
A×B×C			n. s.	n. s.	n. s.

高位分けつⅠおよび高位分けつⅡについては、表3-3脚注参照。高位分けつⅠの出現率、高位分けつⅡの保有率および高位分けつⅠと高位分けつⅡの合計については、表3-4脚注参照。\*および\*\*\*はそれぞれ5%および0.1%水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。

**表5-5** 分けつ位別に見た高位分けつⅠの出現数および高位分けつⅠの出現率

苗立ち 密度 (本/㎡)	深水 処理	穂肥 施肥	高位分けつⅠの出現数(本/株)						高位分けつⅠの出現率(%)					
			主稈	T2~3	T4~5	T6以上	2次	合計	主稈	T2~3	T4~5	T6以上	2次	合計
50	0	0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
		1	0.0	0.3	0.3	0.0	0.0	0.5	0.0	1.2	1.3	0.0	0.0	2.4
	1	0	1.0	0.3	0.0	0.0	0.0	1.4	7.1	1.9	0.0	0.0	0.0	9.9
		1	3.9	1.1	0.8	0.0	0.0	5.8	28.2	7.1	5.2	0.0	0.0	40.5
100	0	0	0.3	0.0	0.1	0.0	0.0	0.4	1.8	0.0	0.9	0.0	0.0	2.7
		1	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.6	0.0	0.0	0.0	0.0	1.6
	1	0	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	2.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.1
		1	3.3	0.0	0.1	0.0	0.0	3.4	41.2	0.0	1.3	0.0	0.0	42.5
50本			1.2	0.4	0.3	0.0	0.0	1.9	8.8	2.5	1.6	0.0	0.0	13.2
100本			1.0	0.0	0.1	0.0	0.0	1.1	11.7	0.0	0.5	0.0	0.0	12.2
深水なし(0)			0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.3	0.9	0.3	0.5	0.0	0.0	1.7
深水あり(1)			2.1	0.3	0.2	0.0	0.0	2.7	19.7	2.2	1.6	0.0	0.0	23.7
穂肥なし(0)			0.4	0.1	0.0	0.0	0.0	0.5	2.8	0.5	0.2	0.0	0.0	3.7
穂肥あり(1)			1.8	0.3	0.3	0.0	0.0	2.5	17.8	2.1	1.9	0.0	0.0	21.8

深水処理の0は無処理区を，1は深水区を示す．穂肥施肥の0は穂肥なし区を，1は穂肥あり区を示す．高位分けつⅠについては，表3-3脚注参照．表中の数値は，主稈と1次分けつのT2~3，T4~5，T6以上および2次分けつから出現した高位分けつⅠの出現数と出現率を示す．高位分けつⅠの出現率は，表5-4の高位分けつⅠの出現率を，主稈，T2~3，T4~5，T6以上および2次に分けて示した．

**表5-6** 分けつ位別に見た高位分けつⅡの保有数および高位分けつⅡの保有率

苗立ち 密度 (本/㎡)	深水 処理	穂肥 施肥	高位分けつⅡの保有数(本/株)						高位分けつⅡの保有率(%)					
			主稈	T2~3	T4~5	T6以上	2次	合計	主稈	T2~3	T4~5	T6以上	2次	合計
50	0	0	2.8	2.8	1.8	0.0	0.0	7.3	13.9	13.1	8.6	0.0	0.0	35.6
		1	1.6	1.6	1.3	0.1	0.0	5.0	9.3	8.7	6.8	0.8	0.0	27.6
	1	0	10.1	3.9	5.3	0.4	0.4	19.9	81.2	31.1	38.4	2.4	2.5	154.7
		1	7.9	5.8	2.5	0.0	0.4	16.5	56.9	40.7	16.9	0.0	2.1	116.4
100	0	0	4.6	0.9	3.3	0.0	0.0	8.8	37.3	6.7	26.5	0.0	0.0	70.6
		1	2.5	0.9	1.8	0.1	0.0	5.3	17.5	5.5	11.9	0.9	0.0	35.8
	1	0	7.4	2.3	3.4	0.0	0.0	13.0	74.8	19.2	31.9	0.0	0.0	125.9
		1	3.0	0.0	1.8	0.4	0.0	5.1	28.7	0.0	14.7	2.7	0.0	46.1
50本			5.6	3.5	2.7	0.1	0.2	12.2	40.3	23.4	17.7	0.8	1.2	83.6
100本			4.4	1.0	2.5	0.1	0.0	8.0	39.6	7.9	21.3	0.9	0.0	69.6
深水なし(0)			2.9	1.5	2.0	0.1	0.0	6.6	19.5	8.5	13.5	0.4	0.0	42.4
深水あり(1)			7.1	3.0	3.2	0.2	0.2	13.6	60.4	22.7	25.5	1.3	1.2	110.8
穂肥なし(0)			6.2	2.4	3.4	0.1	0.1	12.2	51.8	17.5	26.4	0.6	0.6	96.7
穂肥あり(1)			3.8	2.1	1.8	0.2	0.1	8.0	28.1	13.7	12.6	1.1	0.5	56.5

深水処理の0は無処理区を，1は深水区を示す．穂肥施肥の0は穂肥なし区を，1は穂肥あり区を示す．高位分けつⅡについては，表3-3脚注参照．表中の数値は，主稈と1次分けつのT2~3，T4~5，T6以上および2次分けつに保有されていた高位分けつⅡの保有数と保有率を示す．高位分けつⅡの保有率は，表5-4の高位分けつⅡの保有率を，主稈，T2~3，T4~5，T6以上，2次に分けて示した．

**表5-7** 全試験区を込みにした有効茎数と高位分けつⅠの出現率および高位分けつⅡの保有率との関係

	m <sup>2</sup> 当たり有効茎数		
	高位 分けつⅠ 出現率(%)	高位 分けつⅡ 保有率(%)	高位分けつⅠと 高位分けつⅡの 合計(%)
相関係数	-0.437	-0.557	-0.641
有意性	n. s.	n. s.	n. s.

高位分けつⅠおよび高位分けつⅡについては、表3-3脚注参照。n. s. は有意でないことを示す。

表5-8 出穂前および出穂後の葉身および葉鞘・稈の全窒素含有率および全窒素含有量

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	深水处理	穂肥 施肥	分けつ の種類	生葉数 (枚/本)			葉身 全窒素含有率(%)			葉鞘・稈 全窒素含有率(%)								
				A	B	C	A	B	C	A	B	C						
				7.3	7.9	4.1	2.80	2.76	1.36	12.0	23.0	10.0	1.22	1.01	0.64	7.0	13.0	11.0
50	0	1	0	7.7	7.9	3.5	2.72	2.86	1.38	12.0	25.0	8.0	1.14	1.17	0.63	7.0	15.0	9.0
	1	0	0	5.7	6.3	3.6	2.99	2.94	1.57	17.0	34.0	14.0	1.36	1.06	0.69	9.0	22.0	16.0
	0	1	1	6.2	6.7	4.1	2.86	3.02	1.49	18.0	34.0	19.0	1.28	1.09	0.70	10.0	24.0	25.0
100	0	0	0	7.1	7.5	3.5	2.54	2.60	1.28	11.0	16.0	7.0	1.12	1.01	0.60	6.0	12.0	9.0
	1	0	1	6.9	7.2	4.0	2.53	2.57	1.43	10.0	18.0	9.0	1.11	1.04	0.68	6.0	11.0	9.0
	1	1	0	5.1	5.8	4.0	2.65	2.42	1.55	11.0	17.0	11.0	1.25	0.94	0.65	7.0	12.0	12.0
50	0	0	0	5.3	6.8	4.3	2.66	2.79	1.71	11.0	25.0	14.0	1.21	1.14	0.74	7.0	15.0	14.0
	1	0	0	5.1	6.7	3.8	2.86	2.69	1.36	7.0	15.0	7.0	1.27	1.05	0.62	4.0	9.0	8.0
	1	1	0	4.9	6.0	3.6	2.75	2.94	1.37	6.0	16.0	7.0	1.21	1.22	0.61	4.0	9.0	8.0
100	0	0	0	4.6	5.6	3.9	3.09	2.84	1.57	10.0	19.0	11.0	1.41	1.06	0.69	5.0	11.0	13.0
	1	0	1	4.3	6.0	3.8	2.81	2.93	1.53	8.0	26.0	17.0	1.27	1.09	0.67	5.0	16.0	22.0
	1	1	0	4.7	6.1	3.7	2.54	2.79	1.31	4.0	12.0	5.0	1.16	1.09	0.58	3.0	8.0	6.0
50本 100本	0	0	0	5.1	5.9	3.6	2.59	2.65	1.47	5.0	8.0	6.0	1.23	1.09	0.67	3.0	5.0	6.0
	1	0	0	4.4	5.0	3.8	2.55	2.32	1.55	6.0	9.0	8.0	1.22	0.99	0.66	4.0	6.0	9.0
	1	1	0	4.3	6.0	4.2	2.55	2.82	1.86	5.0	15.0	8.0	1.19	1.24	0.76	3.0	9.0	7.0
深水分なし 深水分あり	0	0	0	5.7	6.6	3.8	2.86	2.87	1.45	11.3	24.0	11.6	1.27	1.09	0.66	6.4	14.9	14.0
	1	0	0	5.3	6.3	3.9	2.58	2.62	1.52	7.9	15.0	8.5	1.19	1.07	0.67	4.9	9.8	9.0
	1	1	0	6.1	6.9	3.7	2.67	2.73	1.37	8.4	16.6	7.4	1.18	1.09	0.63	5.0	10.3	8.3
穂肥なし 穂肥あり	0	0	0	5.0	6.0	3.9	2.77	2.76	1.60	10.8	22.4	12.8	1.27	1.08	0.70	6.3	14.4	14.8
	1	0	0	5.5	6.3	3.8	2.75	2.67	1.44	9.8	18.1	9.1	1.25	1.03	0.64	5.6	11.6	10.5
	1	1	0	5.6	6.5	3.9	2.68	2.82	1.53	9.4	20.9	11.0	1.21	1.14	0.68	5.6	13.0	12.5
主稈 分けつ	0	0	0	6.4	7.0	3.9	2.72	2.75	1.47	12.8	24.0	11.5	1.21	1.06	0.67	7.4	15.5	13.1
	1	1	0	4.7	5.9	3.8	2.72	2.75	1.50	6.4	15.0	8.6	1.25	1.10	0.66	3.9	9.1	9.9

A: 出穂26～21日前, B: 出穂13～8日前, C: 出穂32日後を示す. 出穂26～21日前, 出穂13～8日前および出穂32日後は, 各区の通常分けつの出穂日を0として示した. 株のサンプリングは, 50-0-0区と50-0-1区は, 出穂25日前と13日前, 50-1-0区は, 同26日前と9日前および50-1-1区は同25日前と8日前に行い, 100-0-0区と100-0-1区は, 出穂21日前と11日前, 100-1-0区は, 同23日前と11日前および100-1-1区は, 同24日前と12日前に行った. また, 穂肥の施肥は, 50-0-1区, 50-1-1区, 100-0-1区および100-1-1区は, それぞれ出穂16日前, 17日前, 14日前および出穂15日前に行った. 葉身の全窒素含有量(mg/本)は, 主稈および分けつ1本当たりの生葉の全窒素含有量の合計を表す.

