



Title	北海道における秋播きコムギの分けつ性に関する研究
Author(s)	荒木, 英晴
Citation	北海道大学. 博士(農学) 甲第12251号
Issue Date	2016-03-24
DOI	10.14943/doctoral.k12251
Doc URL	<a href="http://hdl.handle.net/2115/64623">http://hdl.handle.net/2115/64623</a>
Type	theses (doctoral)
File Information	Hideharu_Araki.pdf



[Instructions for use](#)

北海道における秋播きコムギの  
分けつ性に関する研究

北海道大学大学院農学院  
生物資源科学専攻 博士後期課程

荒木 英晴

# 目 次

第 1 章	序論.....	1
第 2 章	分けつ追跡調査法の確立と分けつの出現時期が 穂形成および収量に及ぼす影響の解析...	14
第 1 節	材料と方法.....	14
第 2 節	結果および考察.....	19
第 3 章	越冬前主茎葉齢の差異が収量に及ぼす影響の解析.....	33
第 1 節	材料と方法.....	34
第 2 節	調査結果.....	38
第 3 節	考察.....	44
第 4 章	分けつ出現の規則性と品種間差異の解明.....	47
第 1 節	材料と方法.....	48
第 2 節	調査結果.....	50
第 3 節	考察.....	60
第 5 章	分けつ出現時期が穂形成および収量に及ぼす影響 の品種間差異...	63
第 1 節	材料と方法.....	64
第 2 節	調査結果.....	66
第 3 節	考察.....	72
第 6 章	総合考察 .....	77
謝辞.....		88
引用文献.....		90
摘要.....		98
Summary.....		103

# 第 1 章 序論

## 第 1 節 コムギをめぐる状況

コムギはEU，中国，インド，アメリカ合衆国，ロシアを中心に世界各国で広範囲に栽培されており，世界全体の生産量は725百万トンである（農林水産省2015）．これは，穀物の中ではトウモロコシの989百万トンに次ぐ生産量となっており，イネを含めて世界の3大作物に位置付けられている．今後，世界人口の増加に伴い，世界全体のコムギ需要量は増加すると予測されており（農林水産省2015），更なる生産量の増加が必要となっている．

一方，日本のコムギ生産量は69万トンであり，日本国内の年間コムギ消費量573万トンの約12%を占めるにすぎない（表1-1，農林水産省2015）．用途別の自給率では，日本麺用途（中力粉）は60%と国内産比率は高いが，中華麺用途（強力粉，準強力粉）は5%，パン用途（強力粉，準強力粉）は3%と少なく（農林水産省2012），その大部分をアメリカ合衆国，カナダなどからの輸入に依存している．このため，日本国内では，日本麺用途としては多収で高品質の品種開発が進む一方，自給率の低いパンや中華麺用途の品種開発および作付面積の拡大が求められている．

表1-1 日本の年間コムギ消費量.

	銘柄	数量 (万トン)	比率 (%)	用途
国産	北海道産春よ恋	2	0.3	強力粉，準強力粉
	北海道産きたほなみ	47	8.2	中力粉
	その他（北海道産ゆめちから等）	20	3.5	
	国産数量計	69	12.0	
輸入	カナダ産ウエスタン・レッド・スプリング（1CW）	95	16.6	強力粉
	アメリカ産ダーク・ノーザン・スプリング（DNS）	128	22.3	強力粉，準強力粉
	アメリカ産ハード・レッド・ウィンター（HRW）	84	14.7	強力粉，準強力粉
	オーストラリア産スタンダード・ホワイト（ASW）	86	15.0	中力粉
	アメリカ産ウエスタン・ホワイト（WW）	76	13.3	薄力粉
	その他（デュラムコムギ等）	35	6.1	
	輸入数量計	504	88.0	
	年間消費量	573	100.0	

食料・農業・農村白書 平成27年版より引用.

## 第2節 北海道における秋播きコムギの位置付け

北海道は日本のコムギ生産量の6割以上を占める主産地であり（表1-2）、畑作経営での輪作体系を維持する基幹作物である。2013年産コムギの栽培面積は122,000 haであり、そのうち、秋播きコムギの栽培面積は108,100 haとなっている（北海道農政事務所2014）。近年の作付面積の推移をみると、2000年までは増加傾向にあったが、2000年代に入ると、需要動向を踏まえた計画生産を目的とした作付指標面積がJA北海道中央会などによって設定され、近年は110,000ha程度で安定している（図1-1）。2013年産の10aあたり収量は、都府県の318kgに対し北海道は436kgと高い（北海道農政事務所2014）。これは、都府県と比べ、収穫時の気象条件が安定しており穂発芽などの気象被害が少ないこと、また播種から成熟までの生育期間が長いことが要因と考えられる（北海道米麦改良協会2004）。

北海道の畑作経営では、秋播きコムギは省力的作物として位置付けられる。秋播きコムギの投下労働時間は16.1時/haとなっており、主要畑作物の中では最も少ない（表1-3、北海道農政部2013）。その一方、労働時間あたり所得は42,760円/時と極めて高いので、労働力不足が深刻化する畑作経営においては、秋播きコムギの作付比率を高めて所得確保を図っているのが現状である（表1-4）。

表1-2 日本のコムギ作付面積と収穫量（2013年産）。

	作付面積 (ha)	収穫量(t)
全国	210,200	811,700
北海道	122,000	531,900
福岡	14,900	50,200
佐賀	9,910	29,600
滋賀	6,600	18,300
群馬	5,860	25,400
三重	5,670	16,200
愛知	5,270	22,000
埼玉	5,120	20,400

食料・農業・農村白書 平成27年版より引用。

表1-3 主要畑作物の労働時間と労働時間あたり収入.

作物名	労働時間 (時/ha)	労働時間あたり収入 (円/時)	備考 (作業体系)
秋播きコムギ	16.1	42,760	
春播きコムギ	15.5	19,747	
テンサイ	109.3	5,716	移植栽培
生食用バレイショ	115.8	3,824	
澱原用バレイショ	52.2	9,821	
ダイズ	52.0	10,158	
アズキ	48.6	8,325	コンバイン収穫

北海道農業生産技術体系第4版 (北海道農政部2013).

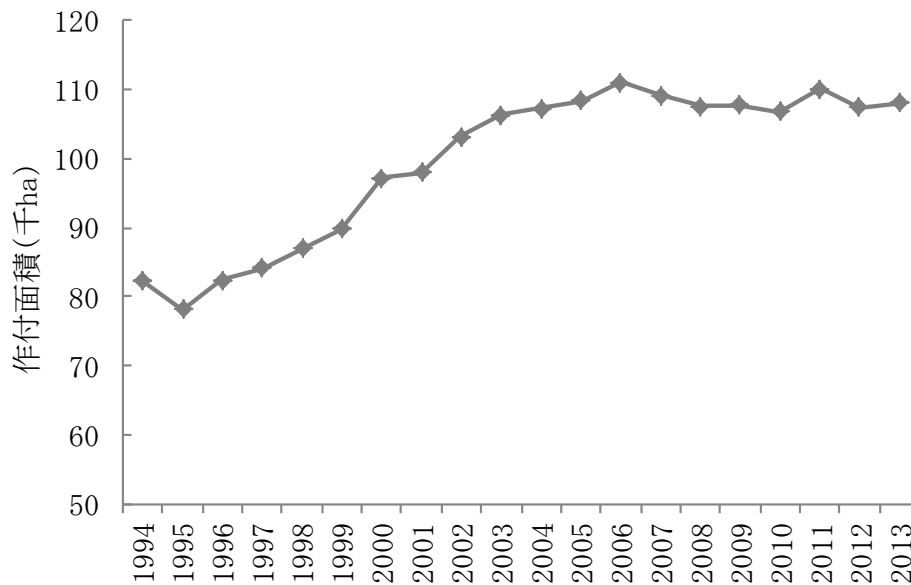


図1-1 北海道における秋播きコムギの作付面積の推移.  
平成26年度農林水産統計公表資料 (北海道) より引用.

表1-4 北海道における主要畑作物の作付面積 (2013年).

作物名	作付面積 (ha)
コムギ	122,000
テンサイ	58,200
バレイショ	53,400
豆類	61,380
そば	22,200
なたね	430

北海道農林水産統計年報総合編 (平成24~25年) より引用.

### 第3節 北海道における秋播きコムギ栽培の現状

#### (1) 品種の切り替えと品質評価の高まり

北海道の秋播きコムギにおける主な作付け品種では、「チホクコムギ」、「ホクシン」、「きたほなみ」と切り替わりが進み、耐病性の強化とともに品質に対する改良も進んだ（柳沢ら 2007）。現在の基幹品種「きたほなみ」は中力粉用途として日本麺などに使われており、加工業者からは輸入コムギで品質が高いとされる「オーストラリアン・スタンダード・ホワイト（ASW）」にも匹敵する高い評価を得ている（表 1-5）。また、薄力粉や強力粉とのブレンドにより菓子やパン用にも使われるなど、用途の種類も広がっており、今後の需要拡大が期待されている。

近年では国の政策により、自給率の低いパン・中華麺用となる硬質系コムギ品種への作付け転換も進められており、春播きコムギを含めた硬質系コムギ品種の作付け比率を3割にする作付け指標面積が設定されている（JA北海道中央会：平成27年度畑作物作付け指標面積推進資料）。これに伴い、硬質系の秋播きコムギ品種「ゆめちから」（田引ら 2011）と「つるきち」（北海道農政部 2014）が北海道の奨励品種に決定され、生産現場での栽培が始まっている（北海道米麦改良協会 2015）。

表1-5 きたほなみの製めん適性。

試験場所	品種名	調査 点数	ゆでうどんの官能検査						合計 (100)
			色 (20)	外観 (15)	かたさ (10)	粘弾性 (25)	滑らかさ (15)	食味 (15)	
製粉協会	きたほなみ	6	16.6	10.7	7.1	18.8	11.3	10.5	75.0
	ホクシン	6	14.2	10.4	6.9	18.8	10.0	10.5	70.8
	ASW	3	16.3	10.7	7.5	19.2	11.3	10.5	75.5
	農林61号	3	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0
道産小麦 研究会	きたほなみ	6	15.9	11.6	7.4	19.4	11.7	10.6	76.6
	ホクシン	6	15.0	11.0	7.2	19.2	11.5	11.0	74.9
	ASW	3	16.3	11.8	7.4	18.4	11.5	10.7	76.1
	農林61号	3	14.0	10.5	7.0	17.5	10.5	10.5	70.0

柳沢ら(2007) 北海道立農業試験場集報第91号より抜粋。

官能検査の調査点数は2002年～2004年（2003年産～2005年産）3カ年の延べ点数。

ゆでうどんの官能検査の各項目の（ ）内は配点。群馬県産「農林61号」を基準とする。

## (2) 秋播きコムギの収量変動

北海道における秋播きコムギの収量は、1990年代は極端な低収年以外では約 300～400kg/10a で推移し、2000年代に入ると約 500kg/10a まで増加している（図 1-2）。収量増加の要因としては品種開発の貢献が大きいと考えられ、成熟期が早くて穂発芽耐性などの障害に強く、収量性の高い品種への転換が進んだ（北海道米麦改良協会 2004）。

その一方、直近の 10 年（2004～2013 年）での収量をみると、313～510 kg/10a（北海道農政事務所 2014）と年次変動が大きく、現在の基幹品種「きたほなみ」に切り替わってからは収量の不安定さが目立っている。さらに、長期的には地球温暖化の影響により登熟期間が短縮すると予測され、これにより収量は低下すると予想されている（中辻ら 2011）。このため、加工業者からは品質については高い評価が得られているが、加工業者が最も望んでいる安定供給に対応できていない状況にある。

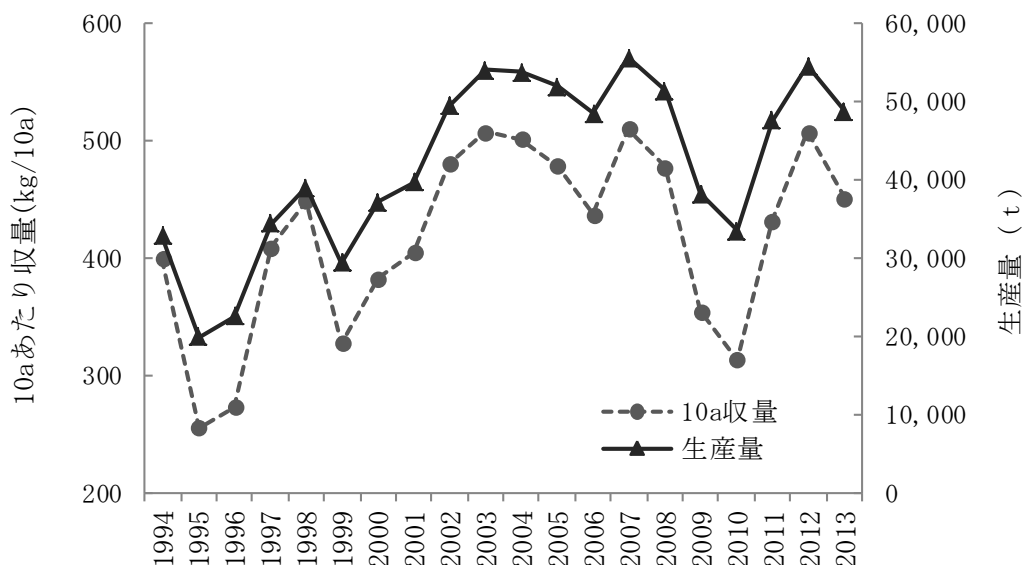


図1-2 北海道の秋播きコムギでの収量の推移。  
平成26年度農林水産統計公表資料（北海道）より引用。



## 第4節 北海道における秋播きコムギ栽培の課題

北海道の秋播きコムギは品種開発によって品質が改良され、また多収が得られる品種へ切り替わっているが、収量における年次変動の大きさが課題となっている。生産現場での収量の不安定さにつながる要因は次の2点に集約できる。

### (1) 気象的要因

1点目は、収穫時期の降雨による穂発芽や病害発生など気象面に起因する収量変動である（図1-3，図1-4）。北海道では、収穫時期となる7月中旬～8月上旬に梅雨前線の北上によって天候不順となる年では、低温と降雨により穂発芽が発生する（中津2000）。これにより規格外粒が生じて製品歩留が低下し、さらに、アミロース含有率の低下によって品質が低下する（中津ら2007）。しかし、近年では穂発芽耐性の高い品種が開発されており、現在の基幹品種「きたほなみ」では穂発芽耐性が“やや難”と改良されている（柳沢ら2007）。また、穂の水分測定による成熟期予測法（北海道米麦改良協会2015）や衛星リモートセンシングを用いたコムギ適期収穫支援システム（奥野2007）なども開発されており、穂発芽回避に向けた適期収穫技術が確立されている。

病害面では、コムギ縞萎縮病や雪腐病の発生などにより収量が低下することがある（美濃2000）。しかし、新品種の開発によって耐病性が改良されていること（田引ら2011，柳沢ら2007）、また防除薬剤や散布時期の研究が進み、効果的な適期防除技術が確立されている（北海道農政部2014）。

このように、気象面に起因する収量変動に対しては、品種開発と適期収穫技術、および薬剤選定などによって対応可能な技術が確立され

つつある。



図 1-3 立毛中に生じた穂発芽.



図 1-4 コムギ縮萎縮病による春季の黄化.  
(圃場左側が発症箇所)

## (2) 栽培管理的要因

2 点目は、穂数過多による倒伏や倒伏を恐れた過剰な穂数抑制による穂数不足など、栽培管理的要因に起因するものである（図 1-5, 図 1-6）。現在の基幹品種「きたほなみ」は、分けつ出現が旺盛なので穂数管理が難しいことが知られており、生産現場ではこの品種の普及当初、穂数過多に起因する倒伏が多数みられて大きな問題となった（荒木ら 2011）。穂数過多による倒伏は、光合成量の減少や光合成産物の転流阻害によって千粒重が低下し、収量は大幅に低下する（氷高 1968）。さらに、細粒による製品歩留の低下やアミロース含有率の低下によって品質も著しく低下する（中津ら 2007）。その一方、低収圃場は穂数が少ない場合が多いとの報告（北海道米麦改良協会 2004）があり、過剰な穂数抑制は低収につながる。このように、穂数管理が不安定な状況下では収量の安定化は難しい。

北海道における秋播きコムギの栽培管理技術は、穂数と密接に関係する分けつの増加を前提に播種密度が設定され、過去の倒伏事例から目標穂数を設定している（北海道農政部 2011）。すなわち、分けつ性の把握は最適な穂数管理を行うための基礎になり、収量の高位安定化には重要な要素となる。ところが、北海道の秋播きコムギの分けつ性は、長期の積雪期間を経過するので分けつの追跡が困難であり、これまでのところ分けつ性に関する知見は少ない。また、分けつと穂の形成過程との関係についても不明な点が多い。このため生産現場の栽培管理技術は、各品種における分けつ数の大まかな把握や施肥反応などの経験的な知見から栽培管理が行われ、穂数の過不足が生じ、収量の不安定さをもたらす主要因になっている。



図 1-5 穂数過多による倒伏の発生.



図 1-6 過剰な穂数抑制による減収.

## 第 5 節 秋播きコムギの収量構成要素

秋播きコムギの収量は、1 穂子実重と単位面積あたり穂数で構成され、そのうち 1 穂子実重は、1 穂粒数と 1 粒重の積で決まる。1 穂子実重のうち 1 穂粒数は、幼穂形成期頃の栄養状態により小穂の数や穂の大きさが左右され（北海道米麦改良協会 2004）、その後の干ばつなどの障害により発育が劣る場合は稔実歩合が低下し、1 穂粒数は少なくなる。さらに、1 穂粒数は開花前後の連続降雨や曇天、および低温により開花が遅れた場合は不稔が生じて少なくなるなど、気象条件に左右される。つぎに、1 粒重は登熟期間中の気象条件や栽培管理に左右される（西尾ら 2011）。すなわち、1 粒重は登熟期間中の気温が低く、日照時間が長いほど重くなり、気温が高いと登熟期間が短縮するので軽くなる（中辻ら 2011）。また、1 粒重は穂数が多いほど軽くなり、穂数過多で倒伏した場合には著しく軽くなる（北海道農政部 2011）。

つぎに、穂数は出芽数や越冬後の生存個体数、単位面積あたり分けつ数などによって左右される（北海道米麦改良協会 2004）。すなわち、単位面積あたり分けつ数が多いと穂数が多くなる（荒木ら 2011）。また、単位面積あたり穂数が少ない圃場では低収となり（北海道米麦改良協会 2004）、逆に穂数が多い圃場では、1 粒重が低下して製品歩留も低下するなど、穂数の過不足は収量および品質の不安定さをもたらす。

このように、秋播きコムギの収量は、1 穂子実重と単位面積あたり穂数で構成されるが、その数値は気象条件や栽培条件によって左右される。そのうち、人為的に管理できる栽培条件では、分けつ数の管理方法によって穂数が異なることから、分けつ数を適正に管理することは、秋播きコムギの安定生産と品質向上につながる重要な要素である。

## 第 6 節 コムギの分けつ性に関するこれまでの研究

コムギの分けつ性については、これまでイネ・ムギの分けつ性を示した同伸葉・同伸分けつ理論（片山 1951, 以下, 片山理論）を中心に、栽培管理技術の確立に向けた検討が進んでいる。この理論は、ある茎（母茎となる）の第  $n$  葉が抽出している時に、その茎の第  $(n-3)$  節位から分けつが出現する規則性があるとし（これを同伸分けつの規則性という）、出現後の分けつの伸長展開速度は母茎の伸長展開速度と同じ（これを同伸葉の規則性という）としており、海外でも Kirby (2002) が同様な規則性を報告している。

その後、イネでは松葉 (1987)、山本ら (1994)、後藤 (2003)、佐々木ら (2004) らの研究に基づき、生産現場では分けつ数のコントロールに主眼を置いた栽培管理技術が確立されている。またコムギでは、節間伸長が開始する時に、弱小分けつから強大茎へ光合成産物の転流量が増加し、弱小分けつは淘汰される (Chafai and Simmons 1988, Lauer and Simmons 1988, 中條ら 1990) ことから、節間開始期以降に分けつの有効化と無効化が決定される (橋本ら 1956, 徳永 1956, 中條ら 1989, Davidson and Chevalier 1990, 李・山崎 1994) ことが明らかになり、さらに、低次・低位分けつの有効化率が高い (中條ら 1989, 李ら 1993, 福罵ら 2001) ことも報告されている。しかし、分けつが有効化するか否かの判断は、一般的な生育調査では困難であり (Hay 1986)、また、個体内あるいは単位面積あたりでの分けつ数の変動が大きいので (福罵ら 2001)、分けつの有効化の過程を明らかにするには、多大な労力が必要である。

北海道における分けつ性に関する研究では、春播きコムギでは、低次分けつの有効化率が高いことや、主稈から形成される穂の収量が高いことが報告されており (藤田 2001)、早期播種や適量播種技術の普

及につながっている。一方，秋播きコムギでは，播種後から冬期に向けて気温が急激に低下するため，圃場で分げつの発生と伸長を追跡することは容易ではない。また，長期の積雪期間における分げつの追跡調査法も確立していない。このため，継続的な分げつ調査を行った報告は少なく，母茎葉齢に対する分げつの出現時期や増加の過程（分げつ出現様式）については，主茎葉齢と個体あたり分げつ数をロジスティック解析で示した報告（伊與田ら 2008，中道ら 2014）のみである。このため，実際の分げつの出現様式やその消長を詳細に示した報告はなく，本州以南の地域での実験結果に基づく片山理論を前提とした栽培管理技術が組み立てられているのが現状である。

## 第 7 節 本研究の目的と構成内容

本研究では，北海道における秋播きコムギの分げつ性を明らかにし，栽培管理的要因に起因する収量変動を改善する栽培管理技術を確立する目的で，以下の構成に基づいて調査および検討を行った。

まず第 2 章では，4～5 ヶ月にも及ぶ長期積雪期間においても容易に分げつの出現時期とその消長を継続的に測定できる方法を検討し，簡易な分げつ追跡調査法を確立した。また，北海道の基幹品種「きたほなみ」の分げつ出現時期と有効化率との関係を調査し，穂数の決定過程について検討した。さらに，有効化した穂の稈長，穂長および収量構成要素を調査し，分げつの出現時期が収量に及ぼす影響を検討した。

第 3 章では，越冬前の個体での分げつ出現状態に着目し，個体の大きさ（越冬前の主茎葉齢）が穂数や収量に及ぼす影響を明らかにするとともに，多収を得るために必要な越冬前の主茎葉齢および倒伏させないための播種密度を検討した。

第 4 章では，これまで不明であった北海道の秋播きコムギの分げつ

出現様式について，毎日の継続的な追跡調査に基づき片山理論との差異を示すとともに，分けつ出現の品種間差異を検討した．

第5章では，分けつ出現時期と有効化率，稈長，穂長および収量構成要素との関係について，第2章で示した「きたほなみ」に加えて，北海道で栽培されている他の2品種についても検討した．

