

## 新潟県砂丘地のパン用コムギ品種「ゆきちから」における 子実灰分の変動要因の解析

渋川洋・島崎由美・細野達夫・関正裕

(農研機構中日本農業研究センター)

**要旨：**新潟市砂丘地ではパン用コムギ品種「ゆきちから」の子実灰分が高くなりやすいことが問題になっている。そこで、同地において「ゆきちから」が作付された生産者の圃場を4作期にわたり調査し、生産現場における子実灰分の実態と子実灰分が高くなる条件について検討した。一般に子実灰分との関連が認められることの多い土壤中の可給態リン酸含量は、新潟市砂丘地では子実灰分に寄与しなかった。2018年産では、子実タンパク質含有率と子実灰分の間に相関は認めなかったが、他の3作期では、両者の間に高い正の相関を認めた。これは、2018年産では開花期窒素追肥による千粒重の増加は子実灰分量の増加と相対的に同等で、残りの3作期では子実灰分量に比して相対的に小さかったことに起因した。登熟期における水ポテンシャルは、2018年産では $-100$  kPaまで低下したのに対し、残りの3作期では $-1000$  kPaまで低下し、土壤水分は著しく欠乏していた。このことから、登熟期の土壤水分の欠乏は、開花期窒素追肥による千粒重増加を抑制し、子実灰分の増加に寄与することが示唆された。

**キーワード：**可給態リン酸、子実灰分、子実タンパク質含有率、子実リン含有率、土壤水分、パン用コムギ。

新潟県では、地場産パン用コムギに対するニーズの高まりから、パン用コムギの需要が増加しつつある。また、新潟県新潟市の砂丘地では、飛砂防止の面からタバコ廃作地の有効利用が求められている。このため、2012年から新潟市の砂丘地においてパン用コムギ品種「ゆきちから」の作付が始まった。2018年産における新潟県のコムギ作付面積は67 haで(農林水産省 2019)、新潟市砂丘地はその主産地となっている。新潟市砂丘地は砂丘未熟土から成っており、土性が砂土または壤質砂土で排水性は良好という特徴を持つ(農耕地土壤分類委員会 1995)。このため、保水力や保肥力は非常に低いものの、高い排水性によって農作業は天候に左右されにくいという特徴を持つ。当地では越冬後や止葉展開期の窒素追肥の励行により収量は向上してきた。子実タンパク質含有率も小麦品質ランク区分基準値(以下、基準値と略記)である11.5から14.0%を満たすようになってきたが、基準値に満たない圃場も存在しており、子実タンパク質含有率の底上げが課題になっている。

一方で、子実タンパク質含有率と並ぶ重要な品質項目である子実灰分は、小麦品質ランク区分許容値(以下、許容値と略記)である1.80%を越す事例がみられ、解決が急がれている。新潟市砂丘地において「ゆきちから」の子実灰分は開花期窒素追肥により増加し(渋川ら 2018a, 2018b, 2019, 2020)、子実灰分の増加は子実リン含有率の増加によることが明らかになっている(渋川ら 2018b, 2019, 2020)。そして、開花期窒素追肥による子実リン含有率の増加には土壤の可給態リン酸が寄与する可能性が示唆されている(渋川ら 2018b, 2019, 2020)。しかし、これらの知見は開花期窒素無追肥区と開花期窒素追肥区との比

較から得られたものである。このため、当地において、開花期窒素追肥を励行する一般生産者の「ゆきちから」栽培圃場における子実灰分と子実リン含有率との関係、および子実灰分と可給態リン酸含量との関係についてはよくわかっていない。したがって、新潟県産「ゆきちから」の品質向上には、生産者の圃場レベルでの子実灰分の実態を明らかにした上で、子実灰分低減対策を検討する必要がある。

そこで、本研究では新潟市砂丘地の「ゆきちから」における子実灰分の実態を把握し、生産現場レベルにおいて子実灰分が高くなる条件を明らかにすることを目的に、生産者の「ゆきちから」栽培圃場の子実灰分を複数年調査し、土壤の可給態リン酸含量や土壤水分との関係を中心に検討した。

### 材料と方法

新潟県新潟市の砂丘地(土壤群:砂丘未熟土)において「ゆきちから」が作付けされた11圃場(以下、調査圃場と略記)を調査対象とし、2015年10月から2019年6月までの4作期(以下、各作の収穫年により2016年産から2019年産と表記)を調査期間とした。調査圃場の中には休閑や他作物を作付けした年次を含む圃場があったため、調査期間中の1圃場あたりの作付回数は2から4回であった。調査圃場の面積、耕種概要および栽植様式は生産者からの聴き取りにより把握した。調査圃場の面積は7から147 aで、耕種概要は第1表の通りであった。開花期窒素追肥量は2.8から7.9 g m<sup>-2</sup>だが、基肥に緩効性肥料を多く施肥し、開花期窒素追肥を減肥する施肥法が採られた2019年産の1圃場で2.8 g m<sup>-2</sup>であったほかは、5.8 g m<sup>-2</sup>以上であった。