表5-9 出穂前および出穂後の葉身および葉鞘・稈のNSC含有率およびNSC含有量

苗立ち 密度 (本/m <sup>2</sup> )	深水处理	穂肥 施肥	分けつ の種類	葉身						葉鞘・稈									
				生葉数 (枚/本)			NSC含有率(%)			NSC含有量(mg/本)			NSC含有率(%)			NSC含有量(mg/本)			
				A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	
50	0	1	主稈	7.3	7.9	4.1	15.3	9.8	10.3	68.0	82.0	74.0	33.3	21.1	11.9	188.0	264.0	198.0	
				7.7	7.9	3.5	15.2	10.1	11.6	67.0	87.0	66.0	33.1	22.5	11.7	211.0	289.0	174.0	
				5.7	6.3	3.6	15.3	10.1	9.8	85.0	116.0	89.0	28.8	23.4	26.9	199.0	477.0	616.0	
	100	0	1	主稈	6.2	6.7	4.1	16.1	10.5	11.5	99.0	118.0	150.0	28.6	25.0	26.5	214.0	560.0	963.0
					7.1	7.5	3.5	14.7	8.6	8.7	63.0	53.0	47.0	28.5	22.6	9.7	160.0	263.0	140.0
					6.9	7.2	4.0	14.6	8.7	10.0	58.0	60.0	60.0	28.6	21.0	9.2	156.0	232.0	126.0
50	0	1	分けつ	5.1	5.8	4.0	14.2	7.4	10.6	57.0	52.0	73.0	26.3	19.9	14.1	138.0	244.0	261.0	
				5.3	6.8	4.3	14.3	7.8	11.5	61.0	70.0	97.0	26.3	21.4	16.6	145.0	281.0	307.0	
				5.1	6.7	3.8	15.4	10.7	10.6	35.0	58.0	57.0	33.4	22.8	11.4	107.0	186.0	142.0	
	100	0	1	分けつ	4.9	6.0	3.6	15.4	10.0	11.4	32.0	54.0	60.0	33.5	22.7	12.6	105.0	171.0	172.0
					4.6	5.6	3.9	15.4	11.1	9.5	52.0	73.0	66.0	30.9	23.0	23.7	120.0	234.0	432.0
					4.3	6.0	3.8	16.1	10.6	11.8	48.0	92.0	133.0	30.4	25.5	26.9	119.0	384.0	870.0
50	0	1	分けつ	4.7	6.1	3.7	15.7	8.8	7.4	28.0	39.0	27.0	30.1	21.4	12.4	73.0	157.0	121.0	
				5.1	5.9	3.6	15.6	9.6	9.4	32.0	28.0	38.0	30.6	23.0	12.3	80.0	106.0	118.0	
				4.4	5.0	3.8	14.7	9.1	8.1	36.0	37.0	41.0	30.5	19.8	14.7	92.0	119.0	205.0	
	100	0	1	分けつ	4.3	6.0	4.2	15.8	7.5	10.4	28.0	41.0	43.0	30.1	19.4	17.2	71.0	146.0	166.0
					5.7	6.6	3.8	15.5	10.4	10.8	60.8	85.0	86.9	31.5	23.3	18.9	157.9	320.6	445.9
					5.3	6.3	3.9	14.9	8.4	9.5	45.4	47.5	53.3	28.9	21.1	13.3	114.4	193.5	180.5
50	0	1	分けつ	6.1	6.9	3.7	15.2	9.5	9.9	47.9	57.6	53.6	31.4	22.1	11.4	135.0	208.5	148.9	
				5.0	6.0	3.9	15.2	9.3	10.4	58.3	74.9	86.5	29.0	22.2	20.8	137.3	305.6	477.5	
				5.5	6.3	3.8	15.1	9.4	9.4	53.0	63.8	59.3	30.2	21.7	15.6	134.6	243.0	264.4	
	100	0	1	分けつ	5.6	6.5	3.9	15.4	9.4	11.0	53.1	68.8	80.9	30.2	22.6	16.6	137.6	271.1	362.0
					6.4	7.0	3.9	14.9	9.1	10.5	69.8	79.8	82.0	29.2	22.1	15.8	176.4	326.3	348.1
					4.7	5.9	3.8	15.5	9.7	9.8	36.4	52.8	58.1	31.2	22.2	16.4	95.9	187.9	278.3

A：出穂26～21日前，B：出穂32日後を示す。出穂26～21日前，出穂13～8日前および出穂32日後は，各区の通常分けつ  
の出穂日を0として示した。株のサンプリングおよび穂肥の施肥については，表5-8脚注参照。葉身のNSC含有量 (mg/本) は，主稈および分  
げつ1本当たりの生葉のNSC含有量の合計を表す。

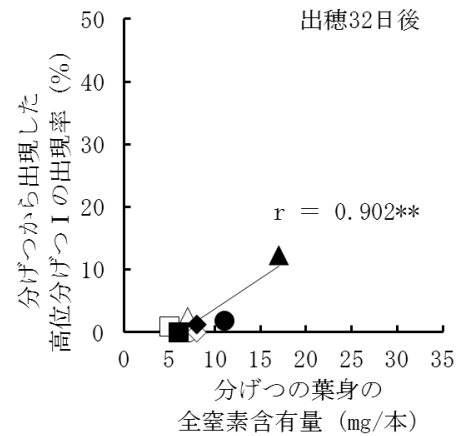
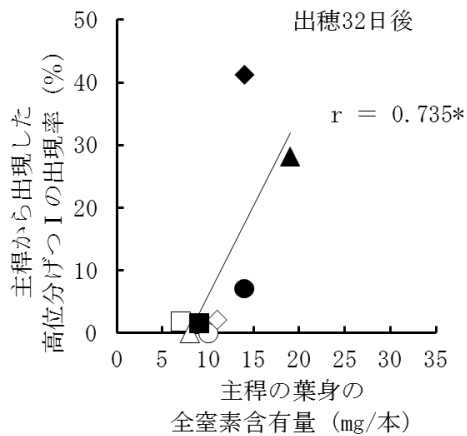
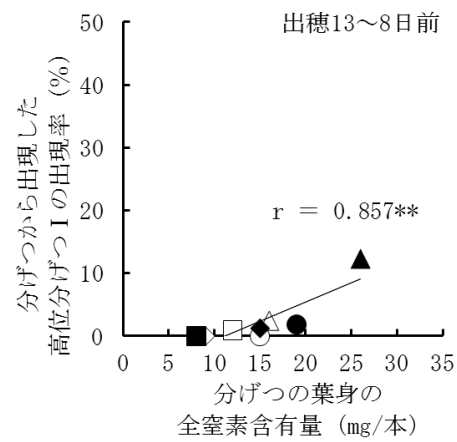
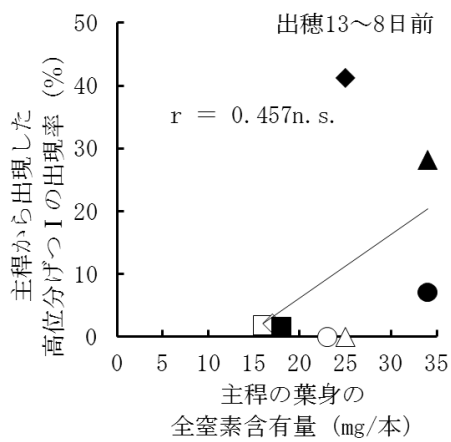
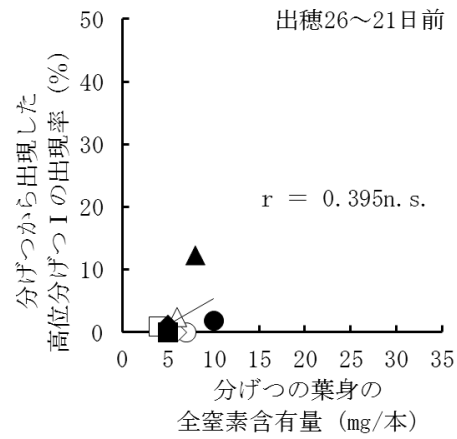
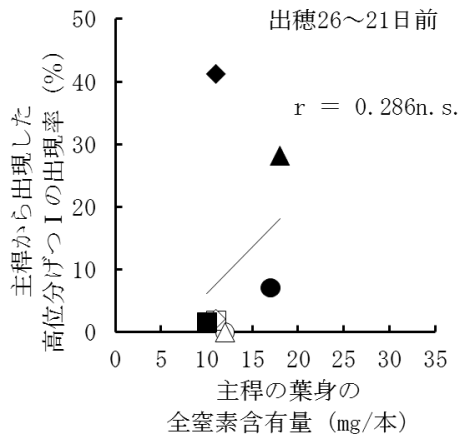


図5-1 出穂前および出穂後の葉身の全窒素含有量と高位分げつ I の出現率との関係

○ 50-0-0区 ● 50-0-1区 △ 50-1-0区 ▲ 50-1-1区  
□ 100-0-0区 ■ 100-0-1区 ◇ 100-1-0区 ◆ 100-1-1区

出穂26~21日前, 出穂13~8日前および出穂32日後については, 表5-8脚注参照. 各区の株のサンプリングおよび穂肥施肥日については表5-8脚注参照. 葉身の全窒素含有量(mg/本)は, 主稈および分げつ1本当たりの生葉の全窒素含有量の合計を表す. 各区の主稈および分げつの平均葉数は表5-8脚注参照. 高位分げつ I については, 表3-3脚注参照. \*および\*\*はそれぞれ5%および1%水準で有意であることを示し, n. s. は有意でないことを示す.