最後の第6章では，第2章～第5章で明らかにした北海道における秋播きコムギの分けつ性に基づいて，今後の品種開発への提言や安定的に多収が得られる栽培管理技術について，総合的に考察した．



## 第2章 分げつ追跡調査法の確立と分げつの出現時期が穂形成および収量に及ぼす影響の解析

北海道では，長期積雪期間に対応できる分げつ追跡調査法が確立されておらず，播種から成熟期までの分げつ消長を継続的に追跡した報告は知られていない．また，これまで分げつの出現時期と穂の形成過程については不明な点が多く，穂数の不安定さを招く要因となっている．

そこで，北海道の秋播きコムギの分げつ性を明らかにするために，まず，長期積雪期間でも容易に分げつ出現時期とその消長を継続的に測定できる調査手法を検討した．つぎに，確立した分げつ追跡調査法を用いて，分げつの出現時期と有効化率との関係を調査した．さらに，有効化した穂の稈長，穂長および収量構成要素についても調査を行い，分げつ出現時期と収量との関係を調査した．

### 第1節 材料と方法

#### (1) 栽培方法

供試品種として，北海道の基幹品種「きたほなみ」を用いた．「きたほなみ」は，荒木ら（2011）が行った現地調査から分げつ出現が旺盛で穂数管理が難しいことが知られ，生産現場では穂数過多に起因する倒伏が多数見られている．

調査年次は 2011～2012 年（以下，2012 年産とする），2012～2013 年（以下，2013 年産とする）の 2 作期とし，北見市北上に位置する J A きたみらい農業技術センター（以下，A 圃場とする），訓子府町高園地区（以下，B 圃場とする）の 2 圃場で調査した．前作はいずれもバレイショで，収穫後，ロータリによる整地作業を行った後にコムギを

播種した。播種日は2012年産はA圃場で9月22日，B圃場で9月28日，2013年産はA圃場で9月21日，B圃場で9月28日とした。播種密度は両年ともA圃場で150粒 $m^{-2}$ ，B圃場で195粒 $m^{-2}$ とし，A圃場では種子をシードテープに封入した後，シーダー播種機を用いた条間30cmのドリル播き，B圃場ではグレンドリルを用いて条間30cmのドリル播きで行った。施肥時期と施肥量は，「道東地域における秋まき小麦「きたほなみ」の高品質安定栽培法」（北海道農政部 2011）に準じた（表2-1）。なお，北海道の土壤凍結が生じる地域では，土壤凍結の深さにより起生期の土壤硝酸態窒素残存量が異なることが知られている（佐藤ら 2008）。このため，起生期以降の窒素追肥量の設定に当たっては，融雪後の土壤硝酸態窒素残存量に応じて施肥するのが一般的であり，年次により追肥量に差異が生じた。

表2-1 各年次および圃場の施肥量。

年次	圃場	窒素 (N)					リン酸 ( $P_2O_5$ )	カリ ( $K_2O$ )
		基肥	幼穂形成期	止葉期	出穂始期	合計	基肥	基肥
2012	A	4.0	6.0	4.0	4.0	18.0	12.5	4.0
	B	3.8	1.8	3.4	—	9.0	12.0	3.8
2013	A	6.0	8.0	4.0	4.0	22.0	15.0	6.0
	B	4.8	2.9	3.2	6.3	17.2	15.0	6.3

表中の単位は $gm^{-2}$ 。

## (2) 調査方法

分けつ追跡調査では、量販店で市販されている着色輪ゴム（直径 1 cm 程度のヘアゴム，図 2-1）を用いて，分けつの出現時期ごとに輪ゴムの茎の付け根に装着した（図 2-2）．分けつは順次出現するが，本調査では分けつの出現時期を越冬直前の葉数に応じて，葉数 2 枚以上を有する茎（以下、越冬前頑健茎とする），葉数 1 枚以下で出現直後の茎（以下，越冬前針茎．葉幅が細く，分けつの形状が針のように細いことから針茎と称した），越冬後に出現した茎（以下，越冬後出現茎）の 3 つに区分した（図 2-3）．越冬前針茎の中には越冬前に輪ゴムの装着が困難な分けつもあったが，この場合には茎にマジックペンで印を付けておき，融雪後，生育が進んでから装着した．越冬後出現茎は，輪ゴムの装着が可能な草姿になってから装着し，幼穂形成期までに出現した分けつを対象とした．

調査箇所は生育が揃い連続した 20～36 株を対象とし，各年，各圃場ごとに 2 反復を設けた．越冬前の主茎葉齢は，2012 年産は A 圃場で 5.3 葉（調査日 11 月 15 日），B 圃場で 4.6 葉（同，11 月 17 日），2013 年産は A 圃場で 6.6 葉（同，11 月 20 日），B 圃場で 5.4 葉（同，11 月 20 日）であった．なお，いずれの年次，圃場でも，鞘葉分けつが出現した個体では鞘葉分けつを株元から除去した．これは，オオムギや春播きコムギでは，環境により鞘葉分けつの出現が不規則であることや（戸谷 1975，藤田 2001），秋播きコムギでも同様なことを観察しているので（荒木，未発表），出現の差異による影響を考慮したためである．

調査では，まず分けつ追跡手法の正確さを明らかにするために，輪ゴムの装着性，装着から成熟期までの輪ゴムの損傷・損失状況，輪ゴム色の識別性を調査した．つぎに，追跡手法の検討と並行して分けつ出現時期と有効化率の関係を調査した．有効化率の算出は，装着した

輪ゴム数と成熟期の穂（稈）に残存した輪ゴム数から求めた。さらに、収量性との関係を調査するために、成熟期に調査対象株を抜き取りハウス内で十分に乾燥した後、稈長、穂長、1穂子実重、1穂粒数および千粒重を調査した。千粒重は、1穂子実重と1穂粒数から除算により求めた。なお本報告では、穂の大小にかかわらず出穂した分けつは全て穂として識別した。

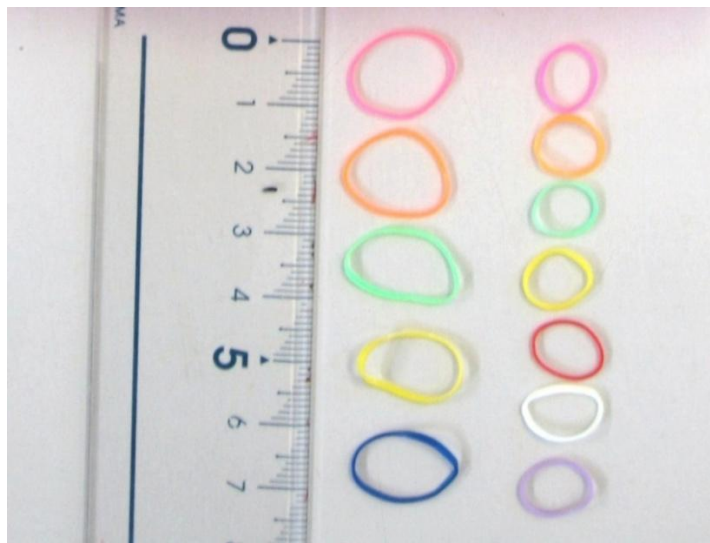


図 2-1 調査に用いた着色輪ゴム。



図 2-2 分けつに装着した輪ゴムの様子。  
(幼穂形成期頃の状況)

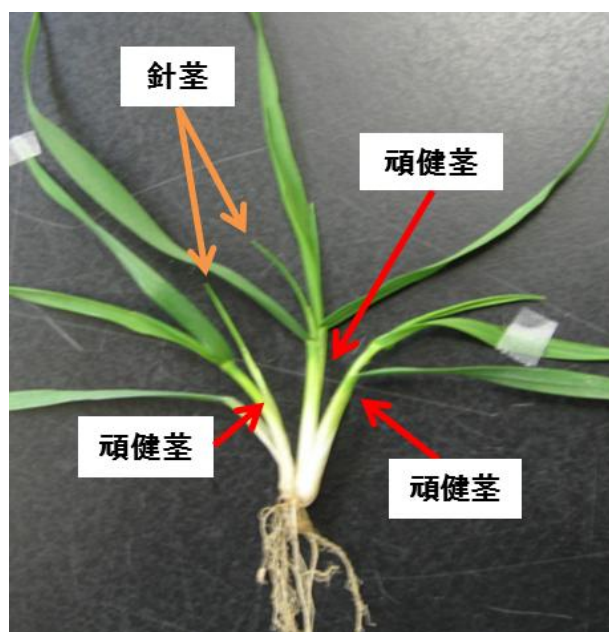


図 2-3 越冬前の茎の分類  
※分けつの葉数で 2 枚以上を越冬前頑健茎とし、  
葉数 1 枚以下を越冬前針茎として区分した。

### (3) 統計処理

分けつ出現時期と有効化率との関係は McIntosh 統合解析法 (McIntosh 1983) による検定, 分けつ出現時期と稈長, 穂長および収量構成要素との関係は, 越冬前頑健茎と越冬前針茎を比較した対応のない t 検定, 単位面積あたり穂数および収量における各出現時期別分けつの構成比率との関係は, LSD 法 ( $p \leq 0.05$ ) で行った. 統計処理にはエクセル統計 2010 (社会情報サービス社) の分析ツールを用いて解析した.

## 第 2 節 結果および考察

### (1) 分けつ追跡手法

北海道のような 4～5 ヶ月にわたる長期積雪地帯においては、越冬直前の調査作業は肉体的に過酷であり、短時間で作業を終了させることが求められる。本研究では、市販の着色輪ゴムを用いて、越冬直前に越冬前頑健茎および越冬前針茎に輪ゴムを装着したが、分けつへの装着作業は容易であり、150～200 本/時間の装着が可能であった。また、装着した輪ゴムを成熟期まで随時観察したところ、分けつの肥大に伴う損傷や光による劣化は認められず、色の識別も可能であった（図 2-4）。さらに、輪ゴムを分けつの付け根に装着することで、風雪等による消失も認められなかった。以上のことから判断すると、本手法は作業性や調査精度に問題がなく、北海道におけるコムギの分けつ追跡手法として実用性が高いと考えられる。

本研究で用いた着色輪ゴムは、量販店で安価かつ多量に販売されており、入手は比較的容易である。輪ゴムの強度は未調査であるが、安価なもので問題はないと考えられる。



図 2-4 成熟期における輪ゴムの状態.

黒色の輪ゴム（矢印）は越冬前葉数で2葉以上の分げつ（越冬前頑健茎）に通したが，稈に輪ゴムが通っており有効化したことを示す．他色の輪ゴムは，越冬前葉数で1枚以下の分げつ（越冬前針茎）または越冬後に出現した分げつに通したが，分げつが消失しており無効化したことがわかる．

## (2) 分けつ出現時期と有効化率との関係

表 2-2 に、分けつ出現時期と有効化率との関係を示した。越冬前頑健茎の有効化率は 75~100% であり、いずれの年次、圃場でも越冬前針茎や越冬後出現茎より有意に高かった。すなわち、穂数確保には越冬前に 2 葉以上の分けつを確保することが有効と考えられる。ただし、年次、圃場ごとにみると、2013 年 A 圃場の有効化率が 75% とやや低かった。当該圃場では越冬前主茎葉齢が 6.6 葉と進み、越冬前頑健茎が 2 次分けつとしても出現していた (表 2-3)。中條ら (1989) は、主茎および 1 次分けつの有効化率は高いが、2 次分けつではその値が大きく低下すると報告している。このため、2013 年 A 圃場のように、越冬前の葉齢が進んだ個体では、高次分けつの越冬前頑健茎で有効化率が低下し、全体の有効化率の低下につながったと考えられる。

一方、越冬前針茎の有効化率は年次、圃場間でバラツキが大きく、2012 年産 A 圃場では 71% と高かったが、その他では 18~36% と低かった。また、越冬後出現茎の有効化率は 0~4% であり、いずれの年次、圃場においても著しく低かった。無効化する分けつは主として葉数 4 枚未満の幼小分けつであり (Davidson and Chevalier 1990, 李・山崎 1994)、有効化する分けつは、親分けつから独立する葉齢 3.1 葉以降 (藤井・田中 1956, 中條ら 1990) との報告がある。また、分けつの有効化と無効化の淘汰は節間伸長開始期から始まる (橋本ら 1956, 徳永 1956, 中條ら 1989, 李・山崎 1994) との報告がある。これらの報告から、節間伸長開始期までに葉齢 3.1 葉以上の分けつが有効化の可能性があると判断できる。

本研究で供試した「きたほなみ」では、伊與田ら (2008) は播種後からの有効気温 3℃ 以上の積算と葉齢との関係を回帰式 ( $y=0.0115x-0.2419$   $R^2=0.8767$ ) で示しており、前述の葉齢 3.1 葉を確



保できる有効積算気温は  $290.6^{\circ}\text{C}$  と算出される。図 2-5 に越冬後出現茎が節間伸長開始期までに得られた有効積算気温（2004～2013 年）を示したが、 $175.7\sim 275.4^{\circ}\text{C}$ （平均  $209.6^{\circ}\text{C}$ ）の範囲であった。すなわち、越冬後の出現分けつは葉齢 3.1 葉以上を確保できず、有効化の可能性は低いと考えられる。2012 年 A 圃場では越冬後出現茎から 4% 有効化したが、当年は有効積算気温が  $275.4^{\circ}\text{C}$  確保されており、早期出現分けつが有効化した可能性があったと考えられる。

越冬前針茎の有効化率では、年次間では 2012 年の方が高かった。これは、前述した融雪以降の有効積算気温が高かったためと考えられる。また、圃場間では A 圃場の方が高い傾向にあった。今回供試した「きたほなみ」では、融雪以降の窒素追肥量が多いと穂数が増加しやすいことが知られている（荒木ら 2011）。両圃場の総窒素施肥量は、A 圃場で  $18.0\sim 22.0\text{ gm}^{-2}$ 、B 圃場で  $9.0\sim 17.2\text{ gm}^{-2}$  であり、施肥量の多い A 圃場で有効化率が高まったと考えられる。なお、2 圃場間の距離は約 10.1km 離れているが、気象条件の差異はほとんどないと判断している。

表2-2 分けつ出現時期と有効化率の関係.

年次	圃場名	分けつ区分	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	残存した穂数 (本/m <sup>2</sup> )	有効化率 (%)
2012	A	越冬前頑健茎	416	416	100
		越冬前針茎	304	215	71
		越冬後出現茎	835	31	4
		全茎	1555	662	43
	B	越冬前頑健茎	477	477	100
		越冬前針茎	368	134	36
		越冬後出現茎	794	0	0
		全茎	1639	611	37
2013	A	越冬前頑健茎	462	344	75
		越冬前針茎	319	91	29
		越冬後出現茎	677	0	0
		全茎	1458	435	30
	B	越冬前頑健茎	422	390	92
		越冬前針茎	288	51	18
		越冬後出現茎	613	4	1
		全茎	1323	445	34
平均	越冬前頑健茎	444	407	92	
	越冬前針茎	320	123	38	
	越冬後出現茎	730	9	1	
	全茎	1494	538	36	
分散分析	df	MS	MS	MS	
年次	1	28912 ns	25742 **	1558 *	
圃場	1	477 ns	254 ns	135 ns	
年次×圃場	1	7668 ns	620 ns	338 ns	
誤差A	4	3859	911	111	
分けつ区分	2	355176 **	336131 **	16661 **	
年次×分けつ区分	2	15864 *	4377 ns	421 **	
圃場×分けつ区分	2	3065 ns	6538 *	499 **	
年次×圃場×分けつ区分	2	1037 ns	460 ns	45 ns	
誤差B	8	2561	1175	40	

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

表2-3 2013年産A圃場における各分けつの葉齢.

主茎	1次分けつ				2次分けつ				3次分けつ		
	T1	T2	T3	T4	T1p	T2p	T11	T21	T3p	T12	T1pp
6.6	<u>3.6</u>	<u>2.9</u>	<u>1.8</u>	0.6	<u>2.3</u>	<u>1.4</u>	<u>1.3</u>	0.4	0.3	0.1	0.6

表中の数値は葉齢を示す. また, アンダーラインは越冬前頑健茎に区分する分けつを示す. 分けつ記号は, 中條ら (1989) の論文で示した表示方法で表し, MSは主茎, T1, T2...は1次分けつ, T11, T21...は各1次分けつの節位から出現した2次分けつ, pはプロフィール節分けつを示す.

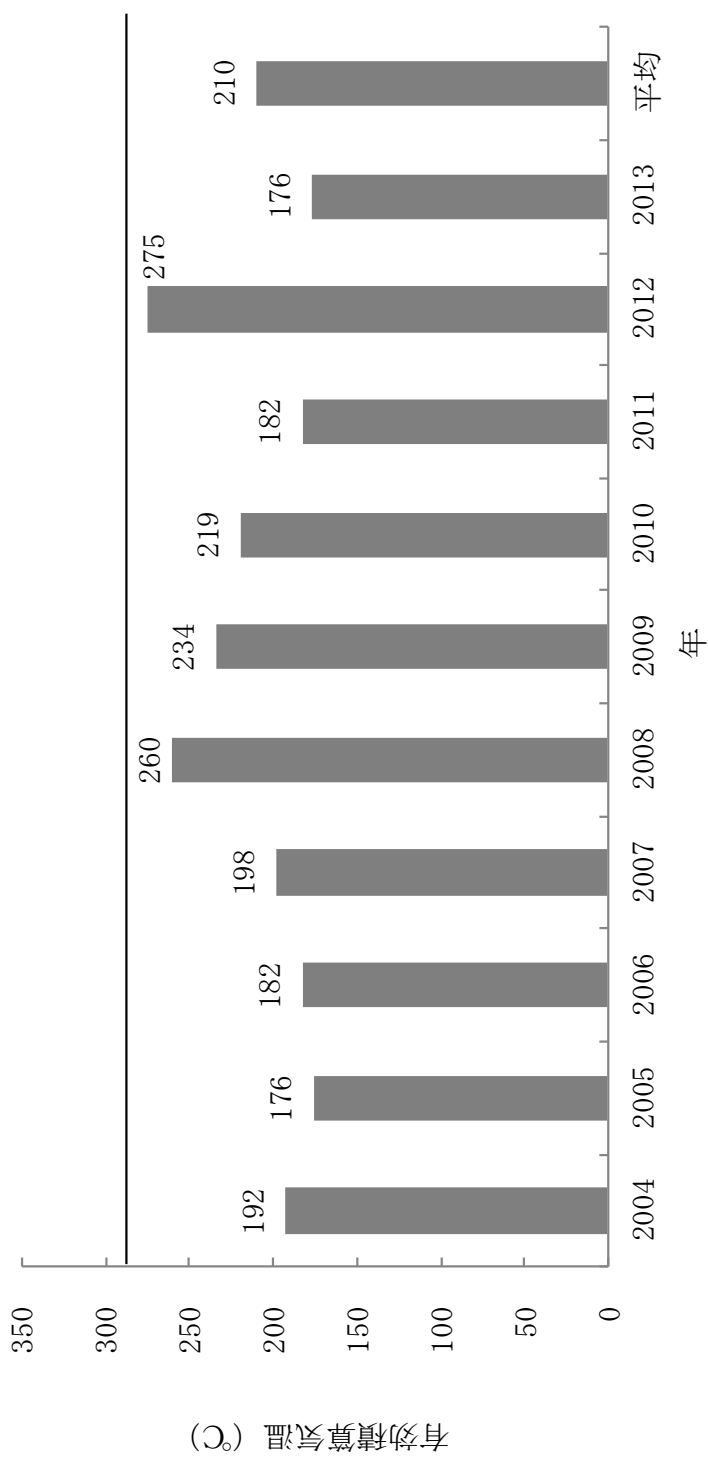


図2-5 融雪日～節間伸長開始期（幼穂形成期）までの有効気温3°C以上の積算と年次間変動.