第1表 調査圃場の耕種概要 (2016年産から2019年産の4作期分)。

		播種	基肥				追肥					
			N		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	越冬前 N	越冬後 N	茎立期 N	止葉展開期 N	開花期 N	
			速効性	緩効性								
播種量または施肥量 (g m <sup>-2</sup> )	最大	10.6	6.1	21.0	5.6	5.6	3.0	7.7	3.5	2.7	7.9	
	最小	5.3	2.5	13.8	0	0	0	2.9	0	1.8	2.8	
播種日または施肥日 (月日)	最早	10月5日	播	種	と	同	時	11月4日	2月26日	3月19日	4月12日	4月26日
	最遅	10月13日						11月15日	3月17日	4月7日	4月18日	5月9日

データ数は2016年産および2017年産が8, 2018年産が10, 2019年産が9である。

播種は機械によるドリル播きで、栽植様式は条間25から30 cmの畝なし、または条間32 cmの1畝5条植えであった。調査圃場数は2016および2017年産が8, 2018年産が10, 2019年産が9であった。また、調査圃場のうち1調査圃場において、コムギの主根域の中心および下端付近と思われる深さの-8 cmと-20 cmに水ポテンシャルセンサ(Meter社製 MPS-6)をそれぞれ2点ずつ埋設した。これらセンサは、データロガー(Meter社製 Em50)に接続し、1時間おきに計測・記録した。また、2016年産以外の3作期の栽培期間中における降水量および気温・相対湿度(地上1.5 m)を、それぞれ、転倒ます型雨量計(大田計器製作所製 No.34-T)および自作の通風筒に入れた温湿度センサ(Campbell社製 CS215)をデータロガー(Campbell社製 CR800)に接続して計測し、10分おきに瞬時値(温湿度)あるいは積算値(降水量)を記録した。ただし、通風筒の通風ファンは、太陽電池パネル(Campbell社製 SP12)により充電するバッテリーの蓄電量の問題から、毎時の53分から60分(0分)の7分間のみ稼働させたため、気温・湿度は、通風されたデータとなる毎正時のデータのみを用いた。

2016年産の栽培期間中の気象状況を把握するため、また、平年の気象状況と比較するために、農研機構のメッシュ農業気象データ(大野ら 2016)から、上記の観測を行った調査圃場(北緯37.959度, 東経139.174度)を含む1 kmメッシュの気温および降水量データを抽出して用いた。

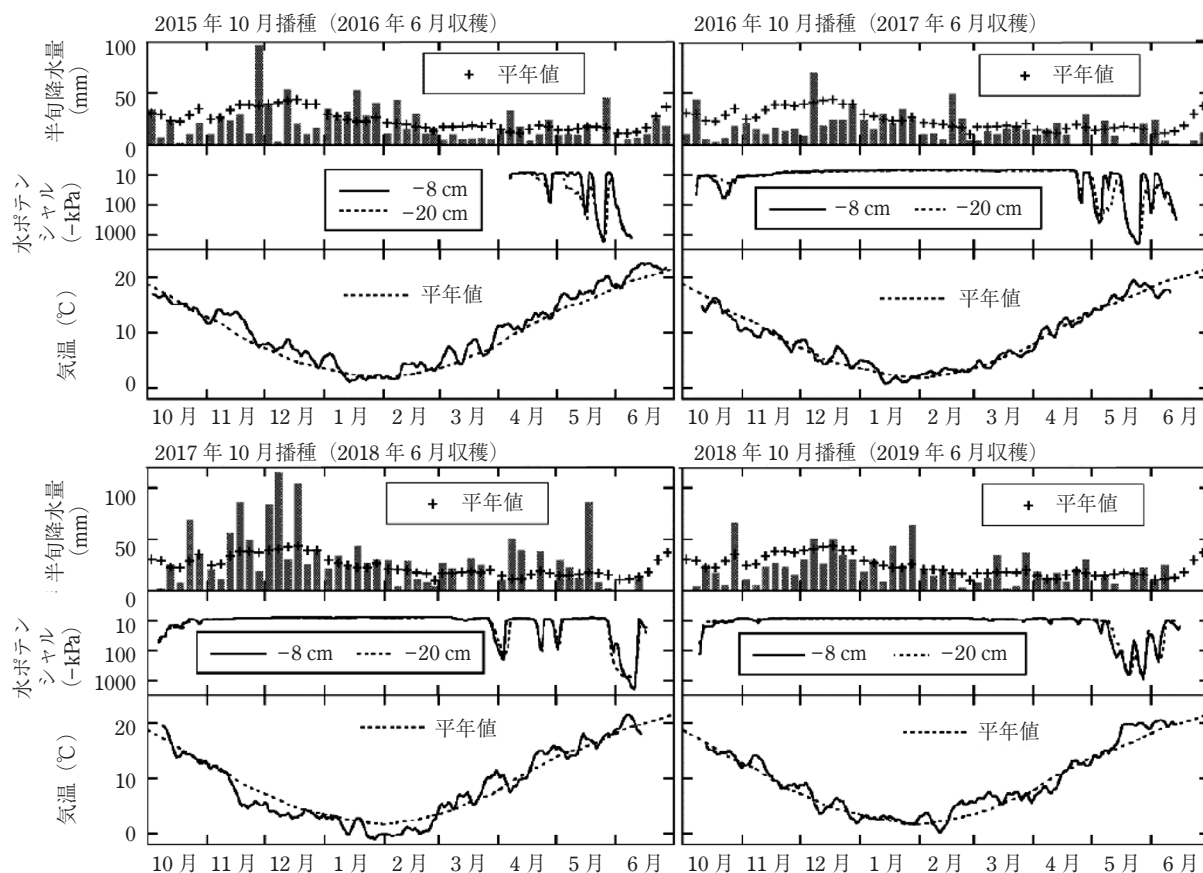
調査圃場の収穫は、6月中旬から下旬にかけて、生産者が水分および収量データ計測装置を内蔵したコンバイン(クボタ ER575)を使って行った。収穫後、生産者からコンバインに記録された穀粒重量と穀粒水分のデータを聴き取り、調査圃場の粗収量を算出した。本研究ではこの粗収量を収量とした。また、コンバインで収穫したコムギの一部を抜き取り、篩目2.2 mm(2016年産, 2017年産)または2.4 mm(2018年産, 2019年産)で篩別し子実試料とした。2018年産以降の篩目を2.4 mmに変更したのは、調査の過程で生産者が篩目2.4 mmで篩別していたことが判明したためであった。子実試料は千粒重、子実タンパク質含有率、子実灰分および子実リン含有率の分析に供した。子実タンパク質含有率は子実試料を近赤外分析計(フォス・