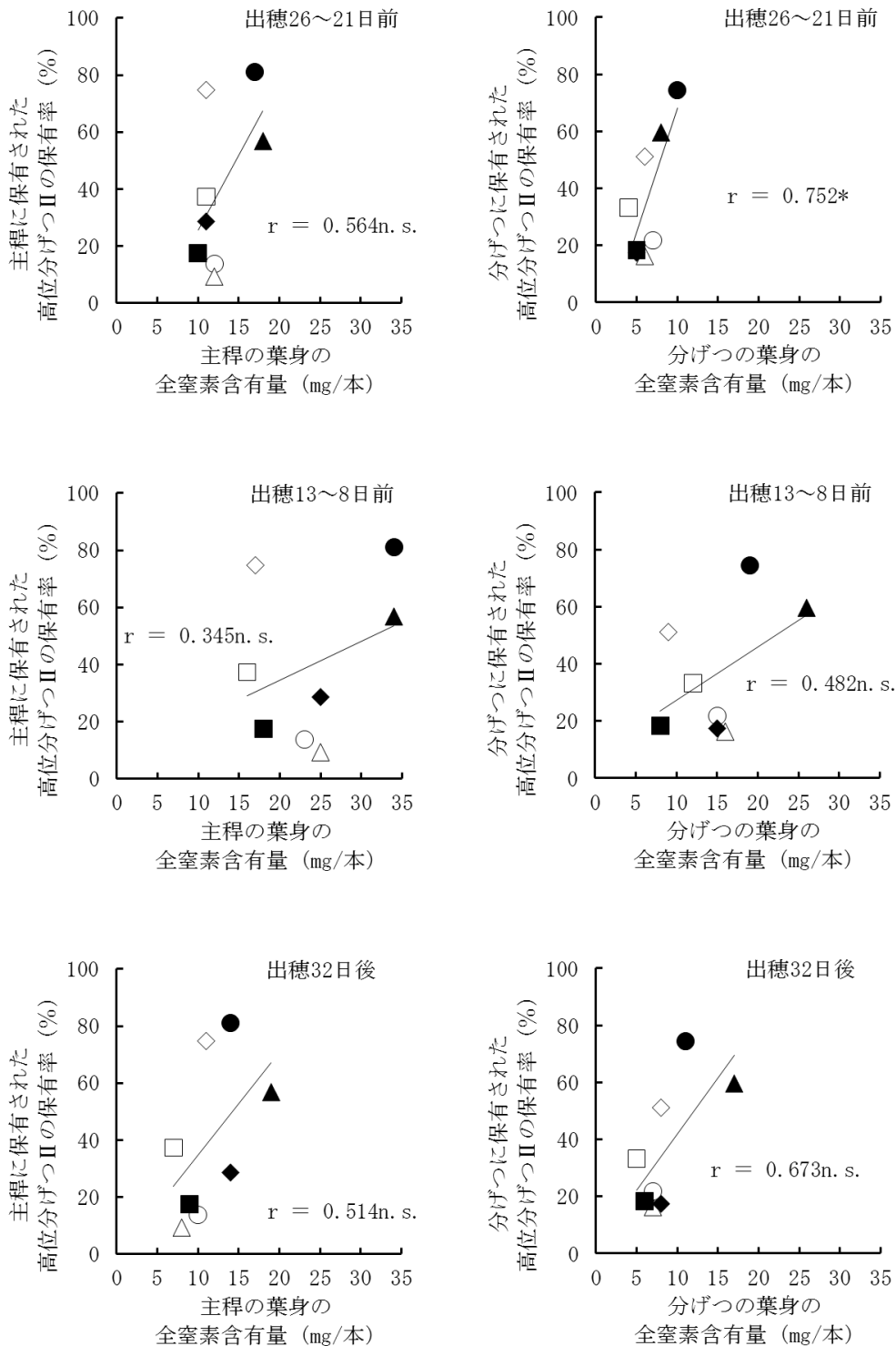
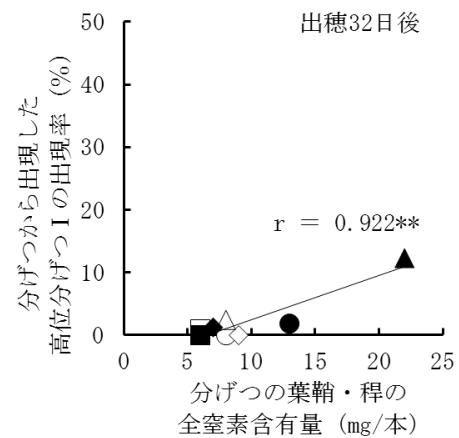
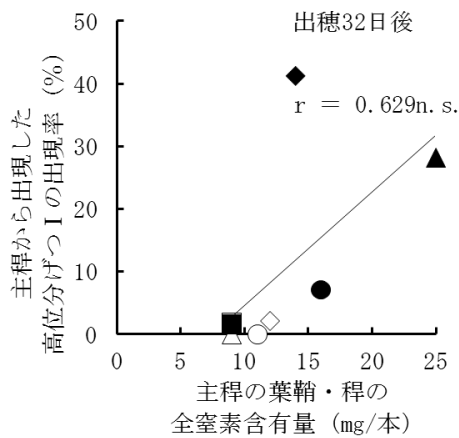
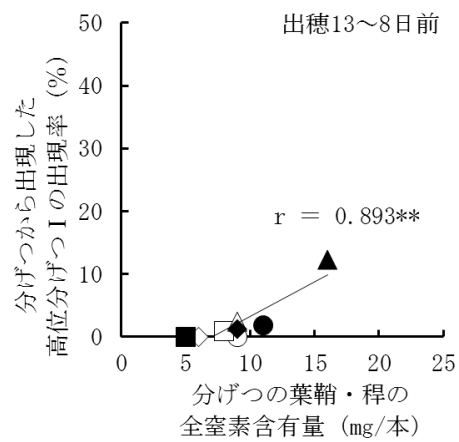
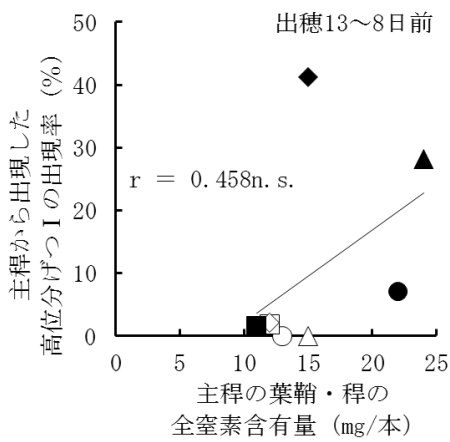
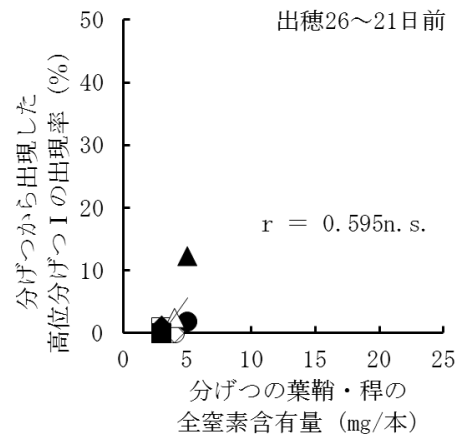
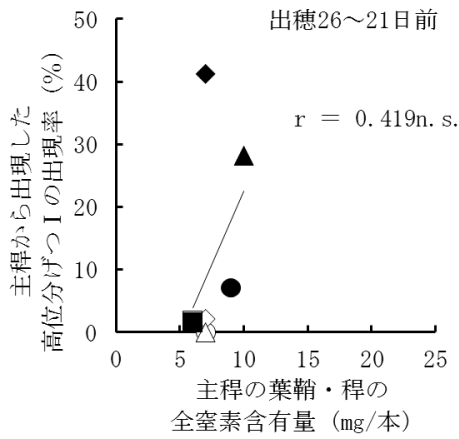


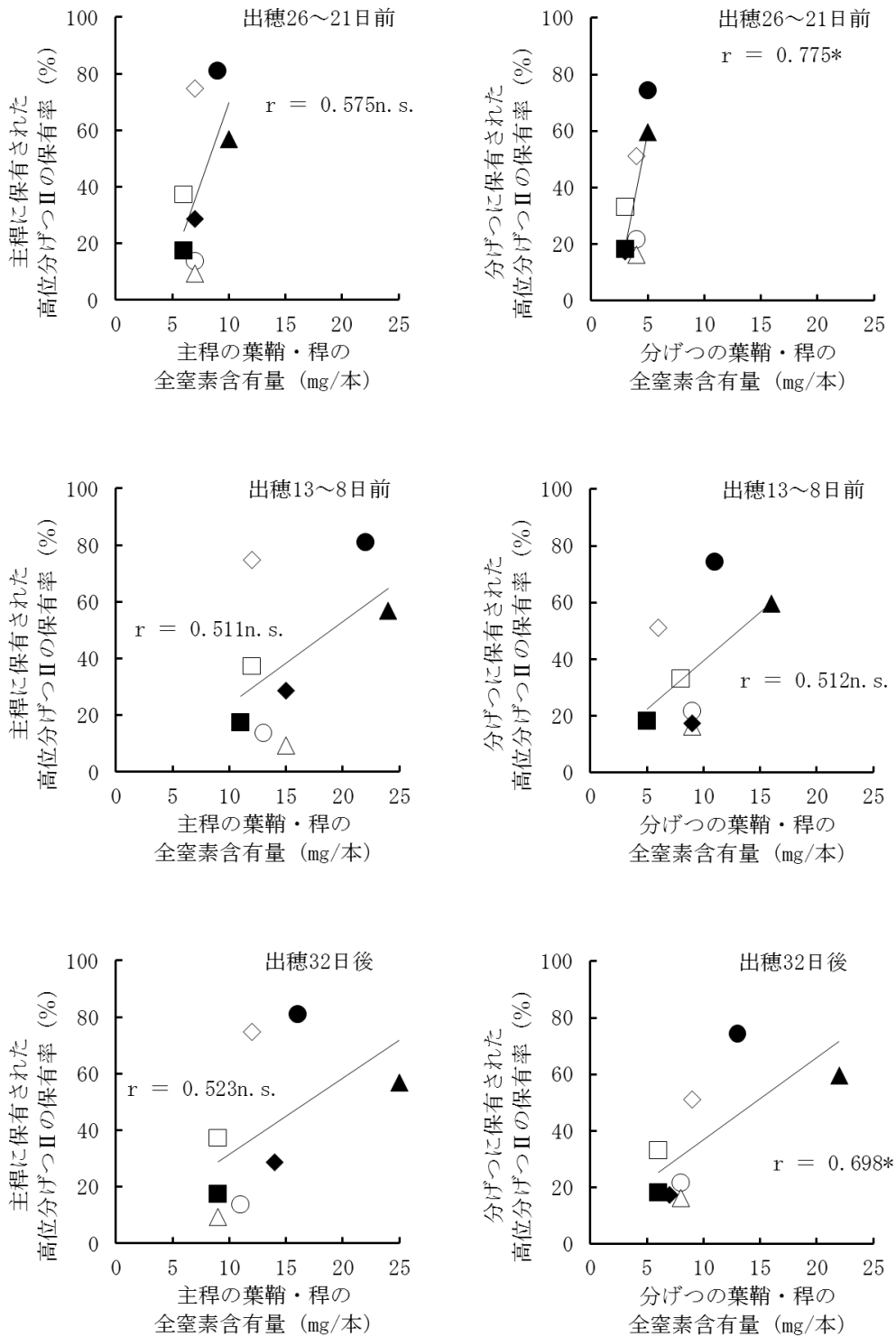
図5-2 出穂前および出穂後の葉身の全窒素含有量と高位分げつⅡの保有率との関係

○ 50-0-0区 ● 50-0-1区 △ 50-1-0区 ▲ 50-1-1区  
 □ 100-0-0区 ■ 100-0-1区 ◇ 100-1-0区 ◆ 100-1-1区

出穂26~21日前, 出穂13~8日前および出穂32日後については, 表5-8脚注参照. 各区の株のサンプリングおよび穂肥施肥日については表5-8脚注参照. 葉身の全窒素含有量(mg/本)は, 主稈および分げつ1本当たりの生葉の全窒素含有量の合計を表す. 各区の主稈および分げつの平均葉数は, 表5-8参照. 高位分げつⅡについては, 表3-3脚注参照. \*は5%水準で有意であることを示し, n. s. は有意でないことを示す.



**図5-3** 出穂前および出穂後の葉鞘・稈の全窒素含有量と高位分げつ I の出現率との関係  
 ○ 50-0-0区 ● 50-0-1区 △ 50-1-0区 ▲ 50-1-1区  
 □ 100-0-0区 ■ 100-0-1区 ◇ 100-1-0区 ◆ 100-1-1区  
 出穂26~21日前, 出穂13~8日前および出穂32日後については, 表5-8脚注参照。  
 各区の株のサンプリングおよび穂肥施肥日については表5-8脚注参照。高位分げつ  
 Iについては, 表3-3脚注参照。\*は5%水準で有意であることを示し, n. s.は有  
 意でないことを示す。



**図5-4** 出穂前および出穂後の葉鞘・稈の全窒素含有量と高位分けつⅡの保有率との関係  
 ○ 50-0-0区 ● 50-0-1区 △ 50-1-0区 ▲ 50-1-1区  
 □ 100-0-0区 ■ 100-0-1区 ◇ 100-1-0区 ◆ 100-1-1区  
 出穂26~21日前, 出穂13~8日前および出穂32日後は, 通常分けつの出穂日を0として示した. 各区の株のサンプリングおよび穂肥施肥日については表5-8脚注参照. 高位分けつⅡについては, 表3-3脚注参照. \*は5%水準で有意であることを示し, n. s. は有意でないことを示す.