図中の横線は、伊與田ら（2008）が示した有効気温3°C以上の積算と葉齢との回帰式（ $y=0.0115x-0.2419$ ）から、分けつ葉齢が3.1葉となる有効積算気温290.6°Cを示す。有効積算気温は、当試験地に近い北海道北見市のアメダスデータを用いて算出した。北海道では節間伸長開始期は調査事項になっていないが、幼穂形成期には節間伸長が始まっていることが認められる。

### (3) 分けつ出現時期と穂構成比率との関係

単位面積あたり穂数における分けつ区分別の構成比率を図 2-6 に示した。越冬前頑健茎の構成比率は 77% (標準偏差±10%, n=8) であり, 越冬前針茎および越冬後出現茎より有意に高かった。年次, 圃場間に有意差は認められず, いずれにおいても越冬前頑健茎の構成比率が高かった。一方, 越冬前針茎の構成比率は 22% (標準偏差±9%, n=8) であり, 越冬前頑健茎の構成比率が高い圃場ほど低かった。越冬前頑健茎と越冬前針茎の合計は 99% であり, 越冬前の出現分けつで大部分の穂が構成されることが示された。越冬後出現茎の構成比率は 1% (標準偏差 2%, n=8) と低く, 年次, 圃場間に有意差はなかったことから, 穂の構成比率へは影響しないと考えられる。これまで北海道の秋播きコムギでは, 越冬前の生育量が穂数に影響することが経験的に述べられてきたが, 今回の調査によりそれを具体的な数値として表すことができた。

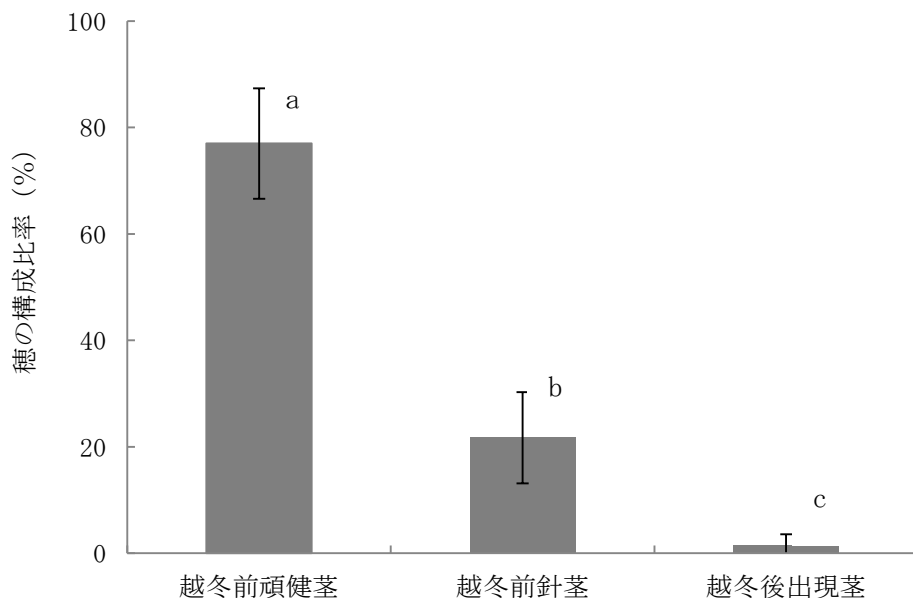


図 2-6 単位面積あたり穂数における分けつ区分別の構成比率。

図中の縦棒は標準偏差 (n=8) を示す。

異なる英文字間には LSD 検定 ( $P \leq 0.05$ ) で有意差があることを示す。年次および圃場間には有意差はなかった。

#### (4) 分けつ出現時期と稈長，穂長および収量構成要素との関係

表 2-4 に，分けつ出現時期と稈長，穂長および収量構成要素との関係を示した。稈長では，2013 年 B 圃場で差は小さかったが，他は越冬前頑健茎が長かった。穂長も同様に，越冬前頑健茎が有意に長かった。また，越冬前頑健茎の稈質は越冬前針茎より明らかに硬くて太く，倒伏耐性は高いと判断できた（達観評価による）。水稻では，主茎や 1 次分けつなど低位分けつほど稈長，穂長が長く，茎も太いことが報告されている（松江・尾形 1999）。越冬前頑健茎は主茎や 1 次分けつが中心であり，水稻と同様の関係にあると示唆された。なお，越冬後出現茎からはほとんど穂は形成されなかったが，形成された穂の稈長，穂長は短かった。

収量構成要素では，1 穂子実重は，越冬前頑健茎が越冬前針茎より有意に重かった。1 穂粒数は，越冬前頑健茎が越冬前針茎より有意に多かった。千粒重には有意差は認められなかった。このため，1 穂子実重の差は 1 穂粒数の差異に起因したものと判断した。コムギの 1 個体内においては，出現が早い節位の分けつは 1 穂子実重が重いとの報告（佐藤ら 2002）があり，本研究で低次・低位分けつが中心の越冬前頑健茎において 1 穂子実重が重かったことと一致する。

表2-4 分けつ出現時期と稈長，穂長および収量構成要素との関係。

圃場名	分けつ区分	調査本数 (本)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	1穂子実重 (g/穂)	1穂粒数 (粒/穂)	千粒重 (g)
2012	越冬前頑健茎	135	72.7 ± 5.1	9.0 ± 0.5	2.33 ± 0.36	52.5 ± 8.2	44.3 ± 2.0
	越冬前針茎	65	68.1 ± 5.1	8.1 ± 0.7	1.56 ± 0.38	35.1 ± 8.2	44.3 ± 3.4
	越冬後出現茎	10	(61.8 ± 3.2)	(7.3 ± 0.6)	(1.34 ± 0.29)	(30.5 ± 5.1)	(43.5 ± 2.7)
	越冬前頑健茎	73	73.2 ± 4.8	8.5 ± 0.7	1.80 ± 0.42	43.8 ± 9.5	40.8 ± 2.1
	越冬前針茎	21	68.1 ± 5.4	7.2 ± 0.8	1.08 ± 0.28	27.0 ± 6.6	40.0 ± 2.8
	越冬前頑健茎	92	60.8 ± 4.3	7.7 ± 1.0	1.50 ± 0.39	36.2 ± 8.9	41.4 ± 1.6
2013	越冬前針茎	26	56.5 ± 4.5	6.8 ± 0.5	0.96 ± 0.24	24.0 ± 5.4	39.7 ± 1.8
	越冬前頑健茎	236	66.4 ± 5.0	7.9 ± 0.8	1.44 ± 0.33	34.4 ± 7.3	41.9 ± 2.4
	越冬前針茎	33	65.8 ± 4.7	7.2 ± 0.9	1.06 ± 0.35	24.9 ± 7.9	42.6 ± 2.5
	越冬前頑健茎	134	68.3 ± 6.6 a	8.3 ± 1.0 a	1.77 ± 0.52 a	41.7 ± 11.1 a	42.1 ± 2.5 a
	越冬前針茎	36	64.6 ± 6.5 b	7.3 ± 0.9 b	1.17 ± 0.43 b	27.8 ± 8.9 b	41.7 ± 3.5 a
	平均						

2年間の平均値に付した異なる英文字間には，対応のないt検定 ( $P \leq 0.05$ ) で有意差があることを示す。値は平均値±標準誤差を示す。

越冬後出現茎からはほとんど穂が形成されなかつたため，2012年A圃場のみ参考値としてカッコ内に記した。

つぎに，単位面積あたり収量における分けつ区分別の構成比率を図2-7に示した．越冬前頑健茎の構成比率は85%（標準偏差±9%，n=4）と高く，いずれの年次，圃場でも越冬前針茎および越冬後出現茎より高かった．また，越冬前針茎の構成比率は14%（標準偏差±8%，n=4）であり，圃場間差ではA圃場の方が高い傾向にあった．一方，越冬後出現茎の構成比率は1%（標準偏差±1%，n=4）と低かった．すなわち，越冬前頑健茎と越冬前針茎が占める比率は合計で99%と高く，これらの構成比率が高かったことは，北海道の秋播きコムギでは，越冬前の出現分けつが収量を左右することを示唆している．

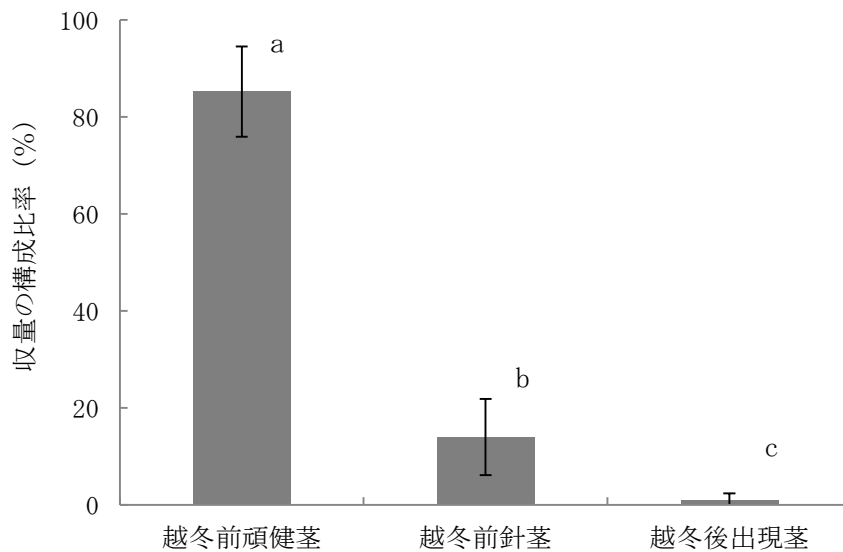


図 2-7 単位面積あたり収量における分けつ区分別の構成比率．  
 図中の縦棒は標準偏差（n=4）を示す．  
 異なる英文字間には LSD 検定（ $P \leq 0.05$ ）で有意差があることを示す．  
 年次および圃場間には有意差はなかった．

## (5) 節間伸長開始期の分げつ発根状態と有効化の検証

これまで、藤井・田中 (1956)、中條ら (1989, 1990)、Davidson and Chevalier (1990)、李・山崎 (1994)の報告から、節間伸長開始期 (北海道では幼穂形成期に該当) までに葉齢 3.1 葉以上で発根した分げつが有効化の可能性があると考察した。ここでは、これらの報告が「きたほなみ」でも適応できるかを確認する。

表 2-5 に、分げつ葉齢と発根率との関係を示した。発根が確認できた葉齢は 5 月 8 日調査で 2.8 葉以降、5 月 15 日調査で 2.9 葉以降の分げつであった (図 2-8, 図 2-9)。いずれも葉齢が進むほど発根率は高まり、共通して発根率 50% 以上を確認できたのは 3.1 葉以降であった。発根葉齢はこれまでの報告とほぼ一致し、「きたほなみ」での適応程度は高いと判断できる。なお、5 月 15 日調査において分げつから幼穂を剥き出したところ、発根が確認された分げつからはいずれも幼穂の形成が確認された (図 2-10)。

しかし、これまで述べてきた有効化の条件は、節間伸長開始期以降、養分競合がある一般的な生育圃場が前提である。Thorne and Wood (1987b) は、光合成産物は節間伸長時には強大茎から弱小茎への転流量が増加し、その結果、弱小分げつは生育を停止するとしている。一方、生産現場では、極端な播種遅れや雪腐病の多発により茎数が極めて少ない圃場では、越冬後の出現分げつも有効化することが観察されている。小林ら (2004) は、栽植密度の差異により有効化率が異なることを示しており、節間伸長開始期以降に分げつ間の養分競合がない条件下では、越冬後の出現分げつも有効化する可能性があると考えられる。



表2-5 節間伸長開始期以降の分げつ葉齢と発根率との関係.

葉齢 (葉)	5月8日調査			5月15日調査		
	調査数	発根した 分げつ数	発根率 (%)	調査数	発根した分 げつ数	発根率 (%)
2.5	6	0	0	5	0	0
2.6	4	0	0	2	0	0
2.7	13	0	0	13	0	0
2.8	32	7	22	11	0	0
2.9	23	13	57	10	1	10
3.0	19	13	68	68	6	9
3.1	19	15	79	12	7	58
3.2	24	24	100	22	18	82
3.3	17	17	100	14	14	100
3.4	12	12	100	16	16	100
3.5	9	9	100	11	11	100

サンプルの採取日（調査日）は平成27年5月8日と5月15日の2回実施し，訓子府町高園地区の一般栽培圃場からそれぞれランダムに62株（分げつ数743本），59株（同682本）を採取した。

採取した株は根部を水道水で洗浄後，根が切れないよう株から分げつを切り離し，分げつからの発根の有無を目視で確認した。

表中には示さないが，発根率は5月8日，5月15日共に葉齢2.4葉以下では0%，葉齢3.6葉以上では100%であった。



図 2-8 5月8日（幼穂形成期）における発根状態。

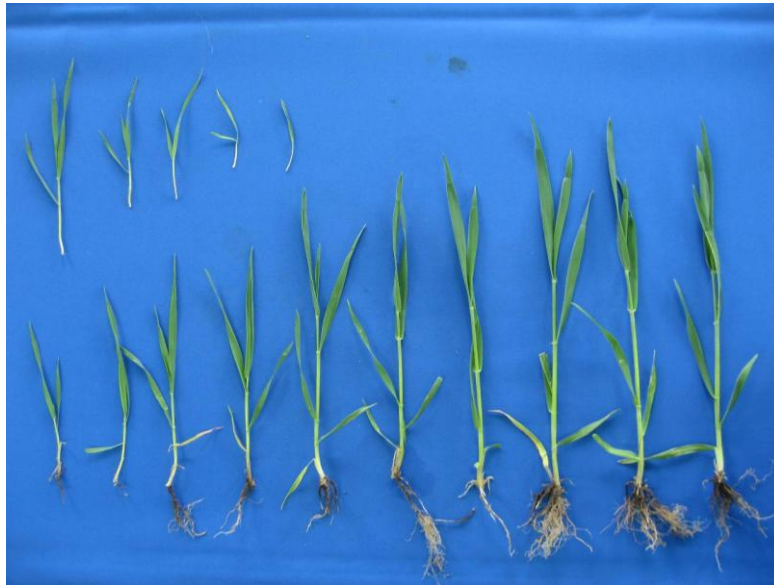


図 2-9 5月15日における発根状態.



図 2-10 5月15日における幼穂の状態.

## (6) 分けつ出現時期と有効化の地域間差異

これまで、試験地に近い北見アメダスデータを用いて分けつ出現時期と有効化との関係を考察したが、北海道内における他産地の適応性について、各地区のアメダスデータを基に検討する。

表 2-6 に、他産地における越冬後の出現分けつが節間伸長開始期（幼穂形成期）までに得られる有効積算気温を示した。有効積算気温が最も確保されたのは上川地方の 243.0℃で、後志地方の 162.8℃が最も少なく、いずれの産地も葉齢 3.1 葉以上となる有効積算気温（290.6℃）に達しなかった。このため、当試験地の結果は、北海道内の他産地でも適応できると考えられる。

表2-6 秋播きコムギの主要産地における越冬後の出現分けつが節間伸長開始期（幼穂形成期）までに得られる有効積算気温。

地方	アメダス地点	融雪日	幼穂形成期	融雪日～幼穂形成期までの有効積算気温(℃)
空知	岩見沢	4月9日	5月7日	219.7
後志	倶知安	4月22日	5月11日	162.8
上川	旭川	4月9日	5月10日	243.0
オホーツク	網走	4月2日	5月8日	177.3
十勝	帯広	3月29日	5月6日	223.2

融雪日は、各地のアメダスデータから直近7年間（2008-2014）の平均値で示した。幼穂形成期は、北海道農政部公表の作況報告値（平年値）で示した。融雪日～幼穂形成期までの有効積算気温は、各地のアメダスデータの平年値から算出した。

### 第3章 越冬前主茎葉齡の差異が収量に及ぼす影響の解析

北海道の秋播きコムギに関する研究では，耐凍性，耐雪性，雪腐病抵抗性といった越冬性の観点から越冬前主茎葉齡が検討されてきた．耐凍性は播種時期が遅れるほど低下すること（義平ら 1997），耐雪性は播種期が遅い場合に低下し（湯川 2000），個体内のフルクタン含有率の差異に関係する（湯川・渡辺 1991）などの報告がある．また，葉齡が進んだ個体は雪腐病抵抗性が高く（渡邊ら 2003），茎葉乾重が大きいほど発病度が低い（手塚・国井 1987）ことが報告されている．こうした知見から，北海道では秋播きコムギの越冬前主茎葉齡の下限を4葉に設定している（北海道農政部 1998，2011）．

一方，収量性の観点からみた越冬前主茎葉齡の設定は，晩期播種ほど収量が低下することから（北海道農政部 1983，深瀬ら 1997），越冬前主茎葉齡 5.0～5.5 葉の確保を目標値にしている（北海道農政部 1998）．しかし，この目標値は播種時期と収量との関係に関する栽培試験や過去の経験的な知見から大まかに設定されており，個体の越冬前主茎葉齡からみた判断ではない．これは，前述のとおり分けつの追跡手法が確立しておらず，個体に着目した検討ができなかったことによる．

そこで本章では，第2章で確立した分けつ追跡調査法および個体あたり頑健茎数の差異を生育量の指標として，越冬前の生育量と収量との関係を調査した．また，個体あたり頑健茎数と越冬前主茎葉齡との関係を求めるために分けつ出現の推移を調査し，多収を得るための望ましい越冬前主茎葉齡と播種密度を検討した．

## 第 1 節 材料および方法

### (1) 個体あたり頑健茎数の差異が稈長、穂長および収量構成要素に及ぼす影響

供試品種は「きたほなみ」を用いた。調査年次は 2011～2012 年（以下、2012 年産）、2012～2013 年（2013 年産）、2013～2014 年（2014 年産）の 3 カ年とし、北見市北上に位置する J A きたみらい農業技術センター（以下、A 圃場とする）では 3 カ年、訓子府町高園地区（以下、B 圃場とする）では 2013 年産と 2014 年産の 2 カ年で調査した。各圃場における播種日、播種密度および播種方法は表 3-1 に示したとおりである。窒素施肥量は、「道東地域における秋まき小麦「きたほなみ」の高品質安定栽培法（北海道農政部 2011）」に準じた（表 3-2）。なお、鞘葉分けつの出現個体もあったが、鞘葉分けつの出現は不規則であり（藤田 2001, 荒木未発表）、出現の有無による個体の条件差をなくすため、鞘葉分けつの出現が確認され次第、地際から切除した。

越冬前の生育量の大きさは個体あたり頑健茎数の差異で表し、頑健茎が少ない個体は越冬前主茎葉齢が進んでいない弱小な個体であることを示す。種子の吸水量に個体間差が生じることで出芽時期や生育に変動が生じ、個体あたり頑健茎数に差異を生じさせるために、各圃場の播種深度は 1 cm 前後の浅播きとした。なお生産現場では、出芽時期には一般的に 1 週間程度の範囲で変動することが観察され、室内での発芽試験でも出芽に同様の変動があることを観察している。頑健茎の識別方法は越冬直前に輪ゴムを用いて行い、個体ごとに頑健茎数を区分した。解析に用いた頑健茎数の区分は各年次、各圃場で共通して出現が確認できた 1～5 本を対象とした。

調査は各圃場の成熟期に、圃場内で無作為に選んだ 1 畦の 47～61 株すべてを抜き取り、風乾後、頑健茎数の区分ごとに株を分別した。そ

の後，成熟期に残存した個体あたり穂数，稈長および穂長を測定し，1穂ずつ脱粒して1穂粒数および1穂子実重を調査した．千粒重は，1穂子実重と1穂粒数から除算により求めた．

表3-1 各圃場における播種日，播種密度および播種方法．

圃場名	年次	播種日	播種密度 (粒 $m^{-2}$ )	条間 (cm)	播種方法
A	2012	9月22日	150	30	シードテープに種子を封入してドリル播
	2013	9月21日			
	2014	9月20日			
B	2013	9月28日	195	30	グレンドリルによるドリル播
	2014	9月29日			

表3-2 各年次および圃場の施肥量．

圃場名	年次	施肥量 ( $gm^{-2}$ )						
		窒素 (N)					リン酸 ( $P_2O_5$ )	カリ ( $K_2O$ )
		基肥	幼形期	止葉期	出穂始期	合計	基肥	基肥
A	2012	4.0	6.0	4.0	4.0	18.0	12.5	4.0
	2013	6.0	8.0	4.0	4.0	22.0	15.0	6.0
	2014	6.0	6.0	4.0	4.0	20.0	15.0	6.0
B	2013	4.8	2.9	3.2	6.3	17.2	15.0	6.3
	2014	4.8	4.2	4.2	4.2	17.4	15.0	6.3

## (2) 分けつの出現調査

調査は網走農業改良普及センター敷地内で行い、播種床には園芸用のプラスチックプランター（縦 19 cm，横 59 cm，高さ 20 cm）を用いた。充填した土はコムギ生産農家圃場の土を用い、土性は壤土とした。供試品種は「きたほなみ」を用いた。試験年次は 3 カ年とし、2012 年 9 月 19 日，2013 年 9 月 13 日，2014 年 9 月 5 日に播種した。播種密度は北海道で標準的に用いられるグレンドリルの播種法に準じて条間 12.5 cm の 2 条とし、出芽後間引きをして生育を揃えながら個体間は約 3.5 cm とした。

分けつの出現には、出芽後の栄養状態と日照条件の違いにより差異が生じる可能性が考えられたため、標準区、無施肥区および日陰区の 3 処理区を設け、各年にそれぞれの処理区に 1 プランターを用いて、3 年間にわたり同様の試験を繰り返した。標準区と日陰区では高度化成肥料 BB858cu1 を用いて窒素  $6.0 \text{ gm}^{-2}$ ，リン酸  $18.8 \text{ gm}^{-2}$ ，カリ  $6.0 \text{ gm}^{-2}$  の割合で基肥を施用し、さらに個体の栄養状態を維持するため、主茎葉齢 5.0 葉時にチリ硝石を用いて窒素  $4 \text{ gm}^{-2}$  の割合で分施した。無施肥区では基肥および分施を施用しなかった。日陰区は出芽後、直射日光が一切当たらない日陰に移して管理した。なお、いずれの処理区でも地表面が乾かないように適宜かん水を行った。標準区と日陰区との日射量の差は表 3-3 に示したとおりである。気温は未測定であるが、日陰区は直射日光が当たらないため標準区より明らかに低かった。

表3-3 標準区と日陰区の照度.

	10月16日 (晴天)			10月18日 (曇天)			10月22日 (曇天)		
測定時刻	8:00	12:30	16:00	8:00	12:30	16:00	8:00	12:30	16:00
標準区	44,000	115,000	29,000	24,000	18,000	4,000	7,000	31,500	2,100
日陰区	4,000	6,500	2,800	3,900	7,600	1,500	5,000	6,000	900

調査は2012年にTOPCOM デジタル照度計IM-5（株式会社TOPCOM製）を用いて測定し、lux で表した。

調査個体数は各年次,各区共にプランターあたり 20 個体を対象とした。分げつ調査は出芽後から毎日行い,分げつが出現した時の主茎葉齢を記録した。葉齢の判断は農業研究センター(1986)の小麦調査基準に準じて目測で行い,葉齢の最小単位を 0.1 葉とした。なお,後藤・星川(1988)は,定規を用いた測定と観察者の主観による判断には差が小さいことを報告している。

本研究における分げつの略表記は中條らの報告(1989)に準じ,主茎を MS,第 1 葉葉腋から発生した 1 次分げつを T1,以後の 1 次分げつを T2, T3・・・と表記した。2 次分げつ以降は 1 次分げつの各葉葉腋から発生した節位を並べ,例えば,1 次分げつの第 2 葉から発生した分げつは T12 と表記した。プロフィル節から発生した分げつは p と表記し,例えば, T1 から出現した場合は T1p と表記した。

### (3) 統計処理

個体あたり頑健茎数の差異が稈長,穂長および収量構成要素に及ぼす影響については,年次および圃場を反復として頑健茎数を処理とする乱塊法,分げつ出現の処理区間差については,調査した 20 個体を反復として年次を主区,処理を副区とした McIntosh 統合解析法(McIntosh 1983)で行い,統計処理にはエクセル統計 2010(社会情報サービス社)を用いて解析した。



## 第 2 節 調査結果

### (1) 個体あたり頑健茎数の差異が稈長、穂長および収量構成要素に及ぼす影響

稈長には頑健茎数の違いによる有意差はみられず、最長と最短との差は 1.9 cm と小さかった (表 3-4)。年次・圃場間で比較すると、2012 年 A 圃場では 70.6 cm と長く、2014 年 A 圃場では 57.5 cm と短いなど有意差がみられた。穂長は頑健茎数 1 本の 7.3 cm に対し、頑健茎数 5 本では 8.0 cm と長くなるなど、頑健茎数の増加に伴い有意に長くなった。また、年次・圃場間には有意差がみられた。

収量構成要素では、個体あたり穂数は頑健茎数 1 本では 1.7 本に対し、頑健茎数 5 本では 6.3 本となるなど、頑健茎数の増加に伴い有意に増加した。また、年次・圃場の反復間には有意差がみられた。1 穂あたり子実重と粒数は、頑健茎数が増えるほど有意に増加した。千粒重は年次・圃場による有意差はみられたが、頑健茎数の違いによる有意差はみられなかった。個体あたり収量は頑健茎数が増えるほど有意に増加し、頑健茎数 1 本では 2.1 g であったのに対して頑健茎数 5 本では 9.7 g となり、大きな差異が認められた。

表3-4 個体あたり頑健茎数の差異が稈長，穂長および収量構成要素に及ぼす影響.