ジャパン インフラテック 1241)で測定した。子実試料の一部は微粉碎し、子実灰分および子実リン含有率の分析に供した。子実灰分は強熱灰化法(農林水産省農業環境技術研究所 1992)により測定した。子実リン含有率はマイクロウェーブ酸分解法による硝酸分解後(三愛科学 P25)、アスコルビン酸還元法により発色させ、吸光度法(日立製作所 U5100)により定量した。2017から2019年産では、作付前に土壌を採取し、依頼分析(新潟市農業活性化センター)により、土壌中の可給態リン酸含量をTruog法で定量した。

## 結 果

第1図にコムギ栽培期間中の降水量、土壌の水ポテンシャル、および気温の推移を示した。なお、2016年産の栽培期間中の気温および降水量は、メッシュ農業気象データの値(以下、メッシュデータ)である。日平均気温および半旬降水量(メッシュデータで5 mm以上の場合)について、2017年産以降の圃場での実測値とメッシュデータの差(実測値-メッシュデータ)は、計測期間中の平均±標準偏差で $-0.3 \pm 0.4^{\circ}\text{C}$ および $0.0 \pm 11.2 \text{ mm}$ であり、メッシュデータにより調査圃場の気温および降水の状況を概ね把握できると判断した。2016年産では栽培期間を通じて気温は平年値と比べて高く推移し、降水量は平年値よりやや少なかった。2017年産では気温は平年値前後で推移し、降水量は平年に比べてやや少なかった。2018年産では、2月までの気温は平年値に比べて低く、3月以降は平年値に比べて高く推移し、降水量は収穫期の6月に少なかった以外は、概ね平年よりも多かった。2019年産では、気温は平年値よりも高く推移し、降水量は平年値に近かった。土壌の水ポテンシャルは、いずれの年次も、10月から3月下旬までは、ほぼ $-10 \text{ kPa}$ (約 pF 2.0)以上で推移した。4月以降、無降水が続くと土壌の水ポテンシャルは $-100 \text{ kPa}$ (約 pF 3.0)以下に低下した。特に、2016年産の5月下旬、2017年産の5月下旬、2018年産の6月上旬、および2019年産の5月中下旬の土壌の水ポテンシャルは $-1000 \text{ kPa}$ (約 pF 4.0)まで低下した。

第2図に可給態リン酸含量と子実リン含有率との関係を示した。3データを除いて、可給態リン酸含量は160から



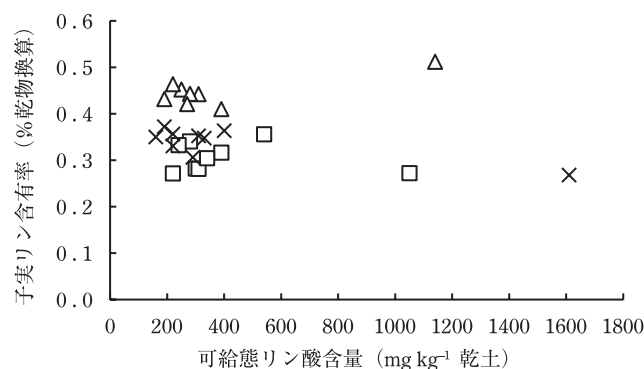
第1図 コムギ栽培期間中の半旬降水量，土壌の水ポテンシャルおよび気温の推移（左上：2016年産，右上：2017年産，左下：2018年産，右下：2019年産）。