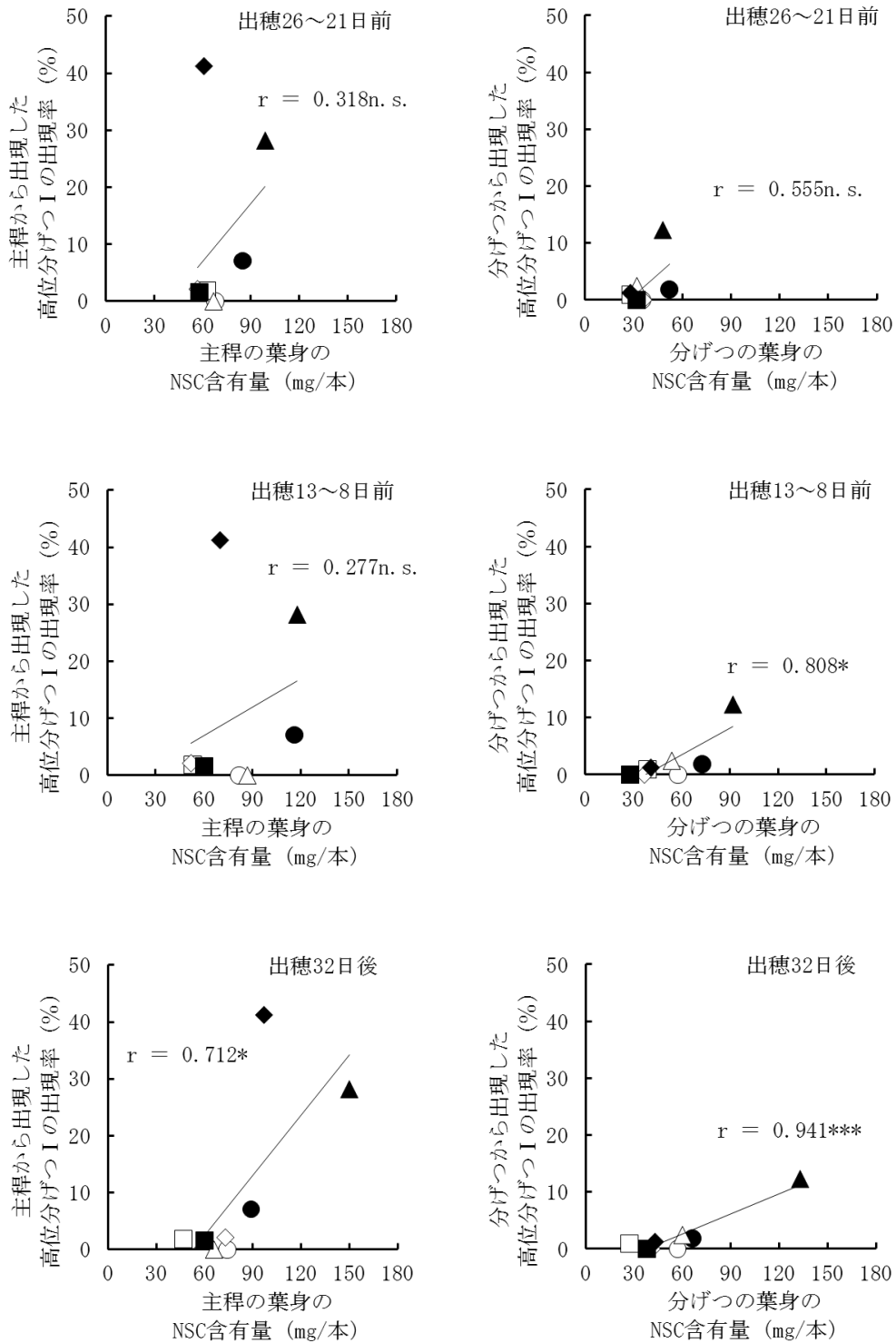


図5-5 出穂前および出穂後の葉身の非構造化炭水化物(NSC)含有量と高位分げつ I の出現率との関係  
 ○ 50-0-0区 ● 50-0-1区 △ 50-1-0区 ▲ 50-1-1区  
 □ 100-0-0区 ■ 100-0-1区 ◇ 100-1-0区 ◆ 100-1-1区  
 出穂26~21日前, 出穂13~8日前および出穂32日後については, 表5-8脚注参照. 各区の株のサンプリングおよび穂肥施肥日については表5-8脚注参照. 葉身のNSC含有量(mg/本)は, 主稈および分げつ1本当たりの生葉のNSC含有量の合計を表す. 各区の主稈および分げつの平均葉数は表5-8参照. 高位分げつ I については, 表3-3脚注参照. \*および\*\*\*はそれぞれ5%および0.1%水準で有意であることを示し, n.s. は有意でないことを示す.

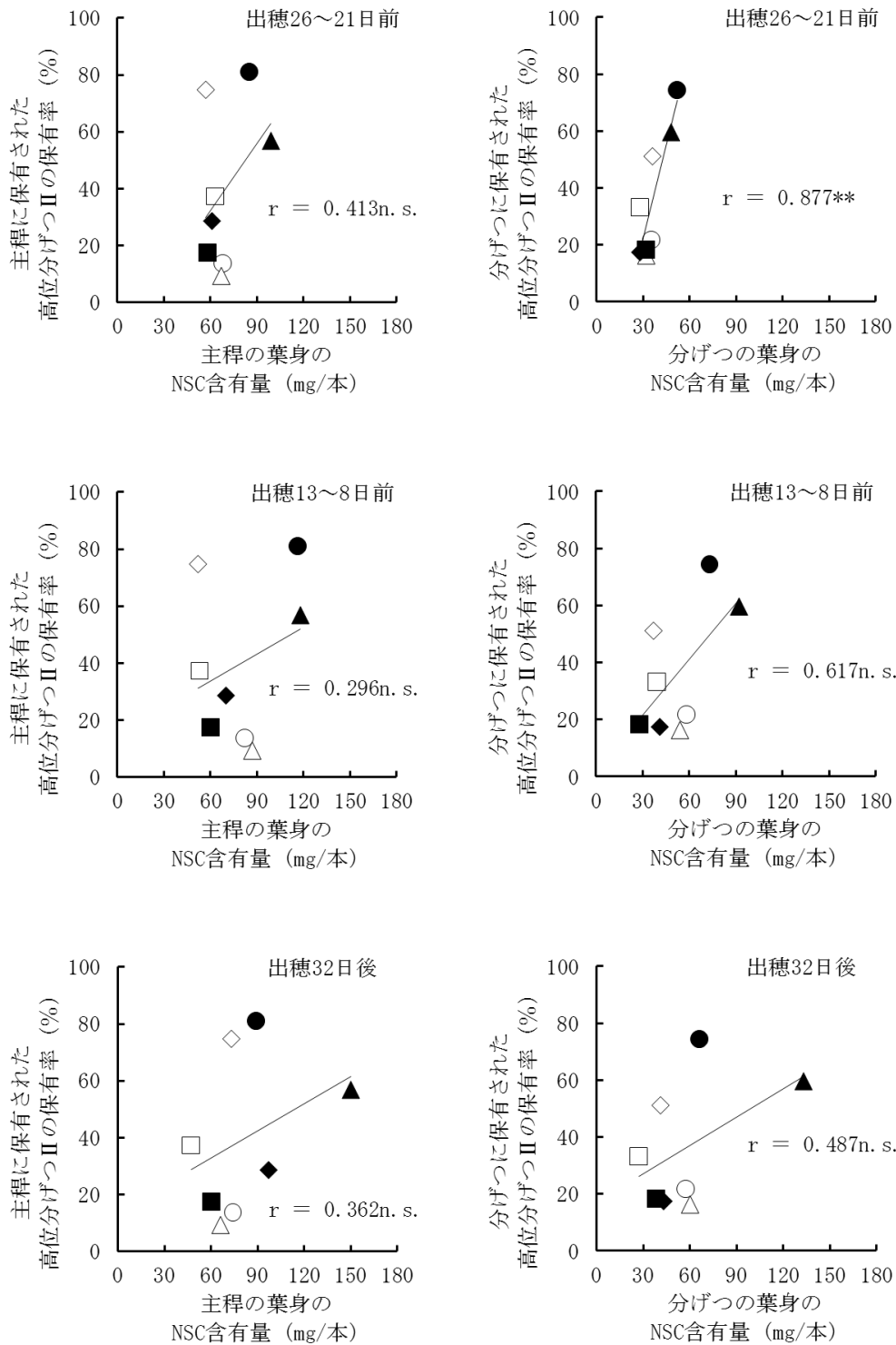


図5-6 出穂前および出穂後の葉身の非構造性炭水化物(NSC)含有量と高位分けつⅡの保有率との関係

○ 50-0-0区 ● 50-0-1区 △ 50-1-0区 ▲ 50-1-1区  
 □ 100-0-0区 ■ 100-0-1区 ◇ 100-1-0区 ◆ 100-1-1区

出穂26~21日前, 出穂13~8日前および出穂32日後については, 表5-8脚注参照. 各区の株のサンプリングおよび穂肥施肥日については表5-8脚注参照. 葉身のNSC含有量(mg/本)は, 主程および分けつ1本当たりの生葉のNSC含有量の合計を表す. 各区の主程および分けつの平均葉数は表5-8参照. 高位分けつⅡについては, 表3-3脚注参照. \*\*は1%水準で有意であることを示し, n. s. は有意でないことを示す.