	調査 個体数	稈長 (cm)	穂長 (cm)	個体あたり穂数 (穂/個体)	1穂子実重 (g/穂)	1穂粒数 (粒/穂)	千粒重 (g)	個体あたり収量 (g/個体)
2012A	49	70.6 c	8.3 c	4.5 c	1.77 b	41.5 b	42.4 b	8.2 c
2013A	47	63.4 b	7.4 a	3.5 ab	1.27 a	31.1 a	39.9 a	4.7 ab
2013B	61	65.7 b	7.6 ab	3.3 a	1.30 a	31.0 a	40.0 b	4.6 a
2014A	58	57.5 a	7.4 a	3.6 ab	1.26 a	30.3 a	41.2 ab	4.6 a
2014B	60	66.1 b	7.9 b	4.4 bc	1.29 a	32.2 a	39.9 a	5.9 b
1	25	63.8 a	7.3 a	1.7 a	1.20 a	29.2 a	40.8 a	2.1 a
2	34	64.8 a	7.6 ab	2.7 b	1.29 ab	31.5 ab	40.7 a	3.6 b
3	72	65.7 a	7.8 bc	3.7 c	1.41 bc	34.0 bc	41.1 a	5.3 c
4	80	64.4 a	7.8 bc	5.0 d	1.45 bc	35.0 bc	41.1 a	7.3 d
5	64	64.7 a	8.0 c	6.3 e	1.54 c	36.2 c	41.7 a	9.7 e
分散分析	df	MS	MS	MS	MS	MS	MS	MS
年次・圃場	4	114.77 **	0.70 **	1.48 **	0.24 **	108.78 **	6.81 **	12.45 **
頑健茎数	4	2.41 ns	0.35 **	16.66 **	0.09 **	38.35 **	0.71 ns	45.01 **
誤差	16	2.10	0.02	0.12	0.01	3.28	0.40	0.22
	24	20.93	0.19	3.10	0.06	26.71	1.52	9.73

\*\*は1%水準で有意，nsは有意でないことを示す．同一の英文字を付した数値間には，Tukey検定 ( $P \leq 0.05$ ) で有意差がないことを示す．

## (2) 分けつの出現調査

### (2-1) 個体あたり頑健茎数と越冬前主茎葉齢との関係

図 3-1 に、越冬前主茎葉齢 3.5 葉，4.0 葉，4.5 葉，5.0 葉，5.5 葉，6.0 葉時の個体の出現分けつおよび葉齢の模式図を示した。頑健茎は越冬前主茎葉齢 4.0 葉以下で 1 本，4.5 葉で 2 本，5.0 葉で 3 本，5.5 葉で 4 本，6.0 葉で 5 本確保されることが観察された。また，越冬前主茎葉齢の増加に伴い，分けつ葉齢 1.0 葉以下の弱小分けつが増加し，5.0 葉以下で 2 本，5.5 葉で 3 本，6.0 葉で 4 本出現することが観察された。

なお，分けつ葉齢の増加はいずれの分けつでも等しく，例えば主茎葉齢が 0.5 葉増加すると各分けつも同様に 0.5 葉増加する同伸葉の規則性が認められた。

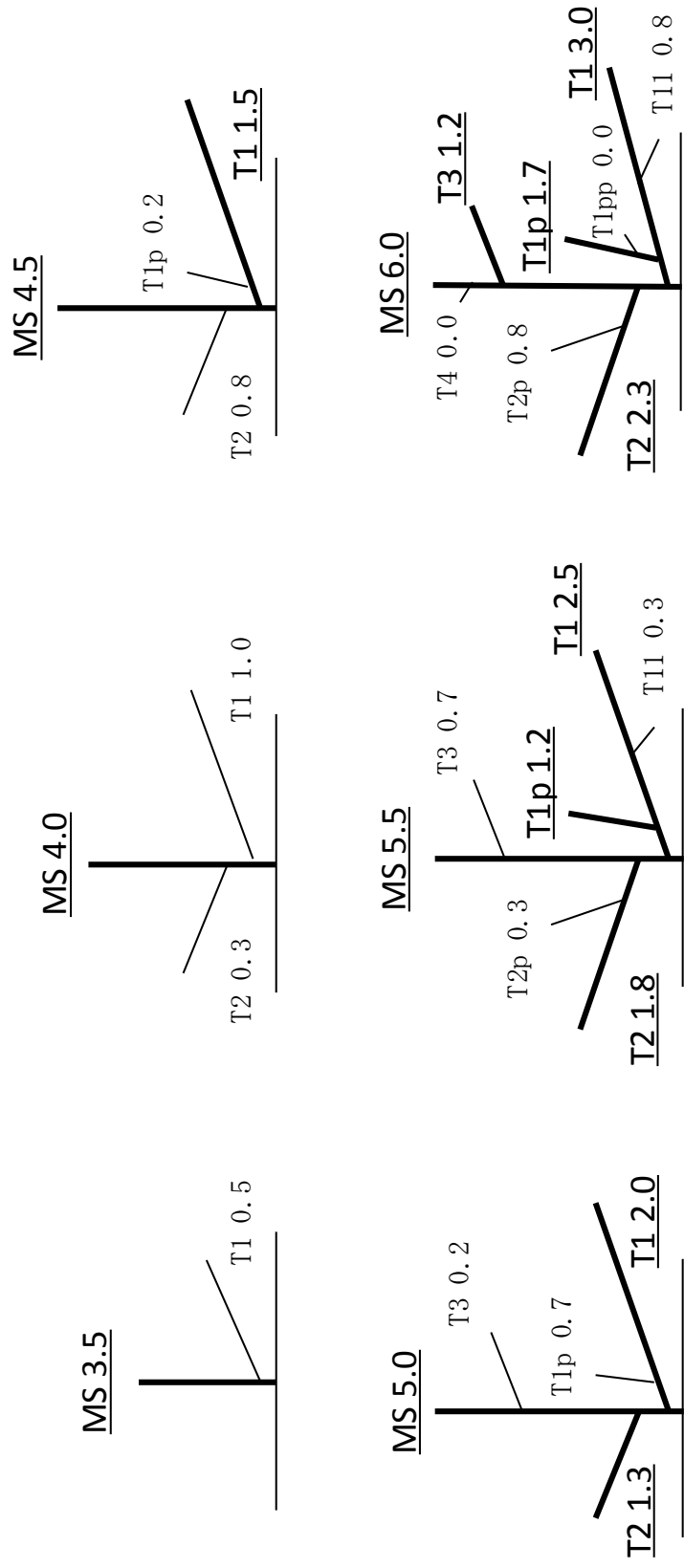


図3-1 各主茎葉齡の出現分けつと分けつ葉齡 (模式図).  
 分けつ記号は, MSは主茎, Txは分けつ節位, pはプロフィールを表す.  
 分けつ記号後の数値は葉齡を示し, 下線は越冬前頑健茎に分類される分けつを示す.  
 作図は標準区における2012~2014年の分けつ出現調査 (各年n=20) の平均値から作成した.

## (2-2) 栽培条件の違いによる分けつ出現の差異

試験地における播種後の気象条件は有効積算気温で 619～741℃，積算日照時間では 252～357 時間の変動の幅があった（表 3-5）．表 3-6 に，異なる栽培条件下における各分けつ出現時の主茎葉齢を示すが，T4 および T1pp を除き，いずれの出現分けつでも年次間および処理間に有意差がみられ，また，年次×処理の交互作用は有意であった．年次ごとにみると，2012 年はいずれの分けつ節位でも処理による有意差がみられたが，2013 年と 2014 年では有意差がない分けつ節位が多かった．また，年次間と処理間には有意差はみられたものの，各分けつの葉齢差は最大 0.2 葉と小さかった．標準区のみ出現した T4 および T1pp では，年次間に有意差はみられなかった．無施肥区と日陰区では，T4 および T1pp の出現は認められなかったが，これは生育の遅れと併せて気温低下による生育停止の影響と判断した．

標準区の分けつ出現順序は T1 が 3.0 葉で出現後，T2 が 3.7 葉，T1p が 4.3 葉，T3 が 4.7 葉，T2p と T11 が 5.2 葉，T4 と T1pp が 6.0 葉で出現した．これはイネ・ムギの分けつ性を示した片山理論と比較し，T1 および T6 は同じであったがそれ以外の分けつは明らかに早まっており，同伸分けつの規則性との不一致が認められた．

表3-5 播種後の有効積算気温および積算日照時間.

気象項目	年次	播種後日数（日）							播種後70日間の積算
		1～10	11～20	21～30	31～40	41～50	51～60	61～70	
有効積算気温 (℃)	2012	164	140	106	83	84	42	0	619
	2013	164	144	129	77	72	49	33	667
	2014	165	138	121	90	84	85	59	741
積算日照時間 (時)	2012	47	37	47	44	12	17	48	252
	2013	51	49	53	52	43	48	32	327
	2014	28	67	53	47	59	46	57	357

北海道北見市のアメダスデータを用いて算出した．

表3-6 異なる栽培条件下における各分けつ出現時の主茎葉齢.

年次	処理	1次分けつ				2次分けつ				3次分けつ	
		T1	T2	T3	T4	T1p	T2p	T11	T1pp		
2012	標準区	3.0	3.7	4.8	6.0	4.3	5.2	5.2	6.0		
	無施肥区	3.0	3.7	4.6	-	4.4	5.3	5.4	-		
	日陰区	3.1	3.9	4.6	-	4.4	5.3	5.4	-		
	有意性	**	**	**	-	**	**	**	-		
2013	標準区	3.0	3.6	4.7	6.0	4.3	5.2	5.2	6.0		
	無施肥区	3.0	3.7	4.7	-	4.3	5.2	5.4	-		
	日陰区	3.0	3.7	4.7	-	4.3	5.2	5.4	-		
	有意性	ns	**	ns	-	ns	ns	**	-		
2014	標準区	3.0	3.7	4.7	6.0	4.3	5.2	5.3	5.9		
	無施肥区	3.0	3.8	4.8	-	4.4	5.1	5.3	-		
	日陰区	3.0	3.8	4.7	-	4.3	5.2	5.3	-		
	有意性	ns	ns	ns	-	**	**	ns	-		
平均	標準区	3.0	3.7	4.7	6.0	4.3	5.2	5.2	6.0		
	無施肥区	3.0	3.7	4.7	-	4.3	5.2	5.4	-		
	日陰区	3.0	3.8	4.7	-	4.3	5.2	5.4	-		
分散分析											
年次	df	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms
誤差A	2	0.060 **	0.125 **	0.118 **	0.01 ns	0.104 **	0.031 **	0.092 **	0.029 ns		
誤差B	57	0.005	0.005	0.008	0.01	0.005	0.007	0.014	0.021		
年次×処理	4	0.025 *	0.101 *	0.020 *	-	0.044 **	0.070 **	0.434 **	-		
誤差B	114	0.007	0.007	0.058 **	-	0.018 *	0.039 **	0.059 **	-		
				0.006	-	0.006	0.006	0.011	-		

表中の数値は分けつの出現が観察できた時の主茎葉齢を示す。分けつの出現が見られなかった節位には-を記した。

\*\*、\*はそれぞれ1%、5%水準で有意であることを示し、nsは有意でないことを示す。

### 第 3 節 考察

秋播きコムギの生産においては，収量の制限要因の一つに倒伏の発生があり，要因として穂数過多と稈長が影響する．今回の調査では，個体あたり頑健茎数が増えるに伴い穂数は増加した．これは，第 2 章で示した頑健茎の有効化率が高いことが要因と考えられる．稈長では個体あたり頑健茎数の差異による影響は認められなかった．頑健茎数の差異には出芽日の影響が大きく，播種日の差異も影響するが，荒木ら（2011）は「きたほなみ」では晩期播種でも稈長は変わらず，稈長の長さは播種密度との関係が強いことを示している．このため，頑健茎数からみた倒伏の制限要因に稈長は影響せず，穂数のみに限定されると推察され，穂数過多とならない播種密度の設定によって倒伏防止が図られると考えられる．

収量構成要素との関係を見ると，頑健茎数が多い個体ほど 1 穂子実重と 1 穂粒数が高まり，収量の高い穂が形成された．さらに，個体あたり収量も高いことから，頑健茎数が多い個体ほど収量向上に有効と考えられる．また，第 2 章では頑健茎から形成された穂の収量は，越冬前の弱小茎から形成された穂と比べ高いことを示したが，本章では個体の頑健茎数により収量の変動が生じることが明らかになった．なお，過去に行われた播種時期と収量との栽培試験では，晩期播種は収量が低下すると報告されてきたが，その要因は明らかでなかった（北海道農政部 1983，深瀬ら 1997）．しかし，本調査の結果から晩期播種による収量低下は個体あたり頑健茎数が少ないこと，すなわち，越冬前主茎葉齢の小ささが起因していると考えられる．

つぎに，頑健茎数と越冬前主茎葉齢との関係を調査したところ，4.0 葉以下で 1 本，4.5 葉で 2 本，5.0 葉で 3 本，5.5 葉で 4 本，6.0 葉で 5 本が確保されていた．この結果と第 2 章で示した有効化率から，

倒伏させずに安定した収量を確保できる播種密度を試算した（表 3-7）。「きたほなみ」では，倒伏の発生や収量性を踏まえて成熟期穂数 700 本  $m^{-2}$  を目標穂数に設定しており（北海道農政部 2011），播種密度は越冬前主茎葉齢 4.0 葉（頑健茎数 1 本）で 491 粒  $m^{-2}$ ，4.5 葉（同 2 本）で 312 粒  $m^{-2}$ ，5.0 葉（同 3 本）で 228 粒  $m^{-2}$ ，5.5 葉（同 4 本）で 167 粒  $m^{-2}$ ，6.0 葉（同 5 本）で 132 粒  $m^{-2}$  と試算される．

北海道では一般的にグレンドリル等の機械播種が行われているが，播種密度を少なくすると播種精度が明らかに低下し，生産者からは精度を確保できる播種密度の下限は 150 粒  $m^{-2}$  との指摘がある．今回の試算では，主茎葉齢 6.0 葉では播種密度が 132 粒  $m^{-2}$  と少なく，精度の高い播種は難しいと考えられる．このため，減収リスクを回避しつつ越冬前の主茎葉齢をより多く確保するには，主茎葉齢 5.5 葉前後が目標値になると推察される．

北海道では，播種作業が気象条件の不安定な 9 月中旬～下旬に行われる．このため，播種後の気象条件や栽培条件によって分けつの出現に差異が生じると考えた．しかし，本研究の結果をみると年次・処理間に有意差はみられたが，各分けつ節位の出現差は僅かであった（表 4-6）．このため，越冬前主茎葉齢の目標値は年次や圃場条件によらずに設定できると考えられる．なお，個体あたり分けつ数は気温や日照の影響を受けるとの報告があるが（李・山崎 1993），いずれの年次，処理でも主茎葉齢 6 葉までは，出現が予想されるすべての分けつ節位からの出現を確認した．また伊東（1982）は，オーチャードガラスの幼植物を用い，光の強弱および施肥量の多少による分けつ発生の規則性を調査しているが，光および肥料不足により生育が抑制される場合でも分けつ芽が休眠しない限り規則性は攪乱されにくいと報告し，本研究の結果はそれに一致する．



表3-7 成熟期穂数700 本 $m^{-2}$ を確保するための播種密度と越冬前基数の推定値.

主茎葉齡 (葉)	播種密度 (粒 $m^{-2}$ )	個体あたり基数 (本/個体)		成熟期穂数700 本 $m^{-2}$ を確保する時の 越冬前基数 (本 $m^{-2}$ )		合計
		頑健茎	針茎	頑健茎	針茎	
4.0	491	1	2	442	884	1326
4.5	312	2	2	562	562	1124
5.0	228	3	2	616	410	1026
5.5	167	4	3	601	451	1052
6.0	132	5	4	594	475	1069

第3章の調査結果から、有効化率を越冬前頑健茎90.7%、越冬前針茎33.3%、越冬後出現茎1.2%とし、出芽率は90%で算出した。なお、越冬前の出現分けのうち、葉齡1.0葉以下の分けつを針茎とした。

## 第4章 分けつ出現の規則性と品種間差異の解明

北海道の秋播きコムギでは多収に向けた品種改良は進んでいるが、長期的には地球温暖化の影響によって登熟期間が短縮し、収量は低下すると予測されている（中辻ら 2011）。その一方、平成 27 年度畑作物作付指標面積推進資料（J A 北海道中央会）では、2020 年の単位面積あたり収量を 2008 年の 478 kg/10a から 599 kg/10a まで高めることを目標に振興計画が作成されている。

このような状況下で、秋播きコムギの栽培管理技術は主として窒素追肥を中心とした施肥管理面から確立され、作物生理面からみた栽培管理技術はほとんど確立されていない（北海道農政部 2011, 北海道小麦改良協会 2015）。これは、コムギの収量向上には窒素追肥が効果的であったことや、これまで示したように長期積雪期間に対応できる分けつ追跡調査法がなく、作物生理面からの検討ができなかったことによる。しかし、生産現場では高収量を目指すあまり過剰な窒素追肥がなされ、十分な穂数制御技術もないことから倒伏が生じ、収量は高まっていない（北海道農政事務所 2014）。このことは、施肥管理面を中心とした栽培管理技術では収量向上に限界があることを示唆している。

こうしたことから、これまで穂数と関連性が深い分けつ出現に着目して調査を進めながら栽培管理技術を検討し、収量の高位安定化には越冬前の分けつ管理が重要であることを前章で示した。その一方、北海道の秋播きコムギの分けつ出現様式は、これまで主茎葉齢と個体あたり分けつ数からロジスティック解析で示した報告はあるが（伊與田ら 2008, 中道ら 2014）、継続的な分けつ出現追跡に基づいた報告は知られていない。このため、北海道の秋播きコムギはイネ・ムギの分けつ性を示した片山理論との差異を論ずることはなく、同理論を前提と

した栽培管理技術が組み立てられている。

しかし、第3章で越冬前主茎葉齡と分けつ出現時期との関係を調査したところ、片山理論との差異が示唆された。分けつ出現様式については、これまでイネでは低位分けつは理論値より出現がやや早まり、高位・高次分けつでは更に出現が早まるとの報告がある（永井 1966, 松葉 1983, 後藤・星川 1988）。また、暖地のコムギでは、1次分けつである T1 分けつは遅れるが、T2 以降は早まりイネと同じとする報告（李・山崎 1994）や、概ね一致するとの報告（福嶋 2007）がある。このため、今後の分けつ管理を高度化するためには、北海道の秋播きコムギでも分けつ出現様式を明確にしておく必要がある。

そこで本章では、北海道の秋播きコムギ基幹品種「きたほなみ」を用い、毎日の観察から分けつ出現様式を明らかにするとともに、片山理論との差異を検討した。さらに、「ゆめちから」、「つるきち」を加えた3品種の分けつ出現様式も調査し、品種による差異を検討した。

## 第1節 材料と方法

### (1) 調査方法

供試品種に「きたほなみ」、「ゆめちから」、「つるきち」を用いた。試験は「きたほなみ」では2012～2014年の3ヵ年、「ゆめちから」と「つるきち」は2014年のみ行った。播種日は2012年9月13日、2013年9月13日、2014年9月5日とした。調査に用いた種子は、産地間による差異をなくすためいずれの年次、品種でも北見市常呂産を用いた。

試験は網走農業改良普及センター敷地内で行い、播種床には園芸用のプラスチックプランター（縦19 cm, 横59 cm, 高さ20 cm）を用いた。充填した土はコムギ生産農家圃場の土を用い、土性は壤土とした。

播種密度は北海道で標準的に用いられるグレンドリルの播種法に準じて条間 12.5 cm の 2 条とし，出芽後に間引きをして生育を揃えながら個体間を約 3.5 cm とした．調査個体数は各年次，各品種ともに 20 個体を対象とし，反復なしで行った．

施肥量は BB858cu1 を用いて窒素  $6.0 \text{ gm}^{-2}$ ，リン酸  $18.8 \text{ gm}^{-2}$ ，カリ  $6.0 \text{ gm}^{-2}$  の割合で基肥を施用し，さらに個体の栄養状態を維持するため，主茎葉齢 5.0 葉と 7.0 葉時にチリ硝石を用いてそれぞれ窒素  $4 \text{ gm}^{-2}$  の割合で分施した．なお，いずれの年次，品種でも地表面が乾かないようにじょうろで適宜かん水を行ない，土壤乾燥ストレスを防止した．

調査は出芽後から毎日観察し，分けつが出現した時の主茎葉齢を記録した．また，2～4 次分けつでは主茎葉齢のほか，それぞれの母茎葉齢も記録した．鞘葉節から出現する分けつ（以下，鞘葉分けつ）は，分けつ出現時の主茎葉齢のみ記録した．調査期間は各年次，品種ともに主茎葉齢 8.5 葉程度までとした．なお，越冬後の調査も試みたが，積雪期間中に生じる茎葉の損傷により葉齢判断が不正確となったため，越冬前の出現分けつのみ調査した．葉齢判断は農業研究センター（1986）の小麦調査基準に準じて目測で行い，葉齢の最小単位を 0.1 葉とした．

分けつの略表記は第 3 章に準じ，主茎を MS，第 1 葉葉腋から発生した 1 次分けつを T1，以後の 1 次分けつを T2，T3・・・と表記した．2 次分けつ以降は，1 次分けつの各葉葉腋から発生した節位を並べ，例えば，1 次分けつの第 2 葉から発生した分けつは T12 と表記した．プロフィール節から発生した分けつは p と表記し，例えば，T1 から出現した場合は T1p と表記した．

## (2) 統計処理

年次間比較は2012～2014年の「きたほなみ」各20株を反復として、また、品種間比較は2014年の3品種各20株を反復としたTukey法で行い、それぞれ統計解析の市販ソフト（エクセル統計2010，社会情報サービス社）の分析ツールを用いた。

## 第2節 調査結果

### (1) 同伸分けつの規則性との適合程度

表4-1に、片山理論に基づく同伸分けつ節位と「きたほなみ」における分けつ出現時の主茎葉齢を示した。1次分けつでは、T1は理論値と同じく3.0葉で出現したが、T2とT3はそれぞれ0.3葉早く出現した。その後、T4の出現に差はなかったが、T5以降は0.3～0.4葉遅く出現した。2次分けつでは、T13を除いた分けつ節位で理論値より出現が早まり、生育初期の分けつ節位から既に0.7葉前後の差異が認められた。3次と4次分けつでは、いずれの分けつ節位でも理論値より出現が早まり、0.7～1.3葉の差異が認められた。

つぎに、T1からT4の同一分けつ内でみると、低次節から高次節にかけての出現間隔は、理論値より1次分けつでは0～0.3葉、2次分けつでは0.4～0.8葉、3次分けつでは1.0～1.3葉、4次分けつでは1.0葉それぞれ出現が早まり、高次節ほど差は広がった（図4-1）。また、低位節から高位節にかけての出現間隔は、理論値よりプロフィール節では0.4～0.8葉、1葉節では0.7～0.9葉それぞれ早まったが、2葉節以降は理論値との差が縮まり、3葉節では0.1葉遅れとほぼ理論値どおりとなった（図4-2）。

表4-1 片山理論に基づく同伸分げつ節位と「きたほなみ」の分げつ出現葉齢との比較.

主茎葉齢 (葉)	分げつ節位			
	1次	2次	3次	4次
3.0	T1 (3.0)			
4.0	T2 (3.7)			
5.0	T3 (4.7)	T1p (4.3)		
6.0	T4 (6.0)	T2p (5.2)	T11 (5.2)	
7.0	T5 (7.3)	T3p (6.3)	T12 (6.6)	T21 (6.1)
				T1pp (6.0)
8.0	T6 (8.4)	T4p (7.6)	T13 (8.1)	T22 (7.4)
			T31 (7.3)	T11p (7.0)
				T1p1 (7.1)
				T2pp (6.7)
9.0	T7 (-)	T5p (-)	T14 (-)	T23 (-)
				T32 (-)
				T111 (8.3)
				T21p (8.0)
				T3pp (8.3)
				T1ppp (8.0)

カッコ内の数値は分げつ出現時の主茎葉齢を示す(3カ年, 合計60株の平均). また, 分げつが出現しなかった節位には-を記した.