土壌の水ポテンシャルは日平均値，気温は7日間移動平均値を表示。降水量と気温の平年値および2016年産栽培期間中の値は，メッシュ農業気象データによる。

540 mg kg<sup>-1</sup>の範囲に分布し，いずれの年次も可給態リン酸含量と子実リン含有率との間に一定の増加傾向や減少傾向はみられなかった。可給態リン酸含量が1000 mg kg<sup>-1</sup>を超えた3データは同一の調査圃場であったが，他の調査圃場よりも子実リン含有率が高かったのは2017年産のみで，その他の年次は他の調査圃場と同等であった。2017年産の子実リン含有率は2018および2019年産に比べて高かった。

第3図に子実リン含有率と子実灰分との関係を示した。子実灰分は，1データではほぼ許容値上限1.80%，2データではほぼ基準値上限1.75%であった。2016年産および2017年産では子実リン含有率と子実灰分との間に有意な相関関係を認めた。一方，2018年産および2019年産では両者の間に有意な相関関係は認めなかった。2018年産の相関係数(r)は0.087で子実リン含有率と子実灰分との間に一定の傾向を認めなかったが，2019年産の相関係数(r)は0.610で有意性は認めなかったものの，子実リン含有率の増加に伴い子実灰分は増加する傾向であった。

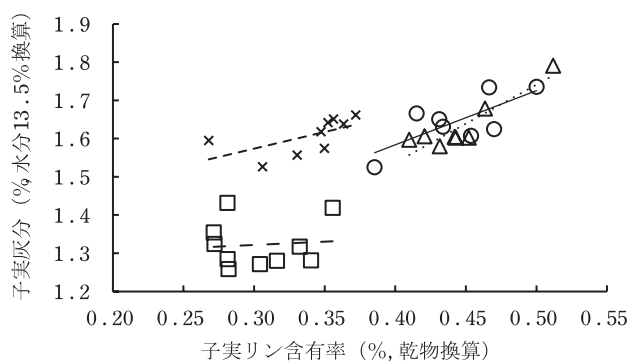
第4図に子実タンパク質含有率と子実灰分との関係を示した。2018年産を除く3作期では，子実タンパク質含有率の増加に伴い子実灰分は増加し，子実タンパク質含有率は8.7から14.3%の範囲に分布した。この3作期の子実タ



第2図 可給態リン酸含量と子実リン含有率との関係。  
△ 2017年産，□ 2018年産，× 2019年産

ンパク質含有率と子実灰分の相関係数(r)は0.809から0.964で，1%水準で有意であった。一方，2018年産では子実タンパク質含有率と子実灰分との間に有意な関係は認められなかった。1データを除いて，開花期窒素追肥量は5.8から7.9 g m<sup>-2</sup>であったが（第1表），追肥量の変動に比べて子実タンパク質含有率の変動は大きかった。子実タンパク質含有率が基準値上限14.0%以上であったのは2データで全体の6%を占め，基準値下限11.5%に満たなかった

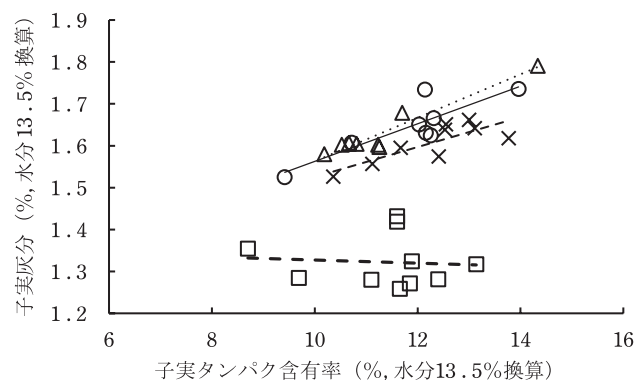




第3図 子実リン含有率と子実灰分との関係。

○ 2016 年産:  $y=1.42x+1.02$  ( $r=0.738^*$ )△ 2017 年産:  $y=2.04x+0.73$  ( $r=0.908^{**}$ )□ 2018 年産:  $y=0.17x+1.27$  ( $r=0.087$ )× 2019 年産:  $y=0.87x+1.31$  ( $r=0.610$ )