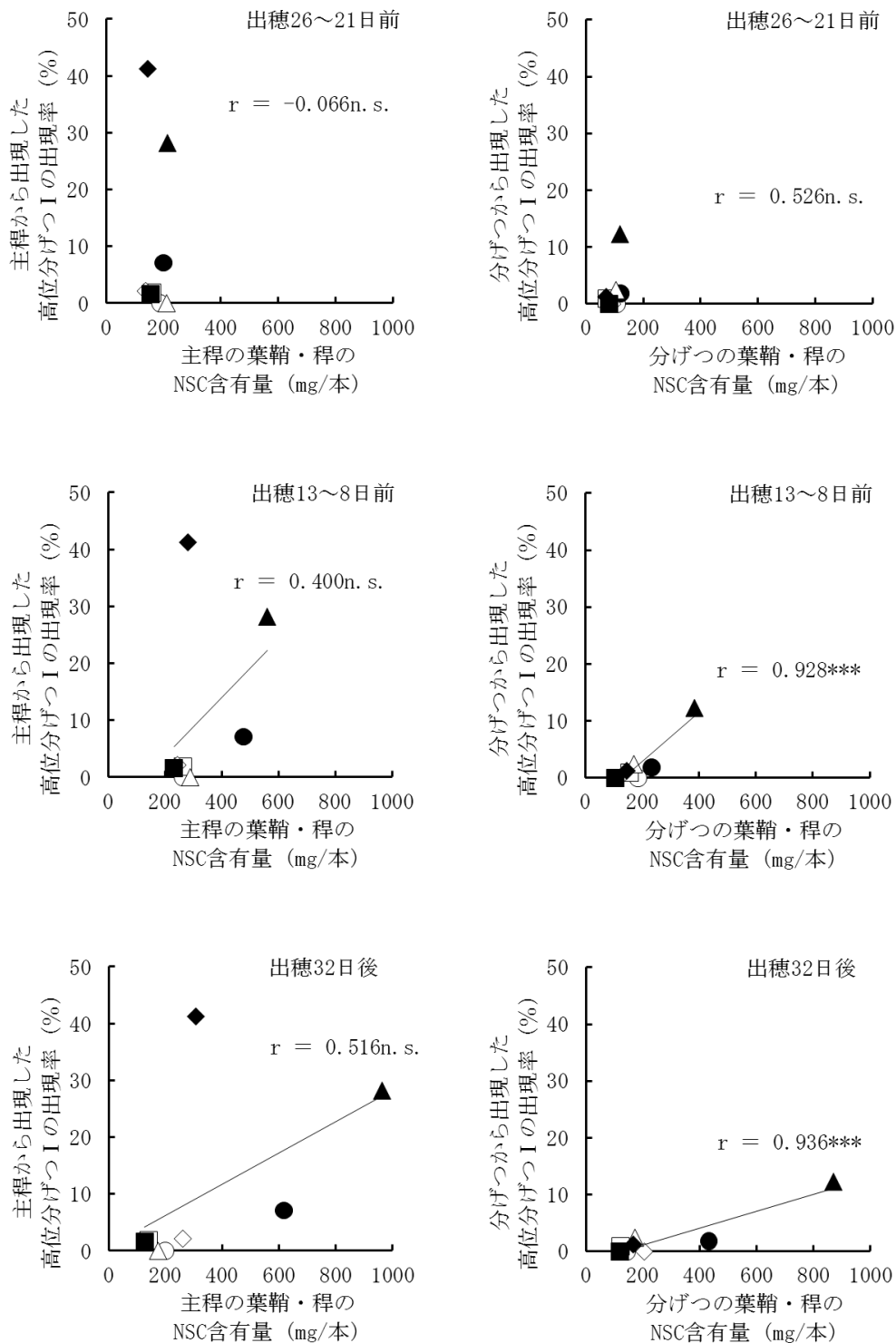


図5-7 出穂前および出穂後の葉鞘・稈の非構造性炭水化物(NSC)含有量と高位分げつ I の出現率との関係  
 ○ 50-0-0区 ● 50-0-1区 △ 50-1-0区 ▲ 50-1-1区  
 □ 100-0-0区 ■ 100-0-1区 ◇ 100-1-0区 ◆ 100-1-1区  
 出穂26~21日前, 出穂13~8日前および出穂32日後については, 表5-8脚注参照. 各区の株のサンプリングおよび穂肥施肥日については表5-8脚注参照. 高位分げつ I については, 表3-3脚注参照. \*\*\*は, 0.1%水準で有意であることを示し, n. s. は有意でないことを示す.

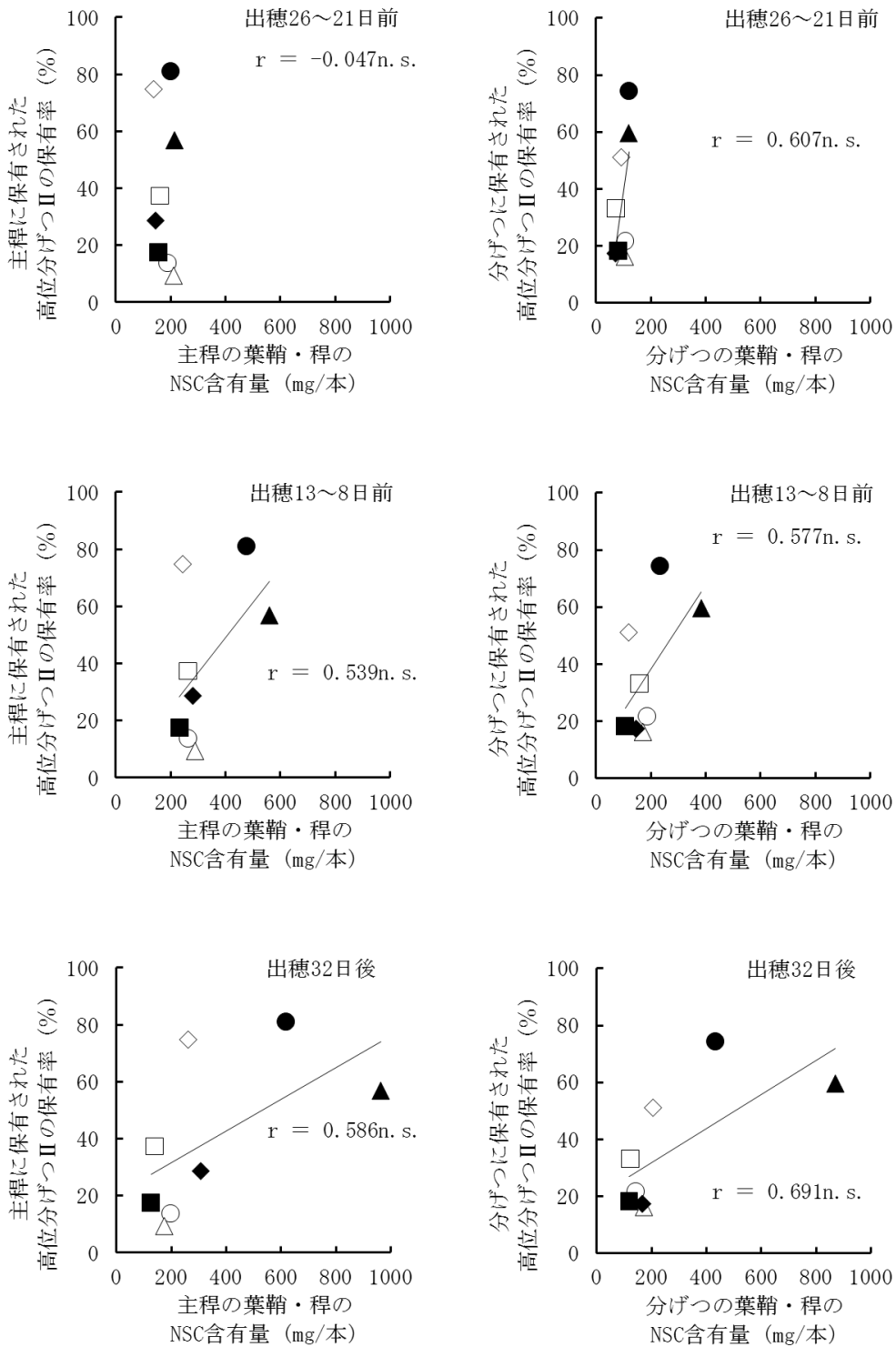


図5-8 出穂前および出穂後の葉鞘・稈の非構造性炭水化物(NSC)含有量と高位分げつⅡの保有率との関係  
 ○ 50-0-0区 ● 50-0-1区 △ 50-1-0区 ▲ 50-1-1区  
 □ 100-0-0区 ■ 100-0-1区 ◇ 100-1-0区 ◆ 100-1-1区  
 出穂26～21日前, 出穂13～8日前および出穂32日後については, 表5-8脚注参照. 各区の株のサンプリングおよび穂肥施肥日については図5-1脚注参照. 高位分げつⅡについては, 表3-3脚注参照. n. s. は有意でないことを示す.

## 第6章 総括

稲作の大規模化、効率化および低コスト・省力化の対応技術の一つとして直播栽培が挙げられる。直播栽培は、乾田直播と湛水直播に大きく分けられ、作付面積はそれぞれ約7千haと約1万3千haであり、湛水直播の方が作付面積が大きく、今後も湛水直播の拡大が考えられる。

湛水直播の播種様式は、散播、条播および点播の3種類に分類されるが、これらの播種様式間には倒伏程度に差異が認められており、耐倒伏性が高い点播栽培は湛水直播における栽培の安定化に有効である。さらに、点播機による点播栽培面積は、1999年に322ha、2000年に615haと増加しており、湛水直播栽培面積の8%および14%を占めるに至り、今後も点播栽培の拡大が期待されている。

ところで、湛水直播は出芽、苗立ちを安定させ、苗立ち密度を確保することが栽培上重要である。直播栽培の一般的な苗立ち密度は100本/m<sup>2</sup>程度であり、過酸化カルシウム剤の利用や落水管理によって出芽、苗立ち率は向上した<sup>12, 17-19, 22, 44)</sup>が、依然として苗立ち密度の局所的な変動は避け難い状況である。苗立ち密度の変動が生じた場合、減収と品質低下が発生する<sup>61)</sup>。これらのことから、播種様式に拘わらず、湛水直播における苗立ち密度の低下は減収や品質低下を避け難いと考えられる。

ところで、近年、乾田直播における低苗立ち密度および湛水直播の散播栽培における低苗立ち密度で、高位分げつの出現が認められている<sup>25, 38)</sup>。出現要因は、無効茎が極端に少ないことや単位面積当たりの最高分げつ数および有効茎が少なく、分げつ1本当たりの窒素や炭水化物蓄積量が多いことによると考えられている<sup>25, 26, 38)</sup>。このことから、苗立ち密度が低下し、単位面積当たりの有効茎が少ない場合には、高位分げつの出現は散播栽培のみならず、点播栽培および条播栽培でも起こり得ると考えられる。

高位分げつは、何を指標にして、どの節位から上の分げつを指すのか定義は曖昧だが、本研究では水稻の地上部伸長茎部から出現する分げつを指す。高位分げつについては形態的解析がなされ<sup>4-8, 20, 42, 50)</sup>、種籾の生産の可能性<sup>5)</sup>や刈り株から出現した分げつ(ひこばえ)による収量増加



<sup>59)</sup>について論じられている。しかし一方で、高位分げつ穂は登熟が不十分であること<sup>4)</sup>、子実(玄米)の殆どが未熟粒であるため外観品質を低下させることおよび増収に貢献しないことが報告されており<sup>25)</sup>、出現を抑制する必要がある。しかしながら、圃場栽培における高位分げつの出現を検討した研究はこれまで見られない。そこで本論文では、今後、普及の拡大が考えられる点播直播水稻において、苗立ち密度および有効分げつ数の相違と高位分げつ出現との関係を検討した。

### 1) 播種様式と高位分げつ出現との関係

播種様式と高位分げつ出現との関係を検討した結果、高位分げつは、いずれの播種様式においても出現し、その出現率は条播区、点播区、散播区の順に高かった。有効茎数は、散播区、点播区、条播区の順に多かった。その結果、単位面積当たりの有効茎数と高位分げつの出現率との間には有意な負の相関が認められた。これらのことから、単位面積当たりの有効茎数が少ない状態で穂肥を施用したため、母茎の茎葉中のデンプンや窒素等が多くなり、高位分げつが出現したと考えられる。また、播種様式間で高位分げつの出現率が異なったのは、それぞれ的水稻群落の構造によって有効茎数が異なったことに起因すると考えられる。すなわち、散播では個体間距離が大きく競合が小さいため、有効茎数が多くなる。その結果、単位面積当たりの有効茎が多い散播では、有効茎1本当当たりの窒素、デンプンが少ないため高位分げつの出現率が低かったと考えられる。しかし、点播では株内の個体間競合が、条播では株間競合がそれぞれ生じ、有効茎数が少なくなる。その結果、単位面積当たりの有効茎が少ない点播と条播では、有効茎1本当当たりの窒素、デンプンが豊富になり、高位分げつの出現率が高かったと考えられる。

高位分げつの殆どがbT4およびbT3であった。また、高位分げつの葉数は、播種様式や苗立ち密度に関係なく殆どが2枚か3枚であった。分げつは、出現後本葉3枚抽出頃まで、生育に必要な栄養を母茎に仰ぐことから、高位分げつはデンプンや窒素供給を母茎に依存していると考えられる。また、3枚の葉を持つ高位分げつは出現から収穫までの期間が長かったことから、2枚の葉を持つ高位分げつより窒素やデンプン供給を母茎に依存していることが推察された。