それぞれの段の分げつは, 片山理論に基づく同伸分げつ節位を示す.

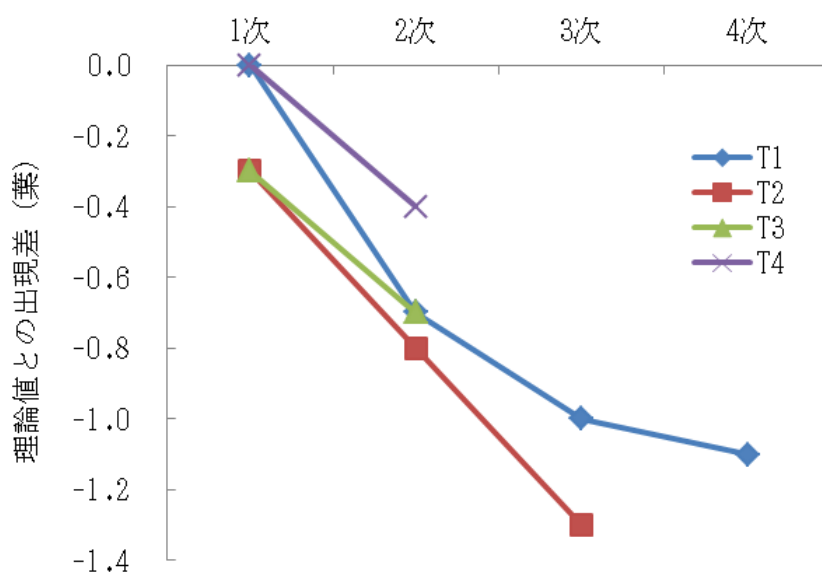


図 4-1 同一分げつ内の低次節から高次節にかけての理論値との出現差 (プロフィール節).

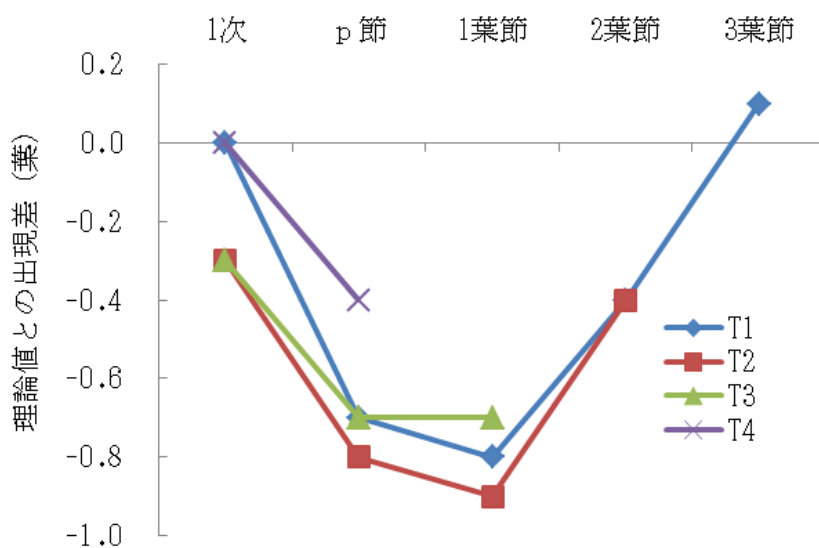


図 4-2 同一分げつ内の低位節から高位節にかけての理論値との出現差.

つぎに，分げつ出現時葉齢の年次間差異を表 4-2 に示した．分げつ出現時の葉齢に有意差が見られた分げつ節位は，1 次分げつの T2，T3 と T5，2 次分げつの T22 と T4p，3 次分げつの T1p1 であり，葉齢差は最大 0.2 葉と小さかった．有意差がみられた分げつ節位は，1 次分げつおよび主茎葉齢が 7.2～7.6 葉前後に出現した節位であった．なお，いずれの年次においても分げつ出現時の葉齢には個体間に有意差はみられなかった．



表4-2 「きたほなみ」における各分げつ出現節位の年次間差異.

(1) 1次分げつ

年次	T1	T2	T3	T4	T5	T6
2012	3.0 a	3.7 b	4.8 b	6.0 a	7.2 a	8.4 a
2013	3.0 a	3.6 a	4.7 a	6.0 a	7.2 a	8.4 a
2014	3.0 a	3.7 b	4.7 b	6.0 a	7.3 b	8.5 a
平均	3.0	3.7	4.7	6.0	7.3	8.4
分散分析						
ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms
年次	0.002 ns	0.053 **	0.062 **	0.012 ns	0.126 **	0.025 ns
誤差	0.009	0.005	0.006	0.012	0.008	0.007

(2) 2次分げつ

年次	T1p	T2p	T11	T21	T3p	T12	T31	T22	T4p	T13
2012	4.3 a	5.2 a	5.2 a	6.1 a	6.3 a	6.5 a	7.3 a	7.4 a	7.6 ab	8.1 a
2013	4.3 a	5.2 a	5.2 a	6.1 a	6.3 a	6.5 a	7.3 a	7.4 a	7.5 a	8.2 a
2014	4.3 a	5.2 a	5.3 a	6.1 a	6.3 a	6.6 a	7.3 a	7.6 b	7.7 b	8.1 a
平均	4.3	5.2	5.2	6.1	6.3	6.6	7.3	7.4	7.6	8.1
分散分析										
ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms
年次	0.009 ns	0.005 ns	0.003 ns	0.021 ns	0.007 ns	0.090 ns	0.013 ns	0.185 **	0.133 **	0.031 ns
誤差	0.003	0.006	0.013	0.018	0.005	0.036	0.009	0.014	0.023	0.022

(3) 3次分げつ

年次	T1pp	T2pp	T11p	T21p	T3pp	T111
2012	6.0 a	6.8 a	7.0 b	7.1 b	8.0 a	8.2 a
2013	6.0 a	6.7 a	6.9 a	7.0 a	8.0 a	8.2 a
2014	5.9 a	6.7 a	7.0 ab	7.2 b	8.0 a	8.2 a
平均	6.0	6.7	7.0	7.1	8.0	8.2
分散分析						
ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms
年次	0.029 ns	0.037 ns	0.171 *	0.141 *	0.001 ns	0.014 ns
誤差	0.021	0.032	0.050	0.031	0.036	0.025

\*\*, \*はそれぞれ1%, 5%水準で有意, nsは有意でないことを示す. 同一の英文字を付した数値間には, Tukey検定 ( $P \leq 0.05$ ) で有意差がないことを示す.

解析に用いた個体数 (n) は, T4p, T13, T21 p はn=10, T6, T2p1, T3pp, T111, T1pppはn=5, それ以外の分げつ節位はn=20とした. 表中の数値は各分げつ出現時の主茎葉齢を示す.

(4) 4次分げつ

年次	T1pppp
2012	7.8 a
2013	8.0 a
2014	8.0 a
平均	7.9
分散分析	
ms	ms
年次	0.113 ns
誤差	0.076 ns

## (2) 同伸葉の規則性との適合程度

図 4-3 に，主茎および母茎との葉齡差の推移を示した．1 次分げつの T1, T2 および T3 でみると，いずれの分げつも主茎葉齡が進んでも葉齡差はほぼ一定に維持されていた．また，1 次分げつを母茎とした T1p, T11 および T2p の 2 次分げつでも母茎と分げつとの葉齡差はほぼ一定に維持されていた．このことから，それぞれの分げつ間には葉齡が等しく増加する同伸葉の規則性が認められたといえる．

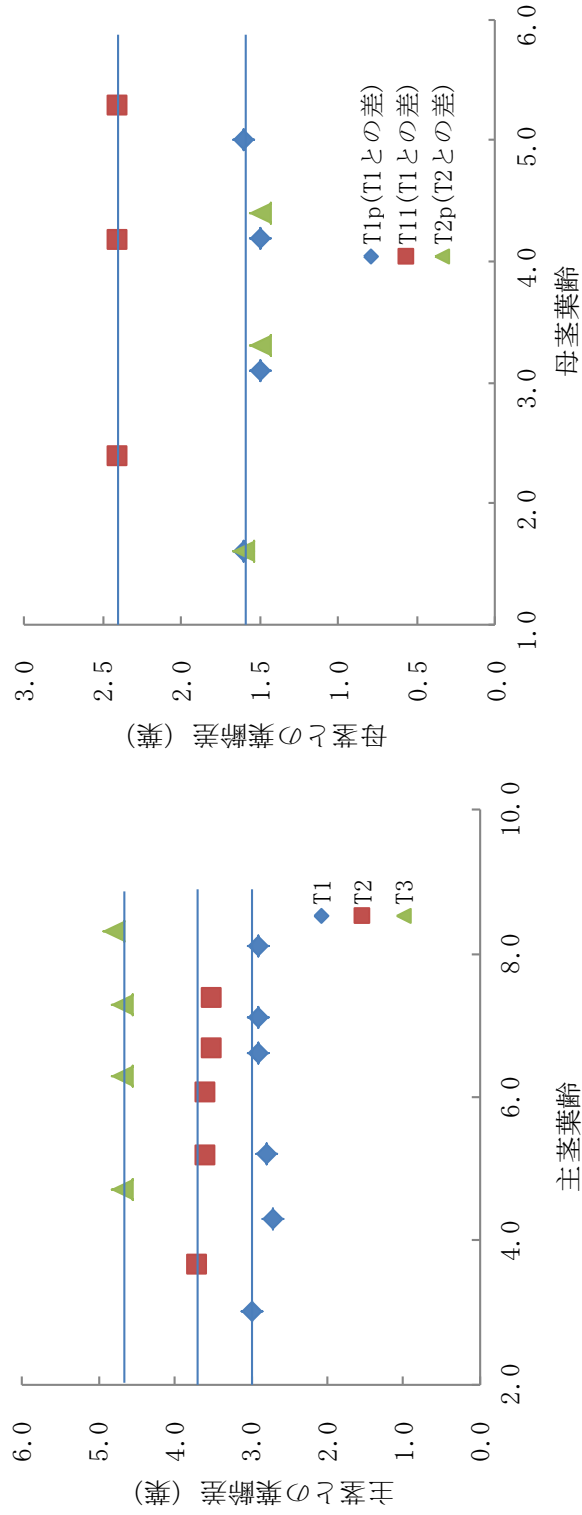


図4-3 各分げつにおける主茎および母茎との葉齢差の推移。  
 左図は主茎とT1, T2, T3との葉齢差, 右図はT1およびT2を母茎としたT1p, T11, T2pとの葉齢差を示す。  
 横線は, 各分げつ出現時の主茎および母茎との葉齢差を表す。  
 葉齢差は, 2012~2014年における平均値で示した (各年n=20)。

### (3) 鞘葉分けつの出現時期

図 4-4 に、鞘葉分けつが出現した時の主茎葉齢と出現株数を示した。3 カ年を通して鞘葉分けつが最も早く出現した個体の葉齢は 2.0 葉、最も遅かった個体では 5.2 葉であり、出現時期には個体差がみられた。また、年次間には有意差がみられ、2012 年は 4.3 葉（標準偏差±0.68 葉）、2013 年は 3.2 葉（標準偏差±0.25 葉）、2014 年は 2.9 葉（標準偏差±0.70 葉）でそれぞれ出現した（表 5-4）。

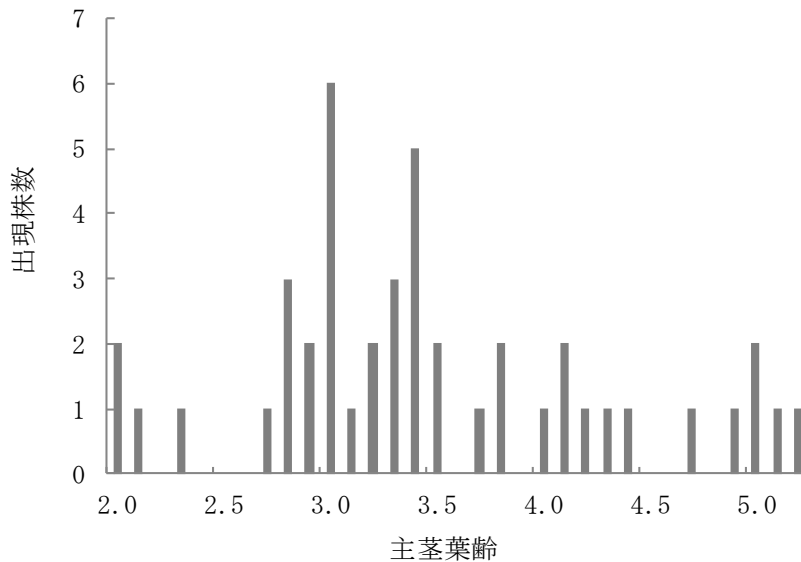


図4-4 鞘葉分けつ出現時の主茎葉齢の変動.

表4-3 鞘葉分けつ出現の年次間差異.

年次	出現時主茎葉齢 (葉)	
2012	4.3 ± 0.68 b	
2013	3.2 ± 0.25 a	
2014	2.9 ± 0.70 a	
分散分析	df	ms
年次	2	7.49810 **
誤差	39	0.33868

\*\*は1%水準で有意であることを示す。同一の英文字を付した数値間には、Tukey検定 ( $P \leq 0.05$ ) で有意差がないことを示す。

#### (4) 分けつ出現時期の品種間差異

表 4-4 に，分けつ出現時期の品種間差異を示した．いずれの品種でも生育初期に出現する分けつでは，理論値よりその出現が早まることが認められた．品種間で比較すると，「きたほなみ」と「ゆめちから」では，生育初期の分けつ節位からほぼ同様の出現が認められ，T1, T3p および T12 の有意差がみられた分けつ節位でも葉齢差は 0.1 葉と小さかった．一方，「つるきち」は他の 2 品種と比較して，1 次分けつでは 6 葉以前，2 次分けつでは 7 葉以前，3 次分けつでは 8 葉以前の分けつ節位で有意に出現が遅く，生育初期に出現する分けつでその出現が遅れる傾向がみられた．

表4-4 分けつ出現の品種間差異.

(1) 1次分けつ

品種	T1	T2	T3	T4	T5
きたほなみ	3.0 b	3.7 a	4.7 a	6.0 a	7.3 a
ゆめちから	2.9 a	3.7 a	4.8 a	6.0 a	7.4 a
つるきち	3.0 b	4.0 b	4.9 b	6.1 a	7.3 a
分散分析	ms	ms	ms	ms	ms
品種	0.056 **	0.425 **	0.142 **	0.007 ns	0.022 ns
誤差	0.005	0.004	0.006	0.017	0.016

(2) 2次分けつ

品種	T1p	T2p	T11	T21	T3p	T12	T31	T22	T4p	T13
きたほなみ	4.3 a	5.2 a	5.3 a	6.1 a	6.3 a	6.6 ab	7.3 a	7.6 a	7.7 a	8.1 a
ゆめちから	4.3 a	5.2 a	5.3 a	6.1 a	6.4 a	6.5 a	7.5 a	7.6 a	7.7 a	8.1 a
つるきち	4.5 b	5.5 b	5.4 b	6.2 b	6.7 b	6.7 b	7.4 a	7.5 a	8.0 b	8.1 a
分散分析	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms
品種	0.255 **	0.529 **	0.135 **	0.126 *	0.811 **	0.225 **	0.070 ns	0.037 ns	0.177 **	0.093 ns
誤差	0.002	0.007	0.008	0.026	0.014	0.033	0.025	0.014	0.027	0.062

(3) 3次分けつ

品種	T1pp	T2pp	T11p	T1p1	T21p	T2p1	T3pp
きたほなみ	5.9 a	6.7 a	7.0 a	7.1 ab	8.0 a	8.2 a	8.2 a
ゆめちから	5.9 a	6.7 a	7.0 ab	7.0 a	8.0 a	8.1 a	8.2 a
つるきち	6.2 b	7.2 b	7.2 b	7.2 b	8.0 a	8.1 a	8.3 a
分散分析	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms
品種	0.250 **	1.087 **	0.217 *	0.163 *	0.001 ns	0.014 ns	0.005 ns
誤差	0.018	0.025	0.044	0.040	0.036	0.025	0.027

\*\*, \*はそれぞれ1%, 5%水準で有意, nsは有意でないことを示す. 同一の英文字を付した数値間には, Tukey検定 ( $P \leq 0.05$ ) で有意差がないことを示す.

解析に用いた個体数 (n) は, T5, T13, T2pp, T1p1はn=15, T22, T4p, T11p, T21pはn=10, T13はn=8, T2p1, T3ppはn=5とし, それ以外の分けつ節位はn=20とした.

表中の数値は各分けつ出現時の主茎葉齢を示す.

### 第 3 節 考察

「きたほなみ」における分けつ出現経過を毎日観察したところ、生育初期から同伸分けつの規則性との不一致が認められ（表 4-1）、理論値との差も大きいことが明らかとなった。また、年次間にはいくつかの分けつ節位で、分けつの出現時の葉齢に有意差があったが、その差は最大 0.2 葉と小さかった（表 4-2）。「きたほなみ」では、これまで理論値と一致するとの報告（中道ら 2014）と差異があるとの報告（伊與田ら 2008）がある。これらの報告では、主茎葉齢と鞘葉分けつを含めた個体あたり分けつ数からロジスティック解析でその差異が示されている。しかし、本研究は毎日の観察から得られた結果を示したものであり、理論値との差異を明確に表している。

同一分けつ内でみると、低次節から高次節にかけての出現間隔は、T1 分けつ内では T1 は理論値どおり出現したが、2 次分けつの T1p では出現時の葉齢が 0.7 葉早く、3 次分けつの T1pp では約 1.0 葉早くなっていた（図 4-1）。また、T2 分けつ内でも同様に 2 次分けつの T2p 出現時の葉齢は 0.5 葉、3 次分けつの T2pp 出現時の葉齢も 1.0 葉それぞれ少なかった。同伸分けつの規則性とのズレについては、松葉（1983）が 1 次、2 次、3 次分けつと主稈との間では、栄養生長中期には約 0.5 葉のズレが生じ、前者の子分けつでは約 1.0 葉のズレが生じることを報告している。本研究では生育初期から同様なズレが生じており、生育ステージは異なるものの松葉の報告とほぼ一致する。

つぎに、低位節から高位節にかけての出現間隔では、1~2 次分けつでは理論値より早まったが、3~4 次の高位節になるにつれて出現間隔は長くなり、理論値との差が小さくなった（図 4-2）。同伸分けつの規則性との差異については、イネでは低位分けつは理論値より出現がやや早まり、高位・高次分けつでは更に早まるとの報告がある（永井

1966, 松葉 1983, 後藤・星川 1988). 本研究では低位分けつでは理論値と同様であったものの高位分けつでは遅くなり, 前述の報告とは異なる傾向を示した. この理由として, 北海道では9月中旬～下旬の気温が高い時に播種され, その後は気温が徐々に低下し, 越冬直前はほとんど生育が停止することがあげられる. すなわちこの条件は, 播種後に気温が上昇するイネや暖地のムギとは異なる. 鈴木 (1966) はコムギの出葉間隔について, 日平均気温が高い時や変温条件では出葉が促進し, 出葉間隔は温度条件で変動することを報告している. 北海道の秋播きコムギはイネおよび暖地のコムギとは播種後の気温条件が異なるため, 生育後期の分けつ出現間隔に差異が生じたと考えられる.

その一方, 同伸葉の規則性については, 主茎葉齢の増加に伴いいずれの分けつもほぼ等しく葉齢が増加し, 葉齢差は維持されていた (図 4-3). このため, 同伸分けつの規則性とは差異を生じるが, 分けつ出現後の葉齢の増加には同伸葉の規則性があると考えられる.

さらに, これまで同伸分けつの規則性とのズレが指摘されていた鞘葉分けつは, 出現時の主茎葉齢が 2.0～5.2 葉とその出現の変動が大きく (図 4-4), 年次間にも有意差がみられた (表 4-3). 鞘葉分けつの出現については, これまで播種深度, 種子の粒大や成熟度, 品種により差異が生じることが示されており (戸谷 1975, 吉田 1994, 藤田 2001), こうした栽培条件の差異が出現の不規則性を招いたと考えられる.