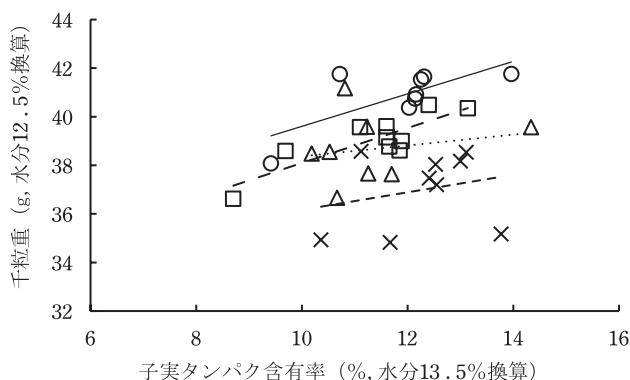
\*, \*\* は5%および1%水準で有意性あり。



第4図 子実タンパク質含有率と子実灰分との関係。

○ 2016 年産:  $y=0.045x+1.11$  ( $r=0.865^{**}$ )△ 2017 年産:  $y=0.052x+1.04$  ( $r=0.964^{**}$ )□ 2018 年産:  $y=-0.004x+1.37$  ( $r=0.079$ )× 2019 年産:  $y=0.036x+1.17$  ( $r=0.809^{**}$ )

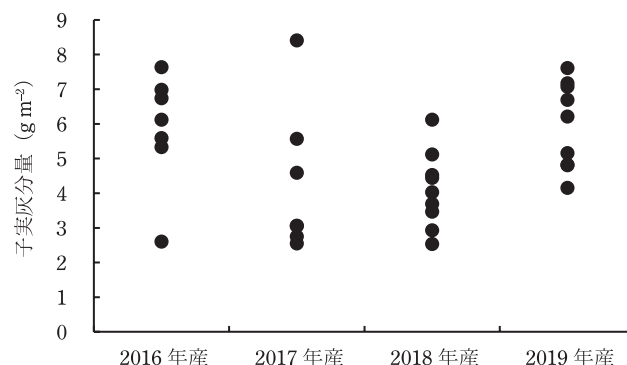
\*\* は1%水準で有意性あり。



第5図 子実タンパク質含有率と千粒重との関係。

○ 2016 年産:  $y=0.67x+32.9$  ( $r=0.716^*$ )△ 2017 年産:  $y=0.22x+36.1$  ( $r=0.205$ )□ 2018 年産:  $y=0.72x+30.9$  ( $r=0.849^{**}$ )× 2019 年産:  $y=0.36x+32.6$  ( $r=0.242$ )

\*, \*\* は5%および1%水準で有意性あり。



第6図 各年次における圃場毎の子実灰分量の分布。

データ数は2016年産および2017年産が8、2018年産が10、2019年産が9である。

のは13データで全体の37%を占めた。これは、特定の調査圃場の子実タンパク質含有率が4作期連続で基準値外であったわけではなく、同一調査圃場の子実タンパク質含有率は年次によって変動していた(データ省略)。

第5図に子実タンパク質含有率と千粒重との関係を示した。2016年産は5%水準、2018年産は1%水準で有意な正の相関を認め、2017および2019年産では相関を認めなかった。

第6図に各年次における圃場毎の面積当たりの子実灰分量(以下、子実灰分量と略記)の分布を示した。2018年産の最大子実灰分量は他の3作期に比べて少なかったが、2018年産の子実灰分量の分布は2.53から6.12 g m<sup>-2</sup>で、他の3作期の分布と重なる範囲は広がった。

第2表に収量、千粒重、および両者と子実タンパク質含有率、子実灰分との相関係数を示した。収量の平均値は

258 から 367 g m<sup>-2</sup> で中央値と大きな差はなく、最大値と最小値の差は229 から 361 g m<sup>-2</sup> で、データ間の差は大きかった。千粒重の平均値は37.0 から 40.9 で中央値とほとんど変わらず、最大値と最小値の差は3.7 から 4.5 g であった。2016年産を除いて、収量と子実灰分との間に有意な相関関係は認めず、千粒重と子実灰分との間に有意な相関関係はみられなかった。また、2018年産の収量と子実タンパク質含有率との間に有意な正の相関を認め、2016および2018年産の千粒重と子実タンパク質含有率との間に有意な正の相関関係を認めた。収量の変動係数は千粒重に比べて大きかった。

## 考 察

子実リン含有率は土壤中の可給態リン酸含量に影響されず(第2図)、4作期中3作期において子実リン含有率と子実灰分は概ね対応していた(第3図)。本研究の可給態リン酸含量は、極端に高かった1調査圃場(3データ)を

第2表 収量、千粒重および両者と子実タンパク質含有率、子実灰分との相関係数.

	収量				千粒重			
	g m <sup>-2</sup> (水分 12.5%換算)				g (水分 12.5%換算)			
年次	2016 年産	2017 年産	2018 年産	2019 年産	2016 産	2017 産	2018 産	2019 産
最大値	435	518	472	483	41.8	41.2	40.5	38.6
最小値	169	157	185	254	38.1	36.7	36.6	34.8
平均値	338	258	302	367	40.9	38.7	39.0	37.0
中央値	349	224	292	390	41.2	38.5	39.0	37.5
変動係数 (%)	29	46	26	21	3.0	3.7	2.9	4.3
子実タンパク質含有率との相関係数	0.690	-0.116	0.665*	0.102	0.716*	0.205	0.849**	0.242
子実灰分との相関係数	0.736*	0.088	0.056	0.077	0.624	0.142	0.072	0.402

データ数は 2016 年産および 2017 年産が 8, 2018 年産が 10, 2019 年産が 9 である.