## 2) 高位分げつの有無と通常分げつの収量関連形質との関係

母茎(高位分げつが出現した分げつ)と高位分げつが出現しなかった分げつを比べると、母茎の方が1穂粒数、1穂玄米重および登熟歩合が有意に大きかった。また、母茎と高位分げつが出現しなかった分げつはいずれも1穂玄米重と1穂粒数並びに1穂玄米重と登熟歩合との間に有意な正の相関が認められた。穂の生産力の高い分げつは、出穂期前の蓄積炭水化物が豊富<sup>51)</sup>で、1穂粒数が多く、登熟歩合の高い分げつは炭水化物生産量が多い<sup>14)</sup>ことから、母茎は、高位分げつが出現しなかった分げつに比べ、出穂期前の蓄積炭水化物が豊富であり、かつ出穂後の炭水化物の生産量が多いと考えられる。母茎の収量関連形質は、bT4の母茎の方がbT3の母茎より大きく、高位分げつの収量関連形質も、より下位節のbT4の方がbT3より大きかった。高位分げつは、母茎からの同化産物供給に依存しているので、母茎の収量関連形質が大きいほど、高位分げつの収量関連形質も大きいと考えられる。

## 3) 苗立ち密度と高位分げつ出現との関係

低苗立ち密度および適正な苗立ち密度に、それぞれ異なる1株苗立ち数および株密度を組み合わせ、苗立ち密度と高位分げつ出現との関係を検討した。苗立ち密度によって通常分げつ数の増加速度が異なり、適正な苗立ち密度の方が、通常分げつ数の増加速度が速く茎数の増加が旺盛で、最高分げつ期も早く、単位面積当たりの有効茎数も多かった。また生育期間を通じて、適正な苗立ち密度の方が葉色値が低かった。

高位分げつが確認された株数は低苗立ち密度の方が多く、高位分げつの出現率も低苗立ち密度の方が高かった。また、単位面積当たりの通常分げつが少ないほど高位分げつの出現率が高く、出穂前の通常分げつの葉色値が高いほど高位分げつの出現率が高い傾向が見られた。これらの結果から、適正な苗立ち密度では、単位面積当たりの通常分げつ数が多く、有効茎1本当たりの窒素と同化産物蓄積量が少ないため、高位分げつの出現率は低くなると考えられた。しかし、低苗立ち密度では、単位面積当たりの有効茎数が少なく、有効茎1本当たりの窒素濃度が高

く光合成能力も高まることで同化産物量も多くなり、高位分げつの出現率が高くなると考えられた。また、低苗立ち密度では、1株苗立ち数および株間の差異が高位分げつの出現に及ぼす影響は認められなかった。しかし適正な苗立ち密度では、1株苗立ち数を多くし、株密度を小さくする方が高位分げつの出現率が高い傾向が見られた。

#### 4) 通常分げつの抑制時期および期間と高位分げつ出現との関係

第2章および第3章の結果から、通常分げつの抑制が高位分げつ出現と関係があると考え、深水処理による通常分げつの抑制と高位分げつ出現との関係を検討した。

深水処理によって高位分げつの出現率は高くなり、処理期間が長い方が、また処理時期が早い方が高位分げつの出現率は高かった。さらに、単位面積当たりの最高茎数および有効茎数が少ないほど高位分げつの出現率が高い傾向が見られた。

これらの結果から、深水処理によって生育初期から通常分げつが抑制された場合、単位面積当たりの有効茎数が少なくなり、有効茎1本当たりの窒素と光合成産物が豊富になるため、高位分げつの出現率が高くなると考えられた。しかし、深水処理時期が遅い場合は、処理開始時に既に通常分げつが出現しており、それらの分げつが自身の生長を優先し養分を使うため、高位分げつの出現率が低くなると考えられた。

#### 5) 出穂前の茎葉中の全窒素含有量および非構造型炭水化物 (NSC) 含有量と

##### 高位分げつの出現との関係

本試験では、低苗立ち密度の方が適正な苗立ち密度より、また、深水処理をした方が無処理より、さらに穂肥を施肥した方が穂肥を施肥しないより高位分げつの出現率が高かった。また、単位面積当たりの有効茎数が少ないほど高位分げつの出現率が高い傾向が見られた。高位分げつの殆どは主稈から出現し、通常分げつの節位が上がるに従い高位分げつの出現は少なかった。また、出穂前および出穂後の葉身および葉鞘・稈の全窒素含有量およびNSC含有量と高位分げつの出現率との関係を見ると、出穂26～21日前、出穂13～8日前および出穂32日後のいずれの時期

においても、葉鞘・稈の全窒素含有量とNSC含有量が多いほど高位分けつの出現率が高い傾向が見られた。

以上の結果から、通常分けつが抑制され、単位面積当たり有効茎数が少ないと、有効茎1本当たりの全窒素含有量およびNSC含有量に余裕が生じ、穂肥によって出穂期前の全窒素含有量およびNSC含有量が多くなると、高位分けつの出現率が高くなることが推察された。

これら4つの試験の結果から、点播直播水稻における高位分けつの出現は、低苗立ち密度になることで通常分けつ数の増加速度が遅くなり、単位面積当たりの有効茎数が少ないことが原因と考えられた。すなわち、苗立ち密度が確保できなかった場合は、追肥によって生育初期の通常分けつの出現を旺盛にして、単位面積当たり通常分けつ数を確保することで、有効茎1本当たりの養分蓄積量を抑え、高位分けつの出現を抑制できると推察した。第3章では、出穂27～26日前、出穂21～19日前および出穂13～12日前の通常分けつの葉色値が高いほど高位分けつの出現率が高い傾向が見られた。また第5章では、出穂26～21日前、出穂13～8日前および出穂32日後の全窒素含有量とNSC含有量が多いほど高位分けつの出現率は高い傾向が見られ、全窒素含有量とNSC含有量は出穂16～14日前に穂肥を施肥することで増大した。窒素追肥は、未抽出の葉の生長を著しく促進するが、止葉が抽出、展開を開始する穂孕み期以降の窒素追肥では、葉鞘・稈および穂への窒素の配分が著しく高くなると報告されている<sup>39)</sup>。このことから、単位面積当たりの有効茎数が少ない状態で、出穂16～14日前に穂肥を施用すると高位分けつの出現率が高まると考えられた。しかし一方で、通常分けつが抑制された場合でも、幼穂分化期直前(出穂36日前)の窒素追肥であれば、2次以上の分けつを出現させ、高位分けつの出現を抑制することができるとの報告もある<sup>26)</sup>。しかし、幼穂分化期直前に通常分けつが抑制されていること、すなわち単位面積当たりの通常分けつが不足していることを判断するのは難しく、幼穂分化期直前よりも早い時期に茎数から判断する必要があると考えられる。そこで、4つの試験の出穂52～46日前の茎数および出穂44～37日前の茎数と高位分けつⅠの出現率との関係を見た(図6-1)。出穂52～46日前では、単位面積当たりの茎数が約250本/m<sup>2</sup>以下で高位分けつⅠの出現率が高く、茎数と高位分けつⅠの出現率との間に1%水準で有意な負の相関( $r=-0.514$ )が認められた。しかし、

単位面積当たりの茎数が約250本/m<sup>2</sup>以上では、茎数と高位分げつ I の出現率との間に有意な関係は見られなかった。また、この2つの回帰式の交点はX=255.0であった。さらに生育が進んだ出穂43～37日前では、単位面積当たりの茎数が約300本/m<sup>2</sup>以下で高位分げつ I の出現率が高く、茎数と高位分げつ I の出現率との間に5%水準で有意な負の相関( $r=-0.439$ )が認められた。しかし、単位面積当たりの茎数が約300本/m<sup>2</sup>以上では、茎数と高位分げつ I の出現率との間に有意な関係は見られなかった。また、この2つの回帰式の交点はX=287.8であった。このことから、出穂約50日前の単位面積当たりの茎数が約250本/m<sup>2</sup>以下の場合、また、出穂約40日前の単位面積当たりの茎数が約300本/m<sup>2</sup>以下の場合、窒素追肥を早めて、2次分げつ以上の分げつを出現させることで高位分げつの出現を抑制あるいは軽減できると推察した。また、茎数が確保できず、単位面積当たりの有効茎数が少ない場合は、穂肥の施肥量を抑えることで高位分げつの出現を抑制あるいは軽減できると推察した。

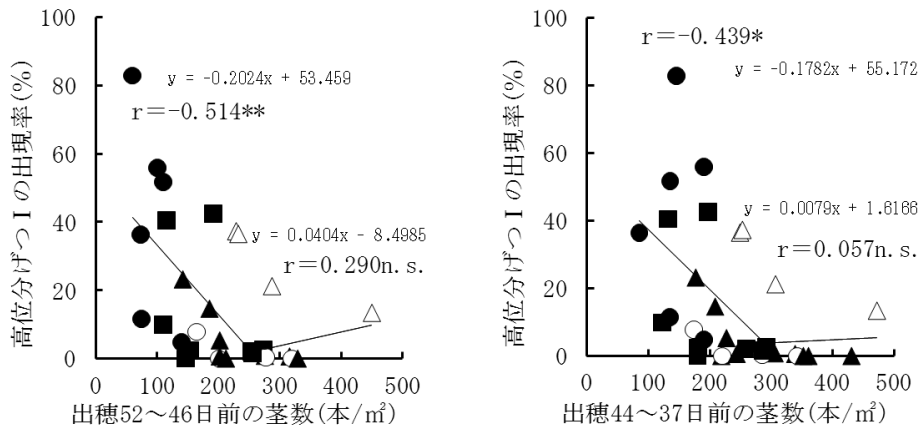


図6-1 出穂52～46日前の茎数および出穂44～37日前の茎数と高位分けつIの出現率との関係  
 ● 2008年(第2章第1節) ○ 2010年(第4章試験1) ▲ 2011年(第4章試験2)  
 △ 2012年(第3章) ■ 2013年(第5章)  
 2008年は、出穂50～46日前と出穂42～38日前、2010年は、出穂47～46日前と出穂40～39日前、2011年は、出穂52～51日前と出穂38～37日前、2012年は、出穂50～49日前と出穂44～43日前および2013年は、出穂52～49日前と出穂44～40日前の茎数を示す。\*および\*\*はそれぞれ5%および1%水準で有意であることを示し、n. s. は有意でないことを示す。

## 謝 辞

本論文を作成するにあたり，研究題目を賜り，終始懇篤なる御指導，御助言および御高閲を賜った東京農業大学大学院農学研究科農学専攻指導教授 玉井富士雄博士に深甚なる謝意を捧げる．また，本研究の御指導と論文高閲を賜った東京農業大学大学院農学研究科農学専攻指導教授 池田良一博士，東京農業大学農学部農学科教授 名越時秀博士に深い感謝の意を表する．本学農学部農学科准教授 平野 繁博士および元本学大学院農学研究科農学専攻指導教授 福山正隆博士からは，多くの有益な御助言を頂いたことを，深く感謝を申し上げる．

本研究の成果は，多くの本学卒業生の協力による賜物である．高位分けつの調査をして頂いた青木香織氏，稲葉大輔氏，加藤武徳氏，斉藤利充氏，佐々木大輔氏，庄山 寿氏，原 直彬氏，堀越将吾氏および柳館慎太郎氏，また、梓水田の整備および調査をして頂いた名越ゼミの卒業生および在學生に厚く御礼申し上げます．また，本学農学部農学科作物学研究室の卒業生および在學生に謝意を表する．