つぎに, 品種間差異について考えると, いずれの品種でも理論値より分けつの出現は早まったが, 「つるきち」では生育初期に出現する分けつで他品種に比べて有意に出現が遅れた (表 4-4). 「つるきち」は品種特性として穂数が確保されにくく, 収量もやや劣る品種とされる (北海道農政部 2014). 本研究では, 第 2 章で北海道の秋播きコムギでは越冬前頑健茎の有効化率が高く, 1 穂子実重も高まること, また,



第 3 章では越冬前主茎葉齡が高まるほど収量向上が期待できるため、目標値は 5.5 葉程度であることを示した。「つるきち」は主茎葉齡 5.5 葉までの分けつ節位ではいずれも分けつの出現が遅いため、越冬前頑健茎の確保は「きたほなみ」や「ゆめちから」より遅れると考えられる。すなわち、「つるきち」では生育初期における分けつ出現の遅れが穂数を確保しにくくし、収量がやや劣る要因になっていることが示唆される。

## 第5章 分けつ出現時期が穂形成および収量に及ぼす 影響の品種間差異

北海道の秋播きコムギは、国の政策により自給率が低いパンや中華麺用の硬質系コムギへの転換が進められ、作付比率を3割とした指標面積が設定されている（JA北海道中央会：平成27年度畑作物作付指標面積推進資料）。これにより、硬質系の秋播きコムギ品種「ゆめちから」（田引ら2011）や「つるきち」（北海道農政部2014）が北海道の奨励品種となり、生産現場での栽培が始まった（北海道米麦改良協会2015）。これまで、北海道では日本麺用の中力系を中心に品種改良が進み、「チホクコムギ」（尾関ら1987）、「ホクシン」（柳沢ら2000）、「きたほなみ」（柳沢ら2007）と切り替わり、同一年ではほぼ単一品種が作付けされてきた（北海道米麦改良協会2015）。しかし、硬質系コムギへの転換や加工業者からのニーズの多様化、生産現場におけるコムギ縞萎縮病などの病害対策から、今後は栽培品種の複数化が進むものと予想される。

こうした中で品種ごとの栽培法は、過去の経験的知見や栽培試験から倒伏防止を重視して確立されてきた（北海道農政部2011, 2015）。しかし、生産現場では十分な茎数管理技術がないため穂数の過不足が生じ、収量の不安定さにつながっている。そこで、第2章では北海道の基幹品種「きたほなみ」を用い、分けつ性の観点から研究を進め、「きたほなみ」では越冬前の出現分けつで穂数がほぼ決定され、収量も左右することを明らかにした。しかし、第4章で品種により分けつ出現様式が異なることが明らかにされ、また同一の栽培条件でも穂数には品種間差異があることから（柳沢ら2007, 田引ら2011）、他品種の穂数決定過程が「きたほなみ」と同様であるかを検討しておく必要

がある。

そこで本章では、「きたほなみ」と今後の栽培面積増加が予想される2品種・系統について、越冬前から成熟期まで継続的な分けつ追跡を行い、分けつの出現時期が有効化率、稈長、穂長ならびに収量構成要素に及ぼす影響について、品種間差異を明らかにすることを試みた。

## 第1節 材料と方法

### 調査1 分けつ出現時期が有効化率、稈長、穂長、収量構成要素に及ぼす影響

#### (1) 栽培方法

供試品種として、「きたほなみ」（中力系）、「ゆめちから」（硬質系）、「北見91号」（品種候補の系統、中力系）を用いた。調査年次は2014～2015年（収穫は2015年）とし、JAきたみらい農業技術センター圃場に設置した。前作はバレイショで、9月18日の収穫後にロータリで整地作業を行い、9月21日に播種を行った。各品種の圃場面積は $9\text{ m}^{-2}$ 、播種密度は $150\text{ 粒 m}^{-2}$ とし、種子をシートテープに封入した後、シーダー播種機を用いて条間30 cmのドリル播きで行った。施肥量は「道東地域における秋まき小麦「きたほなみ」の高品質安定栽培法」（北海道農政部 2011）に準じ、基肥として窒素 $6\text{ gm}^{-2}$ 、リン酸 $15\text{ gm}^{-2}$ 、カリ $6\text{ gm}^{-2}$ 、追肥として窒素のみ起生期に $2\text{ gm}^{-2}$ 、幼穂形成期に $4\text{ gm}^{-2}$ 、止葉期に $4\text{ gm}^{-2}$ を施用した。

#### (2) 調査方法

分けつの追跡調査法は、第2章で確立した着色輪ゴムを用いた手法で行った。分けつは順次出現するが、第2章と同じく分けつ区分を設定し、越冬直前に葉数2枚以上を有する茎（越冬前頑健茎）、葉数1

枚以下の茎（越冬前針茎）、越冬後に出現した茎（越冬後出現茎）の3区分に大別した。

調査箇所は、生育が揃い連続した20～54株を対象とし、それぞれ3反復を設けた。調査は、まず、品種ごとに分けつ出現時期と有効化率との関係を調査した。有効化率は、分けつ出現時に装着した輪ゴム数と成熟期の穂（稈）に残存した輪ゴム数から算出した。つぎに、分けつ出現時期が収量に及ぼす影響を明らかにするために、成熟期に調査株を抜き取りハウス内で乾燥させた後、稈長、穂長、1穂子実重、1穂粒数および千粒重を調査した。千粒重は、1穂子実重と1穂粒数から除算により求めた。なお、本報告では穂の大小にかかわらず出穂した分けつは穂として識別したが、生育後期に発生する遅れ穂については調査から除外した。

## 調査2 分けつの出現調査

「北見91号」の分けつ出現の早晩が不明だったことから、3品種の分けつ出現日を比較した。調査は網走農業改良普及センター敷地内で行い、播種床には園芸用のプラスチックプランター（縦19cm、横59cm、高さ20cm）を用いた。充填した土はコムギ生産農家圃場の土を用い、土性は壤土とした。播種は2014年9月5日に行い、播種密度は条間12.5cmの2条とし、間引きをして生育を揃えながら個体間は約3.5cmとした。施肥は高度化成肥料BB858cu1を用いて窒素 $6.0\text{ gm}^{-2}$ 、リン酸 $18.8\text{ gm}^{-2}$ 、カリ $6.0\text{ gm}^{-2}$ の割合で基肥を施用し、個体の栄養状態を維持するため、主茎葉齢5.0葉時にチリ硝石を用いて窒素 $4\text{ gm}^{-2}$ の割合で分施した。

調査対象とした分けつ節位は、主茎葉齢6葉までに出現した節位とし、各品種20個体を調査した。調査日は出芽後から毎日実施し、分け

つが出現した月日を記録した。

### (3) 統計解析

統計解析は、品種を主区、分けつ区分を副区とした McIntosh 統合解析法 (McIntosh 1983) で行い、品種間の比較は Tukey 法 ( $p \leq 0.05$ ) を用いて行った。統計処理には、エクセル統計 2010 (社会情報サービス社) を用いた。

## 第 2 節 調査結果

### 調査 1 分けつ出現時期が有効化率，稈長，穂長，収量構成要素に及ぼす影響

#### (1) 分けつ出現時期と有効化率

表 5-1 に、分けつ出現時期と有効化率との関係を示した。「きたほなみ」の有効化率は、越冬前頑健茎が 91%，越冬前針茎が 25%，越冬後出現茎が 0% であり、第 2 章と同様の結果であった。「ゆめちから」と「北見 91 号」の有効化率は、それぞれ越冬前頑健茎が 80% と 76%，越冬前針茎が 10% と 13% であり、両品種ともに越冬後出現茎からの有効化はなかった。品種間差異では、越冬前頑健茎では品種間に有意差はなかったが、「きたほなみ」(91%)、「ゆめちから」(80%)、「北見 91 号」(76%) の順に有効化率は低下した。越冬前針茎および全茎の有効化率は、「きたほなみ」が「ゆめちから」に比べて有意に高かった。有意差はなかったが、「北見 91 号」は「ゆめちから」と同様に低下する傾向を示した。なお、分けつ区分間には有意差があり、品種×分けつ区分の交互作用も有意だった。

単位面積あたりの穂構成比率では、越冬前頑健茎は「きたほなみ」が 80% であり、「ゆめちから」の 90% および「北見 91 号」の 88% よ

り有意に低かった。一方，越冬前針茎では「きたほなみ」が 20%であり，「ゆめちから」は 10%，「北見 91 号」は 12%であった。越冬後出現茎はいずれの品種も有効化しなかったので，穂構成比率は 0%であった。

表5-1 分けつ出現時期と有効化率および穂構成比率との関係.

品種	分けつ区分	茎数 (本 $m^{-2}$ )	残存した穂数 (本 $m^{-2}$ )	有効化率 (%)	穂構成比率 (%)
きたほなみ		468 a	426 a	91 a	80 b
ゆめちから	越冬前頑健茎	442 a	352 b	80 a	90 a
つるぎち		484 a	368 ab	76 a	88 a
きたほなみ		431 a	108 a	25 a	20 a
ゆめちから	越冬前針茎	402 a	42 b	10 b	10 b
つるぎち		395 a	52 b	13 ab	12 b
きたほなみ		894 a	0 a	0 a	0 a
ゆめちから	越冬後出現茎	857 a	0 a	0 a	0 a
つるぎち		831 a	0 a	0 a	0 a
きたほなみ		1793 a	534 a	30 a	-
ゆめちから	全茎	1701 a	394 b	23 b	-
つるぎち		1710 a	420 ab	25 ab	-
分散分析	df	MS	MS	MS	MS
品種	2	5094 ns	6186 *	238 *	-
誤差A	6	3008	938	41	-
分けつ区分	2	535529 **	367372 **	17111 **	-
品種×分けつ区分	4	1328 ns	1607 *	66 *	-
誤差B	12	2314	312	18	-

\*\*、\*はそれぞれ1%, 5%水準で有意であることを示し、nsは有意でないことを示す.

同一の英文字間を付した数値間には、各分けつ区分ごとのTukey検定 ( $P \leq 0.05$ ) で有意差がないことを示す.

穂構成比率は、単位面積あたり穂数に占める各分けつ区分から形成された有効茎の割合を表す.

## (2) 分けつ出現時期と稈長，穂長，収量構成要素との関係

表 5-2 に，分けつ出現時期と稈長，穂長および収量構成要素との関係を示した。稈長は，いずれの品種も越冬前頑健茎が越冬前針茎より有意に長く，品種間差異では「ゆめちから」が他 2 品種より有意に低かった。また，いずれの品種も越冬前頑健茎の稈質は越冬前針茎より明らかに硬くて太かった（達観評価による）。穂長も稈長と同様に，いずれの品種も越冬前頑健茎が有意に長かった。また品種間差異では，「きたほなみ」と「ゆめちから」に有意差はなかったが，「北見 91 号」のみ有意に短かった。なお，稈長と穂長では品種×分けつ区分に有意な交互作用はなかった。

収量構成要素では，1 穂子実重および 1 穂粒数はいずれの品種も越冬前頑健茎が越冬前針茎より有意に高かった。品種間差異では，越冬前頑健茎に有意差はなかったが，越冬前針茎では「北見 91 号」が「きたほなみ」より有意に低かった。千粒重は，分けつ区分間に有意差はあったが，品種間差異はなかった。なお，品種×分けつ区分の交互作用は 1 穂子実重，1 穂粒数および千粒重共に有意でなかった。単位面積あたり収量では，いずれの品種も越冬前頑健茎が越冬前針茎より有意に高かった。品種間差異では，「きたほなみ」はいずれの分けつ区分でも「ゆめちから」および「北見 91 号」より有意に高かった。



表5-2 分けつ出現時期と稈長，穂長，収量構成要素との関係。

品種	分けつ区分	稈長 (cm)	穂長 (cm)	1穂子実重 (g/穂)	1穂粒数 (粒/穂)	千粒重 (g)	単位面積あたり収量 ( $gm^{-2}$ )
きたほなみ	越冬前	64.3±0.6 a	7.8±0.1 a	1.68±0.10 a	35.8±2.3 a	46.8±0.7 a	716±61 a
ゆめちから	頑健茎	58.7±0.2 b	7.8±0.1 a	1.62±0.04 a	33.8±1.0 a	48.1±0.4 a	544±35 b
北見91号		69.0±1.4 a	7.0±0.1 b	1.47±0.06 a	31.2±1.0 a	47.1±0.4 a	541±31 b
きたほなみ	越冬前	61.0±1.2 a	7.0±0.1 a	1.12±0.06 a	26.7±1.3 a	42.1±1.2 a	123±27 a
ゆめちから	針茎	55.5±0.7 b	7.1±0.1 a	1.09±0.05 ab	24.1±1.4 ab	45.4±1.9 a	45±8 b
北見91号		60.2±1.9 ab	6.2±0.1 b	0.75±0.09 b	18.4±1.1 b	40.6±2.7 a	42±16 b
分散分析	df	ms	ms	ms	ms	ms	ms
品種	2	90.23 *	1.49 **	0.15 *	63.47 *	14.36 ns	30803 *
誤差A	6	2.77	0.03	0.02	8.53	7.84	5882
分けつ区分	1	116.54 **	2.63 **	1.63 **	502.97 **	97.07 **	1282668 **
品種×分けつ区分	2	15.22 ns	0.00 ns	0.02 ns	5.95 ns	5.32 ns	3922 ns
誤差B	6	5.15	0.01	0.01	3.57	5.07	1129

\*\*，\*はそれぞれ1%，5%水準で有意であることを示し，nsは有意でないことを示す。数値は平均値±標準誤差 (n=3) で示す。

同一の英文字間を付した数値間には，各分けつ区分ごとのTukey検定 ( $P \leq 0.05$ ) で有意差がないことを示す。分けつ区分は越冬後出現茎が有効化しなかつたため，越冬前頑健茎と越冬前針茎と比較した。

## 調査 2 分けつの出現調査

表 5-3 に, 供試した 3 品種の分けつ出現日を示した。「きたほなみ」と比較し, 「ゆめちから」は T1, T2, T1p, T3 および T11 の分けつ節位で 1 日早く出現し, T2p および T4 は差がなかった。「北見 91 号」は「きたほなみ」と比較し T2, T3, T4 の分けつ節位で 1 日遅く出現し, その他の節位に差はなかった。

表5-3 3品種の分けつ出現日.

	分けつ節位						
	T1	T2	T1p	T3	T2p	T11	T4
きたほなみ	9月22日	9月25日	9月28日	10月1日	10月4日	10月5日	10月11日
ゆめちから	9月21日	9月24日	9月27日	9月30日	10月4日	10月4日	10月11日
北見91号	9月22日	9月26日	9月28日	10月2日	10月4日	10月5日	10月12日

表中の月日は, 調査対象株20株の平均値で示した。  
分けつ節位の表記は, 第4章に準じた。

### 第 3 節 考察

#### (1) 分けつ出現時期と有効化率の品種間差異

「きたほなみ」では、越冬後の出現分けつは有効化率が低く、穂数および収量にほとんど影響しないことを第 2 章で明らかにした。本章では、供試品種に「ゆめちから」と「北見 91 号」を加えた 3 品種で検討したところ、いずれの品種も越冬後の出現分けつが有効化することはなかった（表 5-1）。分けつの有効化には幼穂形成期までに葉齢 3.1 葉以上が必要であり（藤井・田中 1956, 中條ら 1989, 1990, 李・山崎 1994, 荒木 2015a), そのために必要な有効積算気温は「きたほなみ」で 290.6℃（伊與田ら 2008）, 「ゆめちから」で 325.5℃（北海道農政部 2015）と報告されている。「北見 91 号」の有効積算気温は未調査であるが、表 5-3 に示すように播種後、主茎葉齢 6 葉までに出現する分けつの出現日は「きたほなみ」とほぼ同一であるため、有効積算気温も類似した値と判断できる。当試験地における越冬後の出現分けつが幼穂形成期までに得られる有効積算気温は、北見アメダスの直近 10 ヶ年から算出すると 220.0℃となる（標準偏差±34.4℃, 試験した 2015 年は 237℃, 図 5-1）。このため、いずれの品種も越冬後の出現分けつは葉齢 3.1 葉に達する有効積算気温を得られないため、有効化しなかったと考えられる。

有効化率の品種間差異では、越冬前頑健茎に有意差はなかったが、越冬前針茎では「きたほなみ」より「ゆめちから」と「北見 91 号」で低かった（表 5-1）。また、単位面積あたりの穂構成比率でも、「ゆめちから」と「北見 91 号」の越冬前針茎は有意に低かった。このため、「ゆめちから」と「北見 91 号」の越冬前針茎は有効化しにくいと考えられる。両品種の穂数確保に向けた対応としては、「きたほなみ」より早期に播種して個体あたり頑健茎本数を確保することや、播種量の増

加により越冬前頑健茎を確保することが必要と考えられる。一方、「きたほなみ」は穂数が多く、越冬前頑健茎および越冬前針茎の有効化率も高かった。「きたほなみ」は穂数が増えやすい品種であるが（北海道農政部 2011）、これは越冬前の出現分けつの有効化率が高いことが要因と判断できる。

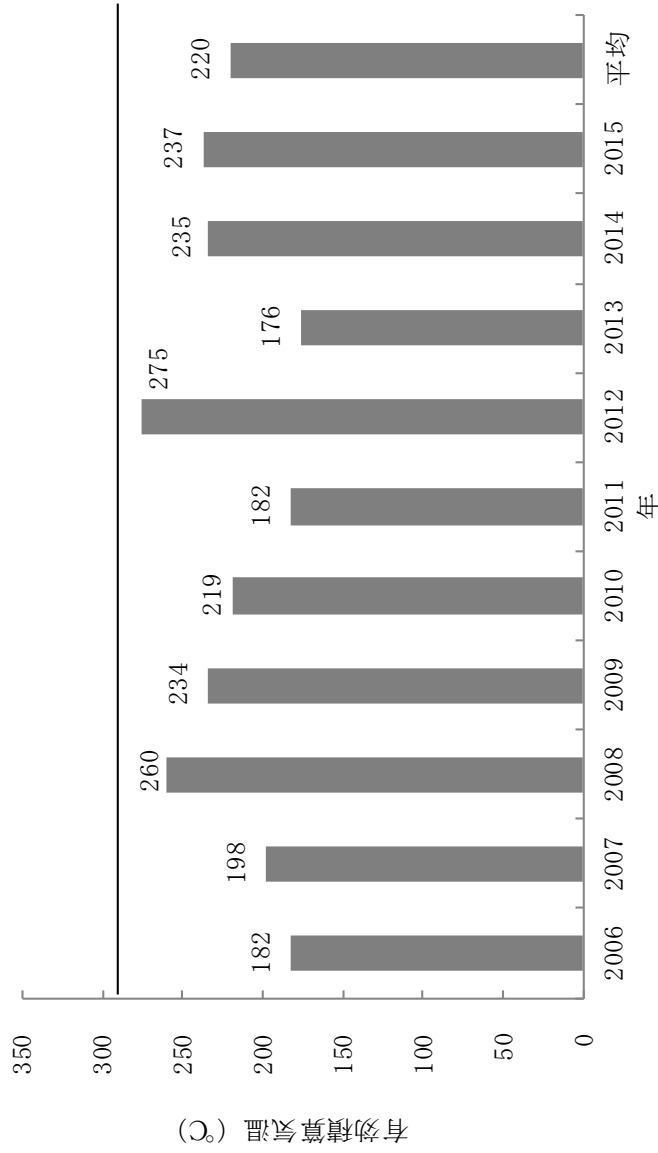


図5-1 融雪日～節間伸長開始期（幼穂形成期）までの有効気温 $3^{\circ}\text{C}$ 以上の積算と年次間変動。

図中の横線は、きたほなみにおける分げつ葉齢が3.1葉となる有効積算気温 $290.6^{\circ}\text{C}$ を示す。

有効積算気温は、当試験地に近い北海道北見市のアメダスデータを用いて算出した。北海道では節間伸長開始期は調査事項になっていないが、幼穂形成期には節間伸長が始まっていることが認められる。

## (2) 分けつ出現時期と稈長，穂長および収量構成要素との品種間差異

稈長と穂長では，いずれの品種も越冬前頑健茎は越冬前針茎より長かったが（表 5-2），稈質は硬くて太く，倒伏耐性が高いと判断できた．越冬前頑健茎は主茎や 1 次分けつの低位分けつで構成されるが，これらの分けつ節位では稈長や穂長が長く，茎が太くなることが報告されている（松江・尾形 1999）．このため，いずれの品種も越冬前頑健茎の確保により倒伏耐性は高まるものと考えられる．

収量構成要素では，1 穂子実重と 1 穂粒数はいずれの品種も越冬前頑健茎の方が越冬前針茎より有意に高かった（表 5-2）．また，千粒重も同様に，いずれの品種も越冬前頑健茎は越冬前針茎より有意に重かった．このことから，品種を問わず越冬前頑健茎からは収量の高い穂が形成されることが示された．この要因として，ムギの一個体内における 1 穂子実重は，出現が早い節位の分けつで重くなるとの報告がある（佐藤ら 2002）．本研究の越冬前頑健茎は低次・低位の出現が早い分けつが中心であり，このことが収量の高い穂の形成につながったと考えられる．つぎに，品種間差異では千粒重を除き，稈長，穂長，1 穂子実重および 1 穂粒数に有意差が認められた．荒木ら（2011）は，「きたほなみ」の特性として 1 穂粒数が多く，穂数過多とならない条件下では 1 穂子実重は高まることを報告し，田引ら（2011）は，「ゆめちから」は稈長が短いことを報告している．また，「北見 91 号」の特性は不明であったが，穂長は短く，1 穂粒数が少ないことから 1 穂子実重は軽くなると判断できる．すなわち，品種によって草姿や 1 穂粒数などの形質は異なるため，収量構成要素の品種間差異はそれぞれの品種特性が影響したと考えられる．

単位面積あたり収量は，いずれの品種も越冬前頑健茎の収量が高かった（表 5-2）．また，いずれの品種も越冬後出現茎は無効化したため，

収量は越冬前の出現分けつで占められた。このことは北海道の秋播きコムギ品種では、一般的に「きたほなみ」だけでなく、越冬前の出現分けつが収量に影響すると推察できる。

以上のように、北海道の秋播きコムギ品種では越冬後の出現分けつは有効化できず、越冬前の出現分けつで穂数および収量が決定されることが明らかになった。今後、品種ごとの栽培法の確立にあたっては、越冬前の分けつ出現の早晩や有効化率の高低に着目した調査が重要と考えられ、このことが秋播きコムギ収量の高位安定化および加工業者が望む安定供給に貢献できるものと考えられる。

## 第 6 章 総合考察

北海道の秋播きコムギは加工業者からの品質評価が高まる一方，収量の年次変動が大きく，安定供給ができていないことが課題である．この要因は，北海道では長期積雪期間に対応できる分けつ追跡調査法がなく，秋播きコムギの栽培管理技術の根幹となる分けつ性が不明であり，穂数に過不足が生じることによる．そこで本研究では，長期の積雪期間に対応できる分けつ追跡調査法を確立し，秋播きコムギの分けつ性を明らかにすることによって，収量の不安定性を改善する栽培管理技術を検討した．

### 第 1 節 本研究で確立した分けつ追跡調査法

これまで，北海道で秋播きコムギの分けつ消長が不明だったのは，長期の積雪期間があったことが主要因である．春播きコムギやイネのように，生育期間を通して作物体を目視できれば分けつの消長は確認できるが，積雪下の秋播きコムギは作物体を見ることはできない．このため，越冬前から継続した分けつ追跡が行えず，融雪後はいつ頃に出現した分けつかの判断は不正確となる．本研究では，着色輪ゴムを分けつに通すことで，越冬前から融雪後までの作物体を追跡する手法を確立した．北海道の積雪下では地表温度はほぼ 0℃付近で（鈴木ら 2006），コムギの生育は停止しており（鈴木 1966），積雪期間中は葉齢が増加したり分けつが新しく出現することはない．すなわち，越冬前と越冬後の分けつ葉齢は等しいため，越冬前の分けつを正確にマークできれば，積雪下の作物体を見る必要はない．

また，越冬前後の調査作業は寒くて肉体的に過酷なため，短時間で作業を終える簡便さが求められる．本研究で確立した調査法は，分け



つへの装着が 150～200 本/時間と作業性が高い。また、設定した条件に応じて分けつに輪ゴムを通すだけなので、複雑な作業を必要としない。このため、作業人数の増員によって短時間に作業が終了でき、肉体的な疲労度は軽減できると思われる。

本研究では、分けつの追跡に着色輪ゴム（ヘアゴム）を材料に用いた。これまで暖地で行われた調査では、ビニール製のカラーリング（福嶋ら 2001）やエナメル線の識別リング（大江 2008）を作成し、分けつに通して追跡する手法を用いている。今回用いた着色輪ゴムは、分けつが肥大しても輪ゴムが伸びるため、作物へ与える生育ストレスは軽減でき、装着作業もしやすいメリットがある。さらに、材料の入手は量販店などで安価に購入できるため、材料の作成は不要である。調査精度に関しては、光による輪ゴムの劣化を懸念したが、収穫まで輪ゴムは損傷することはなく、色の識別も可能であった。このため、輪ゴムを材料に用いても調査精度に問題はないと判断できる。ただし、輪ゴムの性質や使用方法によっては損傷する可能性も考えられ、事前の確認は必要と思われる。

これまで、北海道で秋播きコムギの分けつ追跡は困難とされてきたが、本手法は分けつ性を踏まえた栽培管理技術の基礎調査に有効に活用できると考えられ、すでに農業改良普及指導員が当手法を用いて栽培管理技術の見直しを進めている。また、輪ゴムの大きさには大小があり、作物の種類に合わせた大きさを選定することで、多様な作物の生育追跡も可能と考えられる。