\*, \*\* は 5% および 1% 水準で有意性あり.

除けば、160 から 540 mg kg<sup>-1</sup> の範囲に分布しており (第 2 図), ほとんどのデータが新潟県の可給態リン酸含量の改良目標値 (以下, 目標値) である 200 から 600 mg kg<sup>-1</sup> の範囲内であった (新潟県農林水産部 2007). 新潟市砂丘地では, 調査圃場以外のコムギ圃場の可給態リン酸含量も概ね目標値内であり, リン酸肥沃度が低い圃場は存在しなかった (データ省略). 既往の研究では, 可給態リン酸含量とコムギの子実灰分との間には対数回帰で相関があり (北海道立総合研究機構 農業研究本部 2008), 可給態リン酸含量が多いとコムギの子実リン含有率および子実灰分は増加することが知られている (北海道立総合研究機構 農業研究本部 2008, 2011). このことから, 本研究を行った新潟市砂丘地においても, リン酸肥沃度が低い条件では, 可給態リン酸含量の増加に伴い子実リン含有率が増加する可能性があり, リン酸肥沃度が高い条件では, 可給態リン酸含量が増加するにつれて子実リン含有率の増加は徐々に横ばいになる可能性があると考ええる. 本研究では, 可給態リン酸含量が目標値未満のデータがなかったため (第 2 図), リン酸肥沃度が低い条件下での可給態リン酸含量と子実リン含有率との関係については明らかにできなかった. 一方, リン酸肥沃度が高い条件については, 可給態リン酸含量が 600 から 1000 mg kg<sup>-1</sup> のデータは存在しなかったものの (第 2 図), 可給態リン酸含量目標値と同含量 1000 mg kg<sup>-1</sup> 以上のデータの子実リン含有率の差は小さかった (第 2 図). このことから, リン酸肥沃度が高い条件では, 可給態リン酸含量の増加は子実リン含有率の増加にほとんど寄与しない可能性が示唆された. 今後, 本研究で検討できなかった可給態リン酸レベルについて, 可給態リン酸含量と子実リン含有率との関係を検証する必要がある.

2018 年産では子実リン含有率と子実灰分との間に正の相関関係は認めなかった (第 3 図). これは, 他の年次に比べて子実リンが低い圃場の子実灰分が大きく変動し, 子実中の灰分に占めるリンの割合の圃場間差が大きかったためと推定するが, その理由を明らかにすることはできなかった.

一方, 子実中の窒素のほとんどはタンパク質に由来することから (長尾 1998), 子実タンパク質含有率は子実窒素含有率と密接な関係があるといえる. したがって, 子実タンパク質含有率は開花期窒素追肥の実質的な肥効の指標になり得ると考える. そこで, 子実タンパク質含有率を子実に蓄積した窒素の指標として, 開花期窒素追肥が子実灰分や他の調査項目に及ぼす影響を検討した.

2018 年産を除いた 3 作期では, 子実タンパク質含有率と子実灰分との間に正の相関を認めた (第 4 図). その相関係数 (r) は 0.809 から 0.964 であり, 両者の間に密接な関係があることがわかった. また, 子実タンパク質含有率の範囲は, 2016 年産が 9.4 から 14.4%, 2017 年産が 10.2 から 14.3%, 2018 年産が 8.7 から 13.2%, および 2019 年産が 10.4 から 13.8% で, 最小含有率と最大含有率の差は 3.4 から 5.0 ポイントであった (第 4 図). コムギの子実タンパク質含有率は開花期窒素追肥 1 g m<sup>-2</sup> あたり 0.5 ポイント高くなるといわれている (高山ら 2004). 本研究では, 開花期窒素追肥量の幅は狭かったにもかかわらず, 子実タンパク質含有率に大きな差が生じた (第 4 図). 調査圃場は砂丘未熟土から成っており, 深さ 1 m まで砂土が分布していたことから (データ省略), 調査圃場間の保肥力は同等と推定され, 開花期窒素追肥の溶脱量に大きな差が生じたとは考えにくい. また, 本研究のデータは複数の圃場から成っており, 雑草繁茂の程度や開花期におけるコムギの生育量は一様ではないことが観察された. これらのことから, 雑草の繁茂や栽培開始時の圃場窒素含有量の差異が子実タンパク質含有率に影響した可能性が考えられるが, 詳細は明らかにできなかった.