さらに，私の大学院への進学を快諾し，常に支えてくれた家族に深く感謝を申し上げます．

## 摘 要

稲作の低コスト・省力化技術の一つとして直播栽培が挙げられる。直播栽培は、乾田直播と湛水直播に大きく分けられ、作付面積は湛水直播の方が大きく、今後も拡大が考えられる。湛水直播の播種様式は、散播、条播および点播に分類されるが、これらの播種様式間には倒伏程度に差異が認められており、耐倒伏性が高い点播栽培は湛水直播における栽培の安定化に有効である。また、点播機による点播栽培面積は増加しており、今後も点播栽培の拡大が期待されている。湛水直播は出芽、苗立ちを安定させ、苗立ち密度を確保することが栽培上重要である。直播栽培の一般的な苗立ち密度は100本/m<sup>2</sup>程度であり、苗立ち密度が低下した場合、減収と品質低下が発生する。これらのことから、播種様式に拘わらず、湛水直播における苗立ち密度の低下は減収や品質低下を避け難いと考えられる。

ところで、近年、乾田直播における低苗立ち密度および湛水直播の散播栽培における低苗立ち密度で、高位分げつの出現が認められている。出現要因は、単位面積当たりの有効茎が少なく、分げつ1本当当たりの窒素や炭水化物蓄積量が多いことによると考えられている。このことから、苗立ち密度が低下し、単位面積当たりの有効茎が少ない場合、高位分げつの出現は散播栽培のみならず、点播栽培および条播栽培でも起こり得ると考えられる。

高位分げつはどのような分げつを指すのか、定義はいまだに曖昧である。本研究では、水稻の地上部伸長茎部から出現した分げつを高位分げつとした。高位分げつは、生殖成長期に形成される分げつである。子実には、種籾の生産や収量増加のような有益な点はなく、玄米外観品質を低下させるものであり、出現の抑制が不可欠である。これまで、高位分げつについては、ポット試験によって研究がなされてきたが、圃場条件では高位分げつ出現に関するデータは十分ではない。そこで本研究では、湛水直播で普及の拡大が考えられる点播直播と高位分げつ出現との関係を検討した。

まず、播種様式と高位分げつ出現との関係を検討するため、点播、散播および条播の3区を設け、有効茎数および高位分げつの出現率を調査した。その結果、単位面積当たりの有効茎数は



散播区，点播区，条播区の順に多かった．高位分げつは，いずれの播種様式においても出現し，その出現率は条播区，点播区，散播区の順に高かった．また，単位面積当たりの有効茎数と高位分げつ出現率との間には有意な負の相関が認められた．

また，高位分げつが出現した分げつと高位分げつが出現しなかった分げつを比べると，高位分げつが出現した分げつの方が1穂粒数，1穂玄米重および登熟歩合が大きかった．さらに高位分げつが出現した分げつと高位分げつが出現しなかった分げつは1穂玄米重と1穂粒数並びに1穂玄米重と登熟歩合との間に正の相関が認められた．穂の生産力が高い分げつは出穂期前の蓄積炭水化物が豊富で1穂粒数が多く，登熟歩合の高い分げつは炭水化物生産量が多いことから，高位分げつが出現した分げつは，出穂期前の蓄積炭水化物が豊富であり，かつ出穂後の炭水化物の生産量が多いと推察された．また，高位分げつが出現した分げつの収量関連形質が大きいほど高位分げつの収量関連形質が大きかった．

次に，点播直播において低苗立ち密度および適正な苗立ち密度条件に，1株苗立ち数と株密度の異なる区を設け，苗立ち密度と高位分げつ出現との関係を検討した．その結果，単位面積当たりの通常分げつ数は低苗立ち密度の方が少なかった．また，苗立ち密度によって高位分げつの出現が異なった．高位分げつの出現株数と総出現数は低苗立ち密度の方が多く，また，高位分げつの出現率も低苗立ち密度の方が高かった．適正な苗立ち密度では，1株苗立ち数が多く株密度が低い方が，高位分げつの出現率が高い傾向が見られた．さらに，単位面積当たりの通常分げつ数が少ないほど高位分げつの出現率が高く，出穂前の葉色値が高いほど高位分げつの出現率が高い傾向が見られた．

また，通常分げつの抑制が高位分げつ出現と関係があると考えられた．そこで，点播直播において，深水処理による通常分げつの抑制と高位分げつ出現との関係を検討した．その結果，通常分げつ数は，深水処理した方が少なく，処理期間が長いほど，また，処理開始が早いほど少なかった．高位分げつの出現株数および総出現数は深水処理した方が多く，また，処理期間が長く，処理開始が早いほど多かった．高位分げつの出現率も同様に，深水処理した方が高かった．

一方、高位分げつの出現には、母茎の茎葉に窒素とデンプンが豊富に蓄えられることが必要である。そこで、出穂26日前～出穂32日後の葉身および葉鞘・稈の全窒素含有量とNSC含有量と高位分げつ出現との関係を調査した。その結果、葉身と葉鞘・稈の全窒素含有率には差は見られなかったが、全窒素含有量は、低苗立ち密度の方が適正な苗立ち密度より、深水処理をした方が無処理より、また、穂肥を施肥した方が穂肥を施肥しないより多かった。また、NSC含有量を見ると、深水区および穂肥区は出穂26～21日前から出穂13～8日前にかけてNSC含有量の増加が大きく、出穂32日後までNSC含有量が低下しなかった。高位分げつは主稈からの出現が多く、次いで低節位の分げつで多かった。また、主稈の方が分げつより葉身と葉鞘・稈の全窒素含有量およびNSC含有量が多く、主稈と分げつの葉身と葉鞘・稈の全窒素含有量およびNSC含有量が高いほど、高位分げつの出現率が高い傾向が見られた。

以上のことから、点播直播水稻では、単位面積当たりの通常分げつ数が少ないほど高位分げつが出現すると考えられた。また、低苗立ち密度では通常分げつ数の増加速度が遅く、単位面積当たり通常分げつが少ないため、通常分げつ1本当当たりの窒素や同化産物の蓄積量が多くなり、高位分げつが多く出現すると考えられた。さらに、生育初期から通常分げつが出現の抑制を受けた場合、単位面積当たりの通常分げつ数が少なくなり、通常分げつの1本当当たりの窒素や光合成産物が豊富になるため高位分げつが多く出現すると考えられた。また、単位面積当たりの通常分げつ数が少なくなることで、通常分げつの葉鞘内に高位分げつ芽が形成され、さらに、穂肥によって全窒素含有量とNSC含有量が豊富になることで、高位分げつ芽が生長し、葉鞘外に出現すると推察された。そのため、生育初期の通常分げつを旺盛にして、単位面積当たり通常分げつ数を確保することで、また、単位面積当たりの通常分げつ数が少ない場合は、穂肥の施肥量を抑えること、あるいは穂肥の施用時期を早めることで、高位分げつの出現を抑制できると推察した。

## 引用文献

- 1) 相川宗厳・森脇良三郎 1982. 水稻湛水直播栽培における播種様式が生育相と収量に及ぼす影響. 育種・作物学会北海道談話会報 22:12.
- 2) 江原宏・森田脩・金子忠相・藤山堯然 1998. 異なる苗立ち密度条件下における散播水稻個体の生育と収量の補償作用. 日作紀 67:11-19.
- 3) 後藤雄佐・星川清親 1986. 水稻の分けつ除去による茎数制限が穂の形質に及ぼす影響. 日作東北支部報 29:11-14.
- 4) 後藤雄佐・星川清親 1987. 青刈り水稻の再生に関する研究 第1報 幼穂発達期間の青刈り時期および高さによる再生の差異. 日作紀 56:467-473.
- 5) 後藤雄佐・星川清親 1988. 青刈り水稻の再生に関する研究 第2報 青刈り後新たに出現した分けつについて. 日作紀 57:59-64.
- 6) 後藤雄佐・槌山隆・星川清親 1990. 水稻の分けつ性に関する研究 第7報 個体内各茎の葉齢と幼穂発育過程との関係. 日作紀 59:701-707.
- 7) 後藤雄佐・星川清親 1991. 水稻の分けつ性に関する研究 第8報 個体内各茎の分けつ位と葉数との関係. 日作紀 60:392-399.
- 8) 後藤雄佐 2003. 水稻の分けつ性. 日作紀 72:1-10.
- 9) 石井龍一・角田公正・町田寛康 1972. 作物の生育・収量に及ぼす栽植の不均一性の影響に関する研究 第2報 1株植付苗数の不均一な水稻個体群における株間補償と個体間競争. 日作紀 41:57-62.
- 10) 石井龍一・角田公正・町田寛康 1972. 水稻個体郡中の個体の生長に及ぼす株内競争と株間競争の影響について. 日作紀 41(別1):3-4.
- 11) 石原邦・飯田修・平沢正・小倉忠治 1979. 水稻葉身の窒素濃度と光合成速度との関係-気孔開度・気孔伝導度に着目して-. 日作紀 48:543-550.
- 12) 狩野幹夫・直井勝 1992. 水稻の湛水土中直播栽培に関する研究 第6報 散播栽培における初

- 期水管理が出芽・苗立ならびに生育・収量，倒伏程度に及ぼす影響．日作関東支部 7:19-20.
- 13) 菊池栄一・大江栄悦・中山芳明 1999. 水稻湛水直播栽培における播種様式別生育特性. 日作東北支部報 42:19-20.
- 14) 金和裕・金田吉弘・柴田智・佐藤馨・三浦恒子・佐藤敦 2006. 水稻群落における次位・節位別分けつの1穂精玄米重と葉面積および葉面積あたりの葉身窒素量と垂直分布との関係. 日作紀 75:191-196.
- 15) 木内知美・石阪英男 1960. 水稻の収量形成過程に及ぼす栄養条件の影響（窒素）. 土肥誌 31:285-291.
- 16) 北川靖夫・岡山清司・廣川智子 1987. 葉緑素計によるコシヒカリの葉色と稲体窒素濃度. 富山県農業技術センター研究報告 1:1-7.
- 17) 黒沢健 1975. 過酸化石灰の種子粉衣による水稻機械化湛水直播栽培の苗立安定化 第I報 過酸化石灰の種子粉衣と埋没種子の苗立ち. 日作紀東北支部報 17:40-41.
- 18) 黒沢健・東誠司 1976. 過酸化石灰の種子粉衣による水稻機械化湛水直播栽培の苗立安定化 第3報 温度条件および種子の埋没深さと過酸化石灰粉衣種子の苗立ち. 日作紀東北支部報 18:9-11.
- 19) 黒沢健・木村勝一・能戸昭作 1976. 過酸化石灰の種子粉衣による水稻機械化湛水直播栽培の苗立安定化 第4報 圃場における過酸化石灰種子の播種方法と苗立ち. 日作東北支部報 18:12-14.
- 20) 松葉捷也 2003. 極早生水稻の分けつ体系からみた高位分けつの発生機構. 日作紀 72:62-67.
- 21) 松島省三・松崎照夫・富田豊雄 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101報 水稻個体群の葉色表示法について (1). 日作紀 39:231-236.
- 22) 三石昭三・中村喜彰 1977. 水稻の湛水土壌中直播栽培に関する研究 第1報 過酸化石灰の粉衣方法と粉衣量. 日作紀 46(別1):35-36.
- 23) 三石昭三・森田修・中島敦司・服部健 1990. 水稻の湛水土壌中散播栽培における苗立ち密度が生育・収量におよぼす影響. 三重大生資農場研報 8:1-10.