## 第 2 節 北海道における秋播きコムギ分げつの有効化

コムギの収量構成要素は穂数と一穂子実重であり，穂数の安定確保は収量の安定化につながる重要な要素である．本研究では，北海道の秋播きコムギでは，いずれの品種も越冬前の出現分げつで穂数が決定され，越冬後の出現分げつは無効化することを明らかにした．この点は北海道で過去に調査事例が報告されておらず，穂数の安定化に向けた重要な知見と考えられる．今後，穂数の安定化には，越冬前の茎数管理に着目した栽培管理技術の組み立てが重要と考えられる．

北海道の基幹品種「きたほなみ」では，越冬後の分げつはほとんど無効化したが，この要因は越冬後の有効積算気温と葉齢の増加との関係から説明できた．すなわち，分げつが有効化する条件は，節間伸長開始期（北海道では幼穂形成期に該当）までに葉齢 3.1 葉以上が必要であるが（藤井・田中 1956，中條ら 1989，1990，Davidson and Chevalier 1990，李・山崎 1994），越冬後の出現分げつは節間伸長開始期までに葉齢 3.1 葉となる有効積算気温が不足するためである．また，「ゆめちから」および「北見 91 号」も同様な結果であり，北海道の秋まきコムギ品種では，越冬後出現分げつの無効化は一般的な傾向と考えられる．ただし，本研究では越冬後出現分げつの葉齢を推定するために播種後～越冬前の有効積算気温と葉齢との関係を用いたが，本来であれば越冬後～節間伸長開始期（幼穂形成期）との関係を用いるべきである．しかし，これまで越冬後の有効積算気温と葉齢との関係は調査事例がないため，今後明らかにしつつ，越冬後出現分げつの無効化要因をさらに解析する必要がある．

本研究では，分げつ区分を越冬前の葉数に応じて 2 枚以上有する分げつを越冬前頑健茎，それ以外を越冬前針茎と区分した．この理由は，出現直後の小さな分げつに輪ゴムを装着するのが困難だったためであ

る．このため，越冬前頑健茎は主茎や低次，低位分げつを全て含めて区分し，生育が進んだ個体では2次分げつ節位にも越冬前頑健茎が形成された．中條ら（1989），李ら（1993），福嶌ら（2001）は，主茎および1次分げつの有効化率は高いが，2次分げつではその値が大きく低下すると報告している．本研究では，分げつ節位ごとの有効化率は未調査であるが，分げつ節位ごとの有効化率の把握は穂数の安定化技術に必要な要素であり，今後調査すべきと考えられる．

また，圃場や年次によって有効化率は異なつたが，この要因は栽培環境の違いによるものと考えられる．これまで，栽培環境によって有効化・無効化の影響は異なることや（Thorne and Wood 1987a），栽植密度の差異によつても有効化率が異なること（Simons 1982，小林ら 2004）が知られている．さらに，北海道では窒素追肥時期によつて穂数が異なり（北海道農政部 2011），起生期の窒素追肥は穂数確保に有効とされる．本研究の供試圃場数は2圃場と少なく，栽植密度は同等な箇所を調査したこと，また，各圃場では施肥方法を変えなかつたなど，栽培環境の違いによる有効化率の差異は検討できなかつた．多様な栽培条件に対応した栽培管理技術を確立するためには，様々な条件下での有効化率の差異は調査しておくべきである．

つぎに，本研究はオホーツク地方の内陸部に位置する北見市および訓子府町で行つたが，秋播きコムギは十勝地方やオホーツク地方を中心に，水田転作が多い空知地方や上川地方など広範囲で栽培される．第2章では，他産地のアメダスデータから越冬後出現分げつの有効化の可能性を検討したところ，いずれの産地も葉齢3.1葉に達する有効積算気温を確保できなかつた（表2-6）．このため，本研究の結果は北海道内では一般的な傾向と考えられる．ただし北海道では，今後の地球温暖化の影響によつて融雪期が早まり，春季以降の昇温で起生期は

前進すると予測されている（中辻ら 2011）. これにより，越冬後～幼穂形成期までの有効積算気温は高くなると推察され，今後，越冬後出現分げつが有効化できる地域は生じると考えられる.

### 第 3 節 分げつ出現時期が収量に及ぼす影響

秋播きコムギの多収化には倒伏耐性が高く，1 穂子実重の重い穂を確保する必要がある. 本研究では，越冬前頑健茎から形成された有効茎は稈長と穂長が長くなる一方，稈質は明らかに硬く，倒伏耐性は高いと判断できた. 現在の基幹品種「きたほなみ」は，穂数が増えやすいため倒伏が懸念される品種であり，目標穂数は 700 本  $m^{-2}$  に設定されている（北海道農政部 2011）. しかし，越冬前に倒伏耐性が高い越冬前頑健茎を適正に確保できれば，目標穂数は 700 本  $m^{-2}$  以上に設定できると考えられる. また，分げつ出現時期と 1 穂子実重との関係では，越冬前頑健茎から形成された有効茎の 1 穂子実重は重かった. 佐藤ら（2002）は，コムギの 1 個体内では出現が早い節位の分げつは 1 穂子実重が重いことを報告している. 本研究では，分げつ節位ごとに調査はしていないが，越冬前頑健茎は出現が早い分げつであり，佐藤らの報告と一致する. このことから，越冬前頑健茎を適正に管理できる技術開発によって，秋播きコムギは多収化できる可能性が高いと考えられる.

つぎに，単位面積あたりの収量構成比率では，いずれの品種も越冬前の出現分げつで 99～100% が占められ，北海道の秋播きコムギでは越冬前で収量が決定されることが明らかとなった. すなわち，秋播きコムギのポテンシャル収量は，越冬前で決まるといってもよい. これまで北海道における秋播きコムギのポテンシャル収量は，ヨーロッパで開発された作物モデル WOFOST を用いて算出され，栽培管理技術

の要因解析に用いられている（志賀 2003）. このシステムでは気象データ，土壌データおよび作物データから算出しているが，いずれの入力項目も計算開始日は融雪日の7日後となっており，越冬前の生育条件は考慮されていない. 今後，WOFOSTのシステムに越冬前の生育条件を加えることでポテンシャル収量の算出精度は高まり，要因解析の高度化につながると考えられる.

#### 第4節 安定多収化に向けた越冬前主茎葉齢の目標値

これまで秋播きコムギの多収化には，施肥管理として越冬後の窒素追肥が有効であること，農業気象では開花～成熟期までの登熟日数が長く，日射量も多いことが必要とされている（北海道米麦改良協会 2004）. 本研究から，越冬前の生育量によっても多収化できることが明らかとなった. そこで，越冬前の個体あたり生育量の視点から安定多収条件を整理する.

基幹品種「きたほなみ」を例にするが，「きたほなみ」は穂数が増えやすく1穂粒数も多いため，収量構成要素からみると高収量が期待できる品種である. 実際にオホーツク管内小清水町では，「きたほなみ」を用いて10aあたり収量で1トンを超える生産者も複数存在する. 図6-1は，本研究の調査データから成熟期穂数700本 $m^{-2}$ を確保した時の収量の推定値を示した. これをみると，個体あたり頑健茎数が増えるほど多収となり，例えば10aあたり収量で1トンを超えるには，個体あたり頑健茎数4本以上，越冬前主茎葉齢は5.4葉以上が必要となる. すなわち，多収化の実現には越冬前主茎葉齢を高める必要がある.

越冬前主茎葉齢を高めるには，播種時期の前進化（早期播種）が有効である. その一方，越冬前主茎葉齢を高めると個体あたり頑健茎数が多くなり倒伏の可能性が高まるため，播種密度で頑健茎数を調整す

る必要がある。そこで第 3 章では、成熟期穂数  $700 \text{ 本 m}^{-2}$  を確保した時の越冬前主茎葉齢ごとの播種密度を試算したところ、越冬前主茎葉齢 5.0 葉では  $228 \text{ 粒 m}^{-2}$ 、5.5 葉では  $167 \text{ 粒 m}^{-2}$ 、6.0 葉では  $132 \text{ 粒 m}^{-2}$  となった（表 3-7）。生産現場で播種密度を設定する時に重要なことは、安定した播種精度の確保である（沢口ら 2014）。北海道ではグレンドリルなどの機械播種が主流であり、播種密度が少ないと播種精度が極端に低下し、欠株が生じて減収となる。生産者からも播種密度の下限は  $150 \text{ 粒 m}^{-2}$  と指摘され、主茎葉齢 6.0 葉時の  $132 \text{ 粒 m}^{-2}$  では播種精度が劣り、減収する可能性が高い。このため、越冬前主茎葉齢は 5.5 葉程度が現実的な目標値と考えられる。ただし、今後、播種機の改良や播種精度を高める播種技術の確立によって少量播種技術が確立できれば、越冬前主茎葉齢を更に高く設定できると考えられる。

なお、今回、播種精度の観点から越冬前主茎葉齢を 5.5 葉としたが、この時の越冬前茎数は  $1052 \text{ 本 m}^{-2}$  と試算された（表 3-7）。この数値は、これまで北海道で安定した収量確保の目標値とした越冬前主茎葉齢 5.0～5.5 葉、越冬前茎数  $1000\sim 1200 \text{ 本 m}^{-2}$ （北海道農政部 1998）とほぼ一致し、経験的知見から設定してきた目標値を分けつ性の観点から裏付けられた。

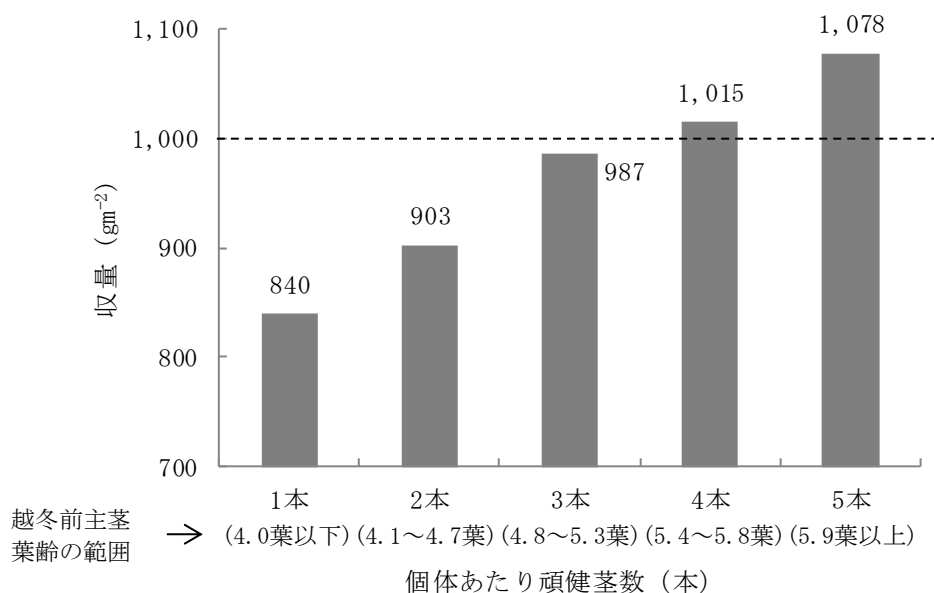


図6-1 成熟期穂数700 本<sup>m</sup><sup>-2</sup>を確保した時の収量の推定値.

収量は、表3-4で示した一穂子実重と穂数700 本<sup>m</sup><sup>-2</sup>の積から算出した。越冬前主茎葉齢の範囲は、図3-1に基づき同伸葉の規則性を前提にして設定した。

## 第5節 片山理論と比較した分けつ出現の差異

これまで、片山理論と実際の分けつ出現に差異が生じることは、多くの報告（永井 1966, 松葉 1983, 後藤・星川 1988）で明らかにされ、北海道の春播きコムギでも同様な報告がある（藤田 2001）。本研究では、北海道の秋播きコムギでも片山理論と差異が生じることを明らかにした。また、これまでの報告では、一定期間を空けた調査結果からロジスティック解析により求めた報告であったが、本研究は毎日の継続した調査に基づくものであり、その差異を明確にすることができた。

「きたほなみ」の分けつ出現様式を片山理論と比較すると、低次節から高次節にかけての出現間隔は2次分けつでは0.7葉前後、3次分けつでは1.0葉前後早く出現し（図4-1）、松葉（1983）の報告と一致した。一方、低位節から高位節にかけては1~2次分けつでは理論値より早まったが、3~4次では出現間隔は長く、理論値との差が小さくな

った (図 4-2). これは, 暖地の高位・高次分げつでは出現間隔が短くなるとの報告 (永井 1966, 松葉 1983, 後藤・星川 1988) と異なる. 出葉間隔は日平均気温や変温条件によって変動するが (鈴木 1966), 北海道の秋播きコムギは播種時の気温が最も高く, その後は低下するため, 暖地のイネやコムギと生育条件は大きく異なる. この生育条件の違いが出現間隔に影響したと考えられるが, この点については, 同一品種を用いた秋播きと春播きとの栽培比較によって明らかにできる.

品種間差異では, 供試したいずれの品種も理論値より出現は早い, 「つるきち」は生育初期の出現節位で遅れた (表 4-4). 「つるきち」は穂数が少ないため収量はやや劣る品種であるが, 生育初期の分げつ出現遅れは越冬前頑健茎の確保を少なくし, これにより穂数の減少と収量の低下につながっていた可能性が考えられる. また, 北海道の品種育成では, これまで分げつ性に着目した選抜を行ってこなかった. しかし, 越冬前の分げつ出現が早い品種ほど穂数が確保しやすく, 多収に結びつくため, 多収系統を選抜する中で無意識に分げつの出現が早い品種を選抜していた可能性がある.

その一方, 同伸葉の規則性は認められた (図 3-1, 図 4-3). このため, 同伸分げつの規則性とは差異を生じるが, 分げつ出現後の葉齢の増加は等しいといえる. このことは, 北海道の秋播きコムギに限っては, 同伸葉・同伸分げつ理論を 1 つの理論と捉えず, 同伸葉の規則性と同伸分げつの規則性を別にして考える必要がある.

## 第 6 節 今後の展望

本研究では輪ゴムを材料に用いるだけで, これまで不明とされた秋播きコムギの分げつ性を明らかにし, 安定多収に向けた栽培管理技術を示すことができた. このように, 日常にある材料を応用することで



新たな知見が得られ、課題解決につながることもある。本研究で確立した分けつ追跡調査法は、北海道以外の地域でも活用でき、輪ゴムの直径（大きさ）を変えることでコムギ以外の作物でも活用できる。例えばイネでは、今後普及が期待される直播栽培において、移植栽培との生育比較に用いることで新たな技術開発と普及が進むきっかけになる可能性がある。また、豆類では小さな輪ゴムを用いることで、開花後の不稔条件や一莢内粒数を増やす条件の特定など、多収に向けた要因解析ができると考えられる。

北海道の秋播きコムギでは、越冬前の出現分けつで穂数および収量が決定され、越冬前主茎葉齢が大きい個体ほど収量向上に有効であることを明らかにした。これにより、これまで課題であった収量の不安定さが改善されて加工業者が望む安定供給が進み、国産コムギの需要拡大が期待される。今後は、越冬前の生育を早める技術開発がポイントになると考えられる。本研究では、越冬前主茎葉齢の目標値を設定し、播種密度の観点から安定多収条件を検討した。しかし、播種深度による分けつ出現の差異や出芽率の検討はしておらず、種子の粒大や充実度によっても差異が生じる可能性がある。また、出現が不規則な鞘葉分けつによって個体あたり穂数が異なると考えられ、鞘葉分けつの出現条件を明らかにすることで、より高度な栽培管理技術が確立できると考えられる。播種密度については、播種機の播種精度の観点から考察したが、播種精度を高められる整地法や播種機の改良によって少量播種が可能となれば、越冬前主茎葉齢の目標値を高く設定でき、収量向上が期待できる。実際に生産現場で多収を得ている生産者は、「秋播きコムギの収量は播種時に決まる」と考え、播種日と播種精度に重点を置いて少量播種を実践している。

分けつ出現様式では、北海道の秋播きコムギは片山理論と異なるこ

とや、品種間差異があることを明らかにした。この点を利用して品種育成の場面では、分けつの特徴が早い系統を選抜することで穂数確保が容易で、多収品種の早期育成につながる可能性がある。とくに、これまで穂数不足で低収であった地域では、こうした品種の育成により多収化を実現できる可能性があり、世界の食糧不足に対応できる技術になると考えられる。栽培管理技術の改良は、これまで新品種への切り替え時に行われてきたが、普及定着に長期間を要した。しかし、これまでできなかった分けつ出現様式にあわせた栽培法の確立により、技術定着の早期化が期待できると考えられる。

生産現場での対応では、越冬前の茎数管理の重要性を示しつつ、実践につなげることが重要である。本研究で確立した分けつ追跡調査法は、生産者に視覚的にその重要性を示す手法として有効であり、すでに農業改良普及指導員が道内各地で現地実証を行っている。一例として、空知管内美唄市では播種遅れによる低収が問題であったが、当手法を用いて生産者に穂の形成過程を示したところ、越冬前の茎数管理の重要性が浸透し、播種時期が大幅に早まって多収が得られた。

以上によって、北海道の秋播きコムギ収量の不安定性は改善され、加工業者のニーズに対応できると考えられる。今後、本研究で明らかになった分けつ性を基礎として、秋播きコムギの技術開発および高位安定生産が進むことを期待したい。

## 謝 辞

本論文の作成にあたり，多大なるご指導を賜りました北海道大学農学研究院の岩間和人特任教授に心からお礼申し上げます．また，ご高閲の労をおとりいただいた北海道大学農学研究院の増田清特任教授，北海道大学北方生物圏フィールド科学センターの山田敏彦教授，北海道大学農学研究院の中島大賢助教に謹んで感謝申し上げます．

本論文の執筆にあたっては，ホクレン農業協同組合連合会農産事業本部種苗園芸部特任技師（元北海道農政部技術普及課首席普及指導員）柳山浩之氏から貴重な機会を与えてもらい，終始，激励をいただいた．感謝に尽きない．元網走農業改良普及センター所長の河合邦彦氏には精神面を含めて絶大なサポートをいただき，深く感謝申し上げます．また，元胆振農業改良普及センター東胆振支所長の岸田幸也氏には，論文執筆への貴重な機会を与えていただいた．さらに，調査および執筆に関して，暖かく見守っていただいた網走農業改良普及センター所長の阿部秀幸氏を始め，全職員に感謝申し上げます．

本論文の統計処理に関して，北海道総合研究機構上川農業試験場の川岸康司博士から懇切なご助言をいただいた．また，コムギの知見に関して元北海道米麦改良協会の天野洋一氏，北海道総合研究機構北見農業試験場麦類科および技術普及室の皆様から多大なご助言をいただいた．さらに，藤田涼平博士からはコムギに関する文献の提供をいただいた．皆様に感謝申し上げます．

本論文の実施にあたり，圃場の提供および栽培管理にご協力頂いたJAきたみらい農業技術センターの庄子隆之マネージャー，山本俊治主幹はじめセンター職員の皆様，訓子府町高園地区の伊藤幸司氏，大坪広則氏，大坪辰矢氏，兼安孝昌氏，兼安拓実氏に厚くお礼申し上げます

る．また，秋播きコムギの栽培管理技術に関して，訓子府町麦作振興会会長の河合正福会長を始め，多くの生産者から多大なご指導とご助言をいただいた．さらに，北海道米麦改良協会の高橋義雄技監から「百聞は一見に如かず，百見は一試に如かず，百試は一業に如かず」との言葉をいただき，本研究の調査を行う上でチャレンジ精神の支えとなった．皆様には感謝申し上げます．

本研究の作成において，妻と二人の子供たちには生活面や精神面におけるサポートをいただき深く感謝する．また，これまで私を支えてくれた関係者の皆様に深く感謝する．最後に，私を生み育てここまで支えてくれた両親と兄，祖父母に深く感謝する．

## 引用文献

- 荒木英晴・内藤誠・千葉健太郎・森政博・井村直樹・上堀孝之・田原修一・石村博之・渡邊智昭・木島正利 2011. オホーツク地域における秋まき小麦「きたほなみ」の茎数管理技術. 北農 78 :37-43.
- Chafai-Elalaoui,A.and Simmons,S.R. 1988. Quantitative translocation of photoassimilates from nonsurviving tillers in barley. Crop Sci. 28 :969-972.
- 中條博良・紅谷文夫・三本弘乗 1989. 西日本早生コムギ品種における分けつの消長. 日作紀 58 :611-616.
- 中條博良・藤田明彦・三本弘乗 1990. コムギの分けつの消長と乾物重および窒素吸収. 日作紀 59 :245-252.
- Davidson,D.J. and Chevalier,P.M. 1990. Preanthesis tiller mortality in spring wheat. CropSci. 30: 832-836.
- Kirby,E.J.M. 2002. Botany of the wheat plant. <http://www.fao.org/docrep/006/y4011e/y4011e05.htm#TopOfPage> (2015/12/27 閲覧).
- 藤井義典・田中典幸 1956. 小麦における地上部と地下部生育の相関について. 日作九支報 10 :46-48.
- 藤田涼平 2001. 早生の春播きコムギ品種における分けつ性に関する研究：とくに鞘葉節分けつを中心とした出現・発育特性および収量性の検討. 東京農業大学博士学位論文 :1-155.
- 深瀬孝子・渡辺祐志・宮本裕之・前野眞司 1997. 秋播小麦の越冬前の生育が収量に及ぼす影響. 日作紀 66(別 1) :70-71.
- 福寫陽・楠田宰・古畑昌巳 2001. 暖地における早播きした秋播性コムギ「イワイノダイチ」の分けつの発育. 日作紀 70 :173-178.

- 福 寛 陽 2007. 暖地で早播き栽培した秋播性早生コムギ品種「イワイノダイチ」の生育特性・収量形成に基づいた栽培技術の開発. 九州沖縄農研報告 48: 125-181.
- 後藤雄佐・星川清親 1988. 水稻の分けつ性に関する研究 第 1 報 主茎と分けつの生長の相互関係. 日作紀 57:496-504.
- 後藤雄佐 2003. 水稻の分けつ性. 日作紀 72:1-10.
- 橋本安二・滝口壮士・磯田龍三 1956. 稲麦の無効分蘖に関する生理学的研究. I .小麦の遅発分蘖が有効分蘖の登熟に及ぼす影響. II .小麦の栄養生長期における弱小茎と強大茎との相互関係. 日作紀 24:166.
- Hay,R.K.M. 1986. Sowing date and the relationships between plant and apex development in winter cereals. Field Crop Res. 14:321-337.
- 氷高信雄 1968. 水稻の倒伏と被害の発生機構に関する実験的研究. 農業技術研究所報告,A. 物理統計 :107-236.
- 北海道米麦改良協会 2004. 新しい小麦づくり 2004 年版. 一般社団法人北海道米麦改良協会 :1-252.
- 北海道米麦改良協会 2015. 北海道の小麦づくり平成 27 年. 一般社団法人北海道米麦改良協会 :1-119.
- 北海道農政部 1983. 寒地多雪地帯における秋まき小麦の安定栽培技術確立試験. 昭和 58 年普及奨励ならびに指導参考事項 :133-143.
- 北海道農政部 1998. 道東地方における「ホクシン」の栽培法確立. 平成 10 年普及奨励ならびに指導参考事項 :63-65.
- 北海道農政部 2011. 道東地域における秋まき小麦「きたほなみ」の高品質安定栽培法. 平成 23 年普及奨励ならびに指導参考事項 :50-52.
- 北海道農政部 2013. 北海道農業生産技術体系第 4 版 :1-521.