年次によって, 子実タンパク質含有率と千粒重との関係に違いが生じた理由として, 登熟期の土壤水分の影響が考えられた. 登熟期にあたる 5 月の水ポテンシャルは降水量を反映しており (第 1 図), 2018 年産では深さ 8 cm および 20 cm とも -10 から -100 kPa で推移したのに対して, 他の 3 作期は 5 月中旬以降の土壤の乾燥が著しく, -100 から -1000 kPa まで低下した (第 1 図). 3 作期の中でも, 2017

および2019年産では水ポテンシャルが低い期間が長く、2016年産に比べてより強い水ストレスがコムギにかかっていたと考える(第1図)。登熟期の土壌水分と光合成との関係について、徐ら(1987)は、稔実期の光合成速度および蒸散速度は土壌水分欠乏処理により低下するとしている。このことから、2018年産では、登熟期の降水量は必要十分で、深さ20 cmまでの水ポテンシャルの低下は抑えられ、土壌水分は光合成に好適な状態に保たれていたと考える。

以上のことから、2018年産では開花期窒素追肥の実質的肥効の指標である子実タンパク質含有率が高くなるにつれて、コムギ穀粒のデンプン歩留まりは上昇し、千粒重が増加したと考える(第5図)。また、子実タンパク質含有率と子実灰分との間に相関関係を認めなかったのは(第4図)、開花期窒素追肥による千粒重の増加と子実中の灰分量がほぼ同じ割合で増加したためと考える。

これに対して、他の3作期では、登熟期に目立った水ストレスの症状は観察されなかったものの、深さ20 cmまでの水分はほとんど枯渇しており(第1図)、2018年産に比べて光合成が抑制された可能性が高いと考える。この3作期のうち、2016年産では子実タンパク質含有率と千粒重との間に正の相関があり(第5図)、開花期窒素追肥により千粒重は増加する傾向がみられた。しかし、2018年産に比べて相関は弱かった(第5図)。これは、2016年産における登熟期の土壌水分は、2017および2019年産に比べて-100 kPa以下の期間が短く(第1図)、光合成の抑制が相対的に小さかったためと推察する。また、3作期とも子実タンパク質含有率と子実灰分との間に正の相関を認めた(第4図)。このことから、登熟期の土壌水分不足が著しい条件では、開花期窒素追肥の肥効が高くなるにつれて子実の窒素蓄積量および灰分量は多くなるが、灰分量の増加に比して千粒重の増加は相対的に少なかったと考える。本研究では自然条件の水ポテンシャルのみを対象に検討しているため、登熟期の水ポテンシャルが開花期窒素追肥の肥効と千粒重との関係に及ぼす影響については更なる検討が必要である。2018年産の子実灰分量の分布は他の3作期と重なる範囲が広がったことから(第6図)、子実灰分量の年次間差が子実タンパク質含有率と子実灰分との関係(第4図)に影響した可能性は低く、開花期窒素追肥に伴う子実中の灰分量増分と千粒重増分の相対的な関係が子実灰分に影響した可能性が高いと考える。

千粒重と子実灰分との間には負の相関があることが知られているが(北海道立総合研究機構 農業研究本部 2011)、本研究では千粒重と子実灰分との間には有意な相関関係は認められなかった(第2表)。これは砂丘未熟土における登熟期の水ポテンシャル低下の差異が千粒重に影響したためと考える(第1図)。また、収量と子実灰分との間には負の相関があるという報告があるが(井上ら 2005)、本研究では負の相関はみられなかった(第2表)。これは収量

および開花期窒素追肥の肥効のデータ間差が大きかったためと推察する(第4図、第2表)。

この他に、播種時期は子実灰分に影響し、早播や晩播により子実灰分が高まることが知られているが(渡邊ら 2004, 宮崎ら 2008)、本研究では、同一年次の播種期間は4から5日間で播種期間の幅は狭かった(データ省略)。従って、子実灰分は播種時期の影響を受けなかったと考える。

第4図の回帰直線から、子実灰分が基準値1.75%および許容値1.80%になるときの子実タンパク質含有率は、2016年産では14.2および15.3%、2017年産では13.6%および14.6%、2019年産では16.3%および17.7%と推定された。このことから、年次によっては、子実タンパク質含有率が許容値内であっても子実灰分が許容値を超える可能性が示された。

本研究の結果から、新潟市砂丘地では土壌中の可給態リン酸含量は子実灰分に寄与しないことが示唆された。また、保水力が小さく、登熟期の降水量が少ないと土壌水分が欠乏しやすい新潟市砂丘地では、開花期窒素追肥は千粒重の増加に寄与しない年次があることが明らかになった。このような年次では、子実タンパク質含有率と子実灰分との間に高い正の相関を認めた。さらに、子実タンパク質含有率と子実灰分との回帰直線から、年次によっては子実タンパク質含有率が許容値内であっても子実灰分は許容値を超えることが示唆された。パン用コムギにとって子実タンパク質含有率の向上は不可欠だが、新潟市砂丘地は登熟期の土壌水分不足により子実灰分が増加しやすい(第1図、第3図、第4図)。このため、「ゆきちから」の品質向上には、開花期のコムギの生育量に応じた開花期窒素追肥量を施肥し、子実タンパク質含有率と子実灰分とのバランスを取ることが重要と考える。

**謝辞:** 本研究の遂行にあたり、(株) マルエイファームおよび新潟クボタ(株)には調査圃場のコムギ試料や収量データの提供等に関して多大なご協力をいただいた。また、中央農研北陸研究拠点輪作体系グループおよび作物栽培グループには調査および分析にご協力いただいた。ここに記して感謝の意を表する。