- 24) 三本弘乗・今井清之・大門弘幸・大江真道 1995. 水稻の葉半における葉色と窒素濃度の葉位間変動の規則性 第1報 葉色の変動と葉の形態形成機構. 日作紀 **64**:726-733.
- 25) 名越時秀・内田良太・玉井富士雄・平野繁・廣瀬友二・元田義春・福山正隆 2010. 水稻湛水直播栽培における低苗立ち密度で出現した高位分けつとその母茎との形質比較. 日作紀 **79**:424-430.
- 26) 名越時秀・宇都静恵・松嶋賢一・平野繁・玉井富士雄・池田良一 2013. 深水や窒素施肥条件による過度な分けつ抑制が水稻の高位分けつ出現に及ぼす影響. 日作紀 **82**:156-166.
- 27) 中鉢富夫・浅野岩夫・及川勉 1986. 葉緑素計による水稻(ササニシキ)の窒素栄養診断. 土肥誌 **57**:190-193.
- 28) 中田公三 1974. 「層別刈取法」による栽植密度を異にする水稻個体群密度の生産様式の解析. 日作東海支部研究概要 **70**:43-47.
- 29) 日本作物学会 2010. 作物学用語辞典. 日本農山漁村文化協会, 東京, 1-406.
- 30) 農林水産省生産局農産振興課 2008. 水稻直播栽培の現状について. 1-17.
- 31) 尾形武文・松江勇次 1998. 北部九州における水稻湛水直播栽培に関する研究-苗立ち密度ならびに播種様式が水稻の生育, 収量および米の食味特性に及ぼす影響-. 日作紀 **67**:485-491.
- 32) 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.
- 33) 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.
- 34) 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.
- 35) 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.
- 36) 大江真道・三本弘乗 2002. 水稻の生育制御を目的とした深水処理適期の検討. 日作紀 **71**:335-342.

- 37) 大西政夫・堀江武 1999. 重量法による水稻各器官中の非構造的炭水化物の簡易定量法. 日作紀 **68**:126-136.
- 38) 岡部繭子・玉井富士雄・元田義春・名越時秀・武田元吉 2005. 耕うん・播種法の相違が乾田直播水稻の出芽・生育ならびに収量に及ぼす影響. 日作紀 **74**:125-133.
- 39) 折谷隆志・葭田隆治 1984. 作物の窒素代謝に関する研究. 第18報 水稻の葉面生長, 蛋白合成及びsink形成における追肥窒素の利用に関する研究. 日作紀 **53**:204-212.
- 40) 佐々木次郎・鵜田広身 1990. 条播き水稻湛水直播における苗立数と分けつ体系. 東北農業研究 **43**:9-10.
- 41) 佐々木良治・鳥山和伸・柴田洋一・杉本光穂 2004. 水稻の散播直播栽培における苗立密度と1次最終分けつの出現節位との関係に及ぼす初期生育の影響. 日作紀 **73**:309-314.
- 42) 佐藤庚 1959. 稲の組織内澱粉に関する研究 第6報 高節位側芽の生長について. 日作紀 **28**:30-32.
- 43) 佐藤庚 1961. 稲の組織内澱粉に関する研究 第8報 澱粉消長よりみた分けつ相互の関係. 日作紀 **30**:23-26.
- 44) 佐藤勉 1975. 過酸化石灰による湛水直播水稻の出芽安定化に関する研究 第3報  $\text{CaO}_2$ 粉衣種子の出芽に及ぼす気温と埋没深度の影響. 日作北陸支報 **10**:32-36.
- 45) 下坪訓次・富樫辰志 1996. 水稻の代かき同時土中直播栽培に関する研究. 1. 点播直播について(予報). 日作紀 **65**(別1):12-13.
- 46) 下坪訓次・富樫辰志 1996. 水稻の代かき同時土中直播栽培に関する研究. 2. 点播水稻と条播水稻の押倒し抵抗の比較. 日作紀 **65**(別2):14-15.
- 47) 菅井恵介・後藤雄佐・斉藤満保・西川岩男 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.
- 48) 菅井恵介・後藤雄佐・斉藤満保 2001. 段階的な深水処理が水稻分けつの生長に及ぼす影響. 日作紀 **70**:23-27.
- 49) 世古晴美・佐村薫・越生博次 1983. 水稻湛水土中直播栽培の播種様式と生育収量. 近畿中国

- 農研 66:9-12.
- 50) 高橋清 1992. イネの高節位分けつの茎の発育相の解析. 日作紀 61:49-55.
- 51) 丹野文雄 1992. 水稻の栄養診断と予測技術に関する研究. 第7報 コシヒカリ, ササニシキの分けつの子実生産力と養分吸収特性. 福島農試研報 31:1-8.
- 52) 寺島一男・秋田重誠・酒井長雄 1992. 直播水稻の耐倒伏性に関する生理生態的形質 第1報 押し倒し抵抗測定による耐ころび型倒伏性の品種間比較. 日作紀61:380-387.
- 53) 富樫辰志 2002. 水稻の打ち込み式代かき同時土中点播技術の開発. 九州沖縄農業研究センター報告. 1-52.
- 54) 王永琴・花田毅一 1982. 水稻の主茎および分けつ間における<sup>14</sup>C同化産物の移動. 日作紀 51:483-491.
- 55) 山田登・長田明夫・太田保夫 1954. 水稻の冠水被害に関する研究(予報). 日作紀 22:57-58.
- 56) 山田登・長田明夫・太田保夫 1955. 水稻の冠水抵抗性に関する研究. 日作紀 23:155-161.
- 57) 山口弘道・八百板正則・佐々木良治 1997. 異なる苗立ち密度に対する直播水稻個体群の収量調整機構. 日作紀 66(別1):15-16.
- 58) 山本由徳・池内浩樹 1990. 水稻の主稈における節位別分けつの子実生産力 第1報 分けつ出現節数と出現節位の影響. 日作紀 59:8-18.
- 59) 吉田智彦・穂園咲子 1995. 早期水稻再生芽の生長に関する研究. 日作紀 64:1-6.
- 60) 吉永悟志・脇本賢三・田坂幸平・松島憲一・富樫辰志・下坪訓次 2001. 打ち込み式代かき同時土中点播栽培による湛水直播水稻の耐倒伏性向上-播種様式および苗立ち密度が耐倒伏性に及ぼす影響-. 日作紀 70:186-193.
- 61) 吉永悟志・脇本賢三・田坂幸平・松島憲一・富樫辰志・下坪訓次 2001. 暖地の湛水直播栽培における土中点播水稻の生育特性. 日作紀 70:541-547.
- 62) 吉永悟志 2002. 打ち込み式代かき同時土中点播機を用いた水稻の湛水直播栽培における生産性の向上および安定化に関する研究. 九州沖縄農業研究センター報告. 53-116.

# **On the Appearance of Upper Nodal Tillers Influenced by Seedling Density and Number of Productive Tiller in Hill-Direct Sowing Rice Cultivation**

**Ryota Uchida**

## **Summary**

The definition of the upper nodal tiller (UNT) has always been vague. In this study, tillers with the appearance of an elongated stem part are designated as UNTs, which are formed in the reproductive stage. Grains of UNTs do not contribute to rice seed production or increased yield. Actually, grains of UNTs reduce brown rice quality. Therefore, efficient production demands the inhibition of UNTs. Many studies have investigated UNTs using pot tests, but no reports describe studies field tests of the appearance of UNTs. Therefore, we examined the relation between the appearance of UNTs and hill sowing, which is often used in direct sowing in flooded paddy fields.

Using hill sowing, broadcast sowing, and row sowing, we examined the relation between sowing patterns and the appearance of UNTs in direct sowing in flooded paddy fields. The number of UNTs differed according to the sowing pattern (row sowing>hill sowing>broadcast sowing). The number of productive culms was correlated negatively with the number of UNTs. The number of spikelets per panicle, the brown rice panicle weight, and the percentage of ripened grains of tillers with UNT appearance were higher than those of tillers without UNT appearance. The brown rice weight was positively correlated with the number of spikelets per panicle. The brown rice weight was positively correlated with the percentage of ripened grains in tillers with UNT appearance and tillers without UNT appearance.

Using different establishment numbers of hills and different densities of hills, we examined the relation between seedling density and UNT appearance. Hills with UNT appearance were more



numerous and UNTs were more numerous in cases of low seedling density. Given appropriate seedling density, more numerous established hills and low hill density produced the greatest number of UNTs. The percentage of UNT appearance among all plants was negatively correlated with the number of productive culms per square meter. The percentage of UNT appearance was positively correlated with the leaf color before the heading stage. Furthermore, the number of productive culms per square meter was negatively correlated with the leaf color before the heading stage.

We hypothesized that the UNT appearance is related to tiller inhibition. Therefore, we examined the relation between UNT appearance and tiller inhibition by deep-flooding treatment. Hills with UNT appearance and the number of UNTs were greatest in deep-flooding treatment plots. The number of productive culms per square meter was negatively correlated with the percentage appearance of UNTs. The UNTs were most numerous in plots that had the longest term of deep-flooding treatment. Furthermore, the number of UNT appearances was greatest when deep-flooding occurred early.

However, UNTs appear when shoots of mother stems store nitrogen and starch plentifully. We examined the relation between the appearance of UNTs and the contents of nitrogen and non-structural-carbohydrate (NSC) of leaf blades and leaf sheath+culm. The percentage appearance of UNTs was positively correlated with the nitrogen contents and NSC contents of leaf blades and leaf sheath+culm of main culms and tillers. Nitrogen contents in plants of low seedling plots, deep-flooding treatment plots, and top-dressing at panicle formation stage plots were higher, respectively, than nitrogen contents in plants of appropriate seedling plots, non-treatment plots, and non-top-dressing at the panicle formation stage. Contents of NSC of plants in deep-flooding treatment plots and top-dressing at panicle formation stage plots greatly increased from 26 days before heading, and did not decrease until 32 days after heading.

Results of this study clarified that the number of appearance of UNTs in sowing pattern differed according to the paddy rice community structure. Broadcast sowing increased the number of productive culms per square meter because individual competition under broadcast sowing was

slight. In contrast, hill sowing and row sowing showed no increase in the number of productive culms per square meter because individual competition of hill sowing and row sowing were greater. Therefore, the number of appearances of hill sowing and row sowing were increased because tiller starch and nitrogen contents were greater. Probably, the UNTs were more numerous because nitrogen contents and assimilation of tillers were greater when normal tillers (non-UNTs) were decreased in conditions of low seedling density. Moreover, the nitrogen and photosynthate contents of the mother stem were greatest when deep flooding occurred early. For that reason, the number of UNT appearances increased. However, results clarified that tiller leaf blade elongation and leaf sheathes of tillers give priority to UNT appearance when deep-flooding occurs late. A higher percentage of UNT appearance inside the leaf sheath when given sufficient nitrogen content and NSC of normal tillers was associated with fewer normal tillers per square meter. Based on those results, we inferred that UNTs appeared in hill sowing when the increase in normal tillers during the early growth occurred late, and when nitrogen and NSC contents were abundant before the heading stage. For that reason, we inferred that UNT appearance can be controlled if nutrient contents of normal tillers are not abundant when the normal tillers per square meter numerically increase as the normal tiller number increases vigorously during the early growth. Less top-dressing at the panicle formation stage produces fewer normal tillers per square meter. Later top-dressing application of fertilizer at the panicle formation stage can reduce UNT appearance.