- 北海道農政部 2014. 硬質秋まき小麦「つるきち」の品種特性に対応した当面の栽培法. 平成 26 年普及奨励ならびに指導参考事項 : 72-54.
- 北海道農政部 2014. 小麦の雪腐黒色小粒菌核病および雪腐大粒菌核病に対する殺菌剤の残効性と防除時期. 平成 26 年普及奨励ならびに指導参考事項: 50-52.
- 北海道農政部 2015. 秋まき小麦「ゆめちから」の高品質安定栽培法. 平成 27 年普及奨励ならびに指導参考事項 :29-31.
- 北海道農政事務所 2014. 平成 26 年度農林水産統計公表資料 (北海道). <http://www.maff.go.jp/hokkaido/toukei/kikaku/sokuho/h26kouhyou.html#a> (2014/08/ 25 閲覧).
- 伊東睦泰 1982. 寒地型イネ科牧草の分けつ習性に関する形態学的研究 II .劣悪環境条件下におけるオーチャードグラス幼植物の分けつ発生の規則性とその攪乱について. 日草誌 28 :74-81.
- 伊與田竜・益村哲・馬淵富美子 2008. 「きたほなみ」「ホクシン」の分けつ特性及び播種技術. 北農 75 :13-19.
- 片山佃 1951. 稲・麦の分蘖研究. 養賢堂, 東京. 1-117.
- 小林洋介・豊田正範・井上正明・内田尚宏・馬原良卓・門田修二・楠谷彰人 2004. 栽植密度によるコムギ分けつの出現時期と枯死時期の変動. 日作四国支報 41 :14-15.
- Lauer,J.G and Simmons,S.R. 1988. Photoassimilate partitioning by tillers and individual tiller leaves in field-grown spring barley. *Crop Sci.* 25 :279-282.
- 李健民・山崎耕宇 1993. コムギにおける分けつの生育に関する研究. 第 1 報 主成分分析による形態的特徴の解析. 日作紀 62 :518-524.

- 李健民・原田二郎・山崎耕宇 1993. コムギにおける分けつの生育に関する研究.第2報 出葉・出根関係に着目した分けつ出現の再検討. 日作紀 62 :534-539.
- 李健民・山崎耕宇 1994. コムギにおける分けつの生育に関する研究. 第3報 分けつの生育特性とその有効化. 日作紀 63 :460-466.
- 松葉捷也 1983. 稲の分けつ体系の新しい見方 5.出葉経過と同伸葉について. 日作紀 52(別1) :89-90.
- 松葉捷也 1987. イネの茎葉生育の規則性に関する発育形態学的研究. 第1報 同一栽培条件下で総葉数を異にした主稈の生育型について. 日作紀 56 :313-321.
- 松江勇次・尾形武文 1999. 北部九州産米の食味に関する研究－稈長＋穂長の大きさ別の穂に着生した米の食味および理化学的特性－. 日作紀 68 :206-210.
- McIntosh, M.S. 1983. Analysis of combined experiments. Agron. J. 75 :153-155.
- 美濃健一 2000. コムギ褐色雪腐病主体の雪腐病が秋まき小麦の収量に与える影響. 日植病 66 :308.
- 永井衛 1966. 水稻の栄養生長性に関する生態学的研究 1.出葉経過について. 日作紀 35 :228-233.
- 中道浩司・五十嵐俊成・高松聡・佐藤三佳子・柳原哲司 2014. 秋まきコムギ品種「きたほなみ」の越冬前生育と播種後有効積算気温の関係. 日作紀 83 :267-272.
- 中津智史 2000. 北海道における低アミロ小麦の発生とその要因に関する研究. 北海道立農業試験場報告 93 :1-60.
- 中津智史・佐藤康司・佐藤仁・神野裕信 2007. 秋まきコムギ品種キタノカオリにおける低アミロコムギの発生要因. 日作紀 76 :79-85.



- 中辻敏朗・丹野久・谷藤健・梶山努・松永浩・三好智明・佐藤仁・寺見裕・志賀弘行 2011. 地球温暖化が道内主要作物に及ぼす影響とその対応方向 (2030年代の予測) 1.2030年代の気候予測および技術的対応方向 (総論). 北農 78 :440-448.
- 西尾善太・伊藤美環子・田引正・中司啓二・長澤幸一・山内宏昭・広田知良 2011. 高温による小麦の減収要因. 北海道農業研究センター研究資料 69 :15-21.
- 農業研究センター 1986. 小麦調査基準 第1版.
- 農林水産省 2012. 食料・農業・農村白書 平成24年度版.
- 農林水産省 2015. 食料・農業・農村白書 平成27年度版.
- 奥野林太郎 2005. 衛星リモートセンシングを用いた小麦適期収穫支援システム. 農業機械学会誌 67 :17-19.
- 大江真道 2008. 作物の形態研究法:マクロからミクロまで.分げつについて. 日作紀 77 :229-232.
- 尾関幸男・佐々木宏・天野洋一・土屋俊雄・上野賢司・長内俊一 1987. 小麦新品種「チホクコムギ」の育成について. 北海道立農試集報 56 :93-105.
- 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次最終分げ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.
- 佐藤暁子・末永一博・高田寛之・川口敷美 1992. 異なる土壌におけるコムギの生育と収量 第2報 節位別分げつの出現,有効化および収量に対する寄与について. 日作紀 61 :349-355.
- 佐藤大和・内村要介・松江勇次 2002. コムギの1個体内における節位別の分げつ着生粒のタンパク質含有率. 日作紀 71 :154-160.

- 佐藤康司・中津智史・三木直倫・中村隆一・笛木伸彦・志賀弘行 2008. 秋まきコムギの起生期における土壌硝酸態窒素診断による窒素追肥量の設定. 土肥誌 79 :45-51.
- 沢口敦史・富田謙一・古川勝弘・竹内徹・荒木和哉・中道浩司 2014. 道東地域における秋まき小麦「きたほなみ」の適播種量と起生期施肥法の実証. 北農 81 :227-230.
- 志賀弘行 2003. 作物モデルを活用した秋まき小麦の収量変動評価・予測法. 土肥誌 74 :835-838.
- Simons,R.G 1982. Tiller and ear production of winter wheat. Field Crop Abst. 35 :857-870.
- 鈴木正行 1966. 作物の生育に及ぼす温度の影響 III.各種の温度制御条件におけるコムギの初期生育について. 千葉大学園芸学部学術報告 14 :119-123.
- 鈴木伸治・岩田幸良・廣田知良・長谷川周一・有馬純一 2006. 異なる凍結深における農地の土壌水分と地温の比較. 水文・水資源学会研究発表会要旨集 19 :78-79.
- 田引正・西尾善太・伊藤美環子・山内宏昭・高田兼則・桑原達雄・入来規雄・谷尾昌彦・池田達哉・船附稚子 2011. 超強力秋まき小麦新品種「ゆめちから」の育成. 北海道農業研究センター研究報告 195 :1-12.
- 手塚光明・国井輝男 1987. 多雪地帯における「チホクコムギ」の越冬に対する栽培反応. 育種・作物学会北海道談話会報 27 :5.
- Thorne,G.N. and Wood,D.W. 1987a. Effects of radiation and temperature on tiller survival, grain number and grain yield in winter wheat. Ann. Bot. 59 :413-426.

- Thorne,G.N and Wood,D.W. 1987b. The fate of Carbon in dying tillers of winter wheat. J.Agric.Sci.Comb. 108 :515-522.
- 徳永初彦 1956. 小麦における有効茎と地下部の発育に関する研究. 日作九支報 10 :40-45.
- 戸谷清美 1975. 大麦における穂数成立過程の品種間差. 2. 鞘葉分けつ出現の品種間差. 日作紀 44(別 1) :37-38.
- 渡邊好昭・三浦重典・湯川智行・竹中重仁 2003. 葉齡の増加に伴うオオムギの耐雪性の変化. 日作紀 72 :192-195.
- 山本由徳・濃野淳一・新田洋司 1994. 水稻の主稈における節位別分けつの子実生産力. 第 2 報 個体当たりの分けつ数および分けつの次位別構成を一定とした場合. 日作紀 63 :601-609.
- 柳沢朗・谷藤健・荒木和哉・天野洋一・前野眞司・田引正・佐々木宏・尾関幸男・牧田道夫・土屋俊雄 2000. 秋まき小麦新品種「ホクシン」の育成について. 北海道立農試集報 79 :1-12.
- 柳沢朗・吉村康弘・天野洋一・小林聡・西村努・中道浩司・荒木和哉・谷藤健・田引正・三上浩輝・池永充伸・佐藤奈奈 2007. 秋まき小麦新品種「きたほなみ」の育成. 北海道立農試集報 91 :1-13.
- 吉田智彦 1994. ビールオオムギ鞘葉分けつの有効化とその品種間差. 日作紀 63(別 2) :47-48.
- 義平大樹・唐澤敏彦・中司啓二・阿部二郎 1997. 北海道における秋播ライコムギの越冬性 第 2 報 播種時期が初冬の耐凍性に及ぼす影響—コムギ, ライコムギとの比較—. 日作紀 66(別 1) :86-87.
- 湯川智行・渡辺好昭 1991. コムギのフルクタン蓄積に関する研究 第 1 報 系譜上からみたフルクタン含有率と越冬性. 日作紀 60 :385-391.

湯川智行 2000. 雪害・凍害・寒害. (2) 回避技術の開発. 農林水産技術会議編. 麦高品質化に向けた技術開発. 農林統計協会. 東京. 291-304.

## 摘 要

### 北海道における秋播きコムギの分けつ性に関する研究

北海道は日本のコムギ主産地であり、日本全体での生産量の6割以上を占める。秋播きコムギが約9割であり、最近育成された「きたほなみ」などの新品種では品質に対する加工業者からの評価が高い。しかし、収量の年次変動が大きく、加工業者が望む安定供給に対応できていない。この理由として、北海道では秋播きコムギの栽培管理技術は、分けつ増加による穂数の確保を前提に組み立てられているが、積雪期間が長いので、秋の出現分けつを収穫まで追跡して調査することは難しい。このため、穂の形成過程が不明であり、生産現場では各品種における分けつ数の大まかな把握や施肥反応などの経験的な知見から栽培管理が行われ、穂数の過不足が生じ、収量の不安定さをもたらす主要因になっている。そこで本研究では、長期の積雪期間に対応できる分けつ追跡調査法を確立し、秋播きコムギの分けつ性を明らかにすることによって、収量の不安定性を改善する栽培管理技術を検討した。得られた結果の概略は以下のとおりである。

#### 1. 分けつ追跡調査法の確立と分けつの出現時期が穂形成および収量に及ぼす影響の解析

北海道での分けつ性を明らかにするために、まず、長期の積雪期間に対応できる分けつ追跡調査法を検討した。分けつの追跡に用いた材料は、量販店で市販される直径1cm程度の着色輪ゴム（ヘアゴム）であり、分けつへの装着性、装着から成熟期までの損傷・損失状況、輪ゴム色の識別性を調査した。その結果、装着作業は容易で分けつの肥

大に伴う損傷や光による劣化はなかった。また、輪ゴムは成熟期でも色の識別が可能であり、分けつの消長を正確に追跡できた。このため、本手法は北海道での分けつ追跡調査法として実用性が高く、分けつ性を踏まえた栽培管理技術確立の基礎調査に活用できると考えられた。

つぎに、確立した分けつ追跡調査法を用いて秋播きコムギの穂の形成過程を調査した。北海道の基幹品種「きたほなみ」では、越冬直前に葉数 2 枚以上を有する分けつ（越冬前頑健茎）は穂になる有効化率が 75～100% と高く、越冬後の出現分けつは有効化率が 0～4% と低かった。さらに、これらの分けつから形成された有効茎の収量構成要素を調査したところ、越冬前頑健茎は千粒重に差はなかったが、一穂粒数および一穂子実重の高い穂を形成した。また、収量に対する構成比率では、越冬前の出現分けつが全収量の 99% を占めた。以上のことから、「きたほなみ」では越冬前の出現分けつで穂数および収量が決定すると推察した。

## 2. 越冬前主茎葉齢の差異が収量に及ぼす影響の解析

越冬前頑健茎数の差異が稈長、穂長および収量構成要素に及ぼす影響を調査した。また、越冬前の主茎葉齢と頑健茎数との関係を調査し、多収を得るために必要な越冬前主茎葉齢を検討した。穂数、一穂子実重および一穂粒数は頑健茎数が多い個体ほど有意に増加し、収量の高い穂および個体を形成した。頑健茎数と主茎葉齢との関係では、栽培条件が分けつの出現に及ぼす影響は小さく、主茎葉齢 5 葉で 3 本、5.5 葉で 4 本、6.0 葉で 5 本の頑健茎が確保された。これらの結果から、主茎葉齢を確保するために必要な播種密度を試算したところ、主茎葉齢 5.5 葉では 167 粒  $m^{-2}$ 、6.0 葉では 132 粒  $m^{-2}$  となったが、6.0 葉を確保するために必要な 132 粒  $m^{-2}$  では播種密度が少なく、播種機

の播種精度を考慮すると安定した播種作業が難しいと推察した。以上のことから、北海道の秋播きコムギで必要とされる越冬前主茎葉齢は5.5葉前後であり、越冬前主茎葉齢の差異によって収量が変動すると推察した。

### 3. 分けつ出現の規則性と品種間差異の解明

北海道の秋播きコムギでは、イネ・ムギの分けつ性における同伸葉同伸分けつ理論の適合性を検討した研究がこれまで報告されておらず、分けつの出現様式が不明であった。そこで、基幹品種「きたほなみ」の分けつ出現様式を3ヵ年調査し、同伸葉同伸分けつ理論の適合性を検討した。また、品種による分けつ出現様式の差異を検討するために、新品種「ゆめちから」と「つるきち」を調査した。「きたほなみ」では、同伸分けつの規則性と比較し、1次分けつではT1に差はなかったがT2、T3はやや早く、T5以降は遅れた。2~4次分けつでは、T13を除いた分けつ節位で出現が早く、2次分けつは0.5~0.7葉、3次・4次分けつは0.7~1.3葉早く出現した。また、分けつ出現後の葉齢はいずれの分けつ節位でも主茎葉齢の増加とほぼ等しく、同伸葉の規則性が認められた。品種間で比較すると、いずれの品種も同伸分けつの規則性より出現は早かったが、「つるきち」は生育初期での分けつ節位の出現が「きたほなみ」と「ゆめちから」より遅れた。以上のことから、北海道の秋播きコムギでは同伸分けつの規則性との不一致が認められ、生育初期での分けつの出現が早いことが明らかとなった。また、品種によって生育初期の分けつ出現に早晩がみられたが、北海道の秋播きコムギでは越冬前の出現分けつで穂数が決定されて収量も変動することから、越冬前の分けつ出現の早晩に着目することで多収品種の効率的選抜が可能になると推察した。

#### 4. 分げつ出現時期が穂形成および収量に及ぼす影響の品種間差異

「きたほなみ」、「ゆめちから」および「北見 91 号」を供試して、越冬前頑健茎数が穂数および収量に及ぼす影響の品種間差異を検討した。越冬前頑健茎が穂になる有効化率は「きたほなみ」が 91% で最も高く、「ゆめちから」が 80%、「北見 91 号」が 76% とやや低かった。また、越冬後に出現する分げつの有効化率はいずれの品種も 0% であった。分げつから形成された有効茎の稈長と穂長を調査したところ、いずれの品種も越冬前頑健茎から形成された有効茎では、それ以外の分げつ区分から形成された有効茎より稈長と穂長が長かった。収量構成要素では、いずれの品種も越冬前頑健茎から形成された穂の一穂子実重、一穂粒数および千粒重が高く、高収量に貢献した。以上のことから、北海道の秋播きコムギでは品種を問わず越冬後の出現分げつは無効化し、越冬前の出現分げつ数によって穂数および収量が決定されると推察した。

以上の結果に基づき、北海道における秋播きコムギの将来展望を考察した。まず、北海道の秋播きコムギは越冬前の出現分げつ数で穂数および収量が決定するため、越冬前の茎数管理に着目した技術開発を進める。本研究では、播種精度の観点から必要とされる越冬前主茎葉齢を 5.5 葉前後としたが、少量播種技術の確立によって主茎葉齢を高く設定できれば多収化を期待できる。また、安定した出芽率を確保できる播種技術や出現が不規則な鞘葉分げつの解明によって茎数管理を高度化できれば、穂数および収量の安定化につながる。つぎに、品種によって生育初期の分げつ出現に早晚がみられたので、分げつ出現が早い系統を選抜して穂数型品種を育成できれば、穂数不足で低収だった地域を多収化できる。生産現場の対応では、越冬前の茎数管理が重



要であることを生産者に示し，実践につなげる．本研究で確立した分げつ追跡調査法は，越冬前の重要性を視覚的に伝えることができ，すでに本手法を活用して多収化を実現した地域がある．以上によって，北海道の秋播きコムギ収量の不安定性は改善され，加工業者からのニーズに対応できると考えた．

## Summary

### Studies on the Tillering of Winter Wheat in Hokkaido.

Hokkaido produces more than 60% of the wheat produced in Japan. Winter wheat accounts for approximately 90% of the wheat in Hokkaido, and the newly developed cultivars are highly evaluated for their high quality. However, the yield varies greatly year by year, and a stable supply to consumers is not possible. In Hokkaido, a technique for cultivating winter wheat has been developed to increase tiller number, but due to the long snow period, studies on the development of tillers that appear in autumn is difficult. Thus, the ear formation process is uncertain and cultivation in the field is managed based on rough estimation of tiller number and empirical knowledge of the effect of fertilizer, which may be a cause of unstable yield. In this study, I established a new method that could be used to examine the growth and development of each tiller even during the long snow period, and established a cultivation management method to improve the stability of yield. The obtained are as follows.

#### I .Development of Tillering Tracking Method and Effect of Tillering Appearance Time on Ear Formation and Yield.

Tillering of winter wheat has been studied mainly in warmer regions, but not widely in Hokkaido, which has a long snow period. This study was conducted to develop a simple tiller development

tracking method, then using this method, the effect of tiller appearance time on formation and grain yield were investigated using "Kitahonami", a main winter wheat variety in Hokkaido. The results showed that the time of tiller appearance is related to the development of ears (effective tiller). The growth and development of each tiller were identified by attaching a rubber band with different colors to each tiller at the time of tiller appearance. In the tillers which had more than two leaves just before snow (robust stems, RS), the ratio of effective tillers was 75-100%, and in the tillers that appeared in spring after the snow melted, the ratio was 0-4%. RS with ears had longer stems and ears than slender stems (SS) with ears. At harvest, although there was no significant difference between RS and SS in 1000-grain weight, grain weight per ear was significantly heavier in RS than in SS. The present results indicated that the increase in tillers appearing before wintering would increase the number of ears per plant and grains per ear, and this would increase the yield of winter wheat in Hokkaido.

## II .Effect of Leaf Age on the Main Stem Before Wintering on Yield.

The relationship between the number of RS per plant and the leaf age shown by the number of leaves on the main stem before wintering was investigated; then the desirable leaf age for increasing the yield was estimated. There was no significant difference between the number of RS and stem length, but the yield components, number of ears per plant, grain weight per ear and

number of grains per panicle, were significantly greater in the plants with a larger number of RS. Although there was no significant correlation between cultivation condition and the number of RS, the plants with a leaf age of 5.0, 5.5 and 6.0 had 3, 4 and 5 RS, respectively. The seeding density of the plants with a leaf age of 5.5 and 6.0 before snow was 167 and 132 grains/m<sup>2</sup>, respectively. It would be difficult to obtain a uniform seeding at a rate of 132 grains/m<sup>2</sup> with a seeding machine. The results indicated that the leaf age before snow affects the yield of winter wheat in Hokkaido, and the desirable leaf age is around 5.5.

### III. Pattern of Tiller Appearance and its Varietal Difference.

Rice and wheat show synchronous emergence of leaf and tiller, but the pattern of appearance in winter wheat in Hokkaido has not been studied in detail. In this study, the pattern of tiller appearance and whether it is synchronous or not was investigated for three years in "Kitahonami", a main winter wheat in Hokkaido. The varietal difference in the pattern of tiller appearance was also investigated. In "Kitahonami", concerning the primary-order tillers T1 appeared as expected from the synchronous theory, but T2 and T3 appeared slightly earlier, and T5 and higher tillers later. Concerning the second to fourth-order tillers, all tillers appeared earlier than expected, except for T13. Increase in leaf age after appearance of tiller was approximately the same at all tillering nodes on the main stem, showing the regularity of synchronous leaf emergence. The tiller appearance was earlier than expected in all

varieties examined, but it was later in “Tsurukichi” than in “Kitahonami” and “Yumechikara”. Thus, in winter wheat in Hokkaido tillers, appeared earlier than expected from synchronous emerging pattern, and it was earlier from the initial growth stage, I also found that earliness of tillering in the initial growth stage varied with the variety. Because increased tillering before wintering would increase the number of ears per plant and yield of winter wheat in Hokkaido, earliness of tiller appearance before winter could be useful for effective selection of high-yield varieties.

#### IV. Varietal Difference in the Effect of Tillering Time on Ear Formation and Yield.

The number of tillers appearing before snow determine the ratio of effective tillers and yield of winter wheat in Hokkaido. In this study, I investigated the varietal difference in the effect of tillering time on ear formation and yield using “Kitahonami”, “Yumechikara” and “Kitami91”, winter wheat in Hokkaido. In the tillers with more than two leaves just before snow, that is RS before wintering, the ratio of effective tillers was 91% in Kitahonami, 81% in Yumechikara, and 76% in Kitami91. In the tillers that appeared in spring after the snow melted, ears were not formed in these three varieties. In the three varieties, effective tillers with RS had longer stems and longer ears than those with SS. At harvest, grain weight per ear, grain number per panicle and 1000-grains weight on RS were significantly greater than on SS. I

concluded that the tillers that appeared in spring do not form ears, and only the tillers that appeared before winter would determine the number of ears per plant and grains per ear, and thus the yield of winter wheat in Hokkaido.

As mentioned above, the number of tillers before wintering is related with the number of ears per plant, and the yield of winter wheat in Hokkaido is determined by the number of tillers that appeared before wintering. The number of tillers is increased by increasing leaf age of the main stem, and it is increased by reducing seeding density. However, it is difficult to obtain uniform seeding at a low density by using a seeding machine. Thus, the desirable leaf age before wintering was considered to be around 5.5 in this study. Development of seeding technology to stabilize germination rate may also help to increase the ear number and yield. The time of tillering varies with the variety, and the selection of early tillering varieties may also help increase the yield. Since the yield of winter wheat in some areas in Hokkaido has already been increased by using the present approach, the farmers growing winter wheat in the snow area of Hokkaido should be informed of the importance of tillering before winter, and the benefit of using the present method.