## 引用文献

- 北海道立総合研究機構 農業研究本部 2008. 小麦の子実灰分の実態とその変動要因. <https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/h20gaiyo/f3/2008302.pdf> (2020年2月12日閲覧)。
- 北海道立総合研究機構 農業研究本部 2011. 小麦の子実灰分の実態とその変動要因(補遺). [http://www.hro.or.jp/list/agricultural\\_pdf/result\\_dpdp2011/2011228.pdf](http://www.hro.or.jp/list/agricultural_pdf/result_dpdp2011/2011228.pdf) (2020年2月12日閲覧)。
- 井上君夫・中國江・脇山恭行 2005. コムギ4品種の登熟性に関する気象反応. 農業気象 61: 49-59.
- 徐会連・山岸徹・玖村敦彦 1987. 水欠乏がコムギの光合成に及ぼす影響. 日作紀 56: 455-460.
- 宮崎真行・佐藤大和・内川修・田中浩平・荒木雅登 2008. コムギに



- おける播種期の違いが子実成分, 製粉特性, およびめんの官能評価に及ぼす影響. 福岡県農総試研報 27: 33-38.
- 長尾精一 1998. 世界の小麦の生産と品質 上巻, 輸入食糧協議会, 東京. 224.
- 新潟県農林水産部 2007. 新潟県における土づくりのすすめ方. 21-23. <https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/80272.pdf> (2020 年 2 月 12 日閲覧).
- 農耕地土壌分類委員会 1995. 農耕地土壌分類 第 3 次改訂版. 農業環境技術研究所, つくば. 18-28.
- 農林水産省 2019. 平成 30 年産作物統計 (普通作物・飼料作物・工芸農作物) [http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou\\_kome/#r](http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kome/#r) (2020 年 2 月 12 日閲覧).
- 農林水産省農業環境技術研究所 1992. 肥料分析法. 日本肥糧検定協会, 東京. 8.
- 大野宏之・佐々木華織・大原源二・中園江 2016. 実況値と数値予報, 平年値を組み合わせたメッシュ気温・降水量データの作成. 生物と気象 16: 71-79.
- 洪川洋・島崎由美・関正裕 2018a. 開花期追肥がパン用小麦「ゆきちから」の子実タンパク質含有率および子実灰分に及ぼす影響. 北陸作報 53: 16-19.
- 洪川洋・島崎由美・関正裕 2018b. パン用小麦ゆきちからの子実灰分に及ぼすリンの影響. 北陸作報 54(別号): 13.
- 洪川洋・島崎由美・関正裕 2019. 開花期追肥がパン用小麦品種「ゆきちから」の子実灰分に及ぼす影響の土壌群間差異. 日本作物学会第 247 回講演要旨集: 100.
- 洪川洋・島崎由美・関正裕 2020. 新潟県において開花期窒素追肥がパン用小麦品種「ゆきちから」のリン吸収および子実灰分に及ぼす影響. 日作紀 89: 307-316.
- 高山敏之・長嶺敬・石川直幸・田谷省三 2004. コムギにおける出穂 10 日後追肥の効果. 日作紀 73: 157-162.
- 渡邊好昭・金子成延・中村信吾・蝶野真喜子・安倍史高 2004. 小麦灰分, 容積重に及ぼす播種期と窒素追肥の影響. 日作関東支報 19: 34-35.

**Analysis of Variation Factors on Grain Ash Content of Wheat Variety ‘Yukichikara’ for Bread in the Sand Dune in Niigata Prefecture** : Hiroshi SHIBUKAWA, Yumi SHIMAZAKI, Tatsuo HOSONO and Masahiro SEKI (*Central Region Agricultural Research Center, NARO, 1-2-1 Inada, Joetsu, Niigata, 943-0193, Japan*)

**Abstract** : The grain ash content is problematically high in the wheat variety ‘Yukichikara’ for bread cultivated in the sand dune in Niigata city. We examined the farmer’s fields of ‘Yukichikara’ for four cropping seasons in the sand dune to clarify the actual state of grain ash content and the conditions leading to the increase in grain ash content. The grain ash content was not affected by the available phosphoric acid in the sand dune soil. The grain protein content was correlated to the grain ash content in the 2016, 2017 and 2019 cropping seasons, but not in the 2018 cropping season. The thousand grain weight was increased by nitrogen topdressing at flowering in the 2018 cropping season, and the increase of grain ash was relatively smaller than the increase of grain ash in the other three cropping seasons. The soil matric potential in the ripening period decreased to about -100 kPa in the 2018 cropping season, but it was about -1000 kPa in the other three cropping seasons. Soil water deficiency occurred during the ripening period except in the 2018 cropping season. These results suggested that soil water deficiency during the ripening period suppressed the increase in thousand grain weight in response to nitrogen topdressing at flowering, and resulted in an increase in the grain ash content.

**Key words** : Available phosphoric acid, Grain ash content, Grain phosphorous content, Grain protein content, Soil water, Wheat for bread.