

良質・良食味米安定生産・出荷のための栽培技術

—産米の蛋白質含有率低下、売れる米づくりを目指して—

I

令和3年の水稲(うるち米)の生育経過と本年の取組について

全道総括編

1 気象と水稲の生育経過

2 作柄の概況

3 令和3年、生育の特徴

4 収量確保の要因と品質・食味の特徴

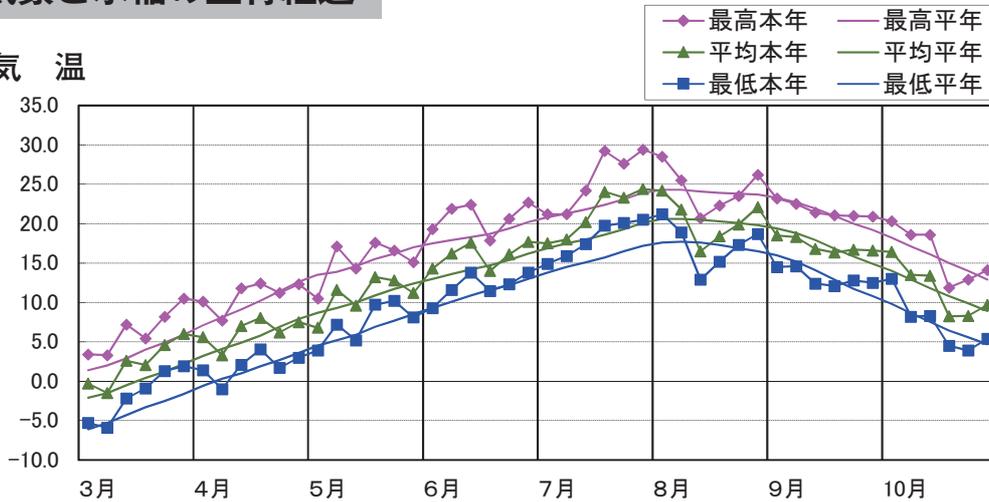
5 令和4年の米づくりに向けて

6 令和3年胴割粒の発生要因と発生状況および発生防止対策

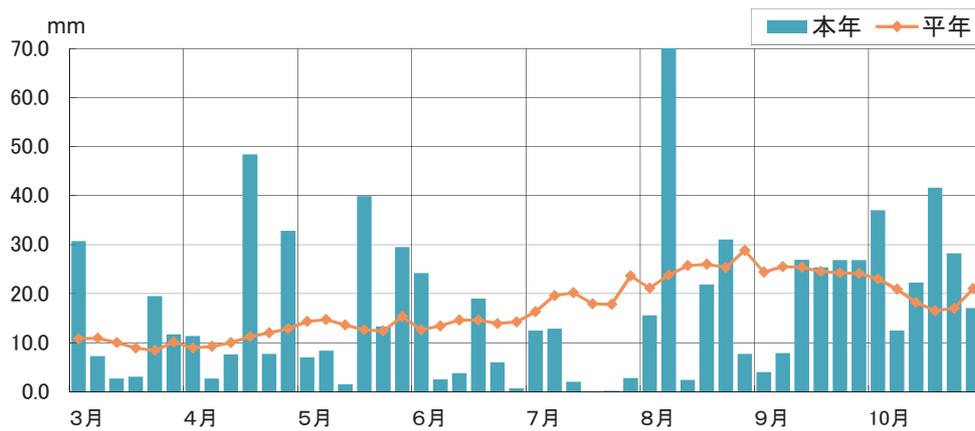
執筆：北海道農政部生産振興局 技術普及課 上川農業試験場駐在
上席普及指導員 李家真理（農業革新支援専門員）

1 気象と水稲の生育経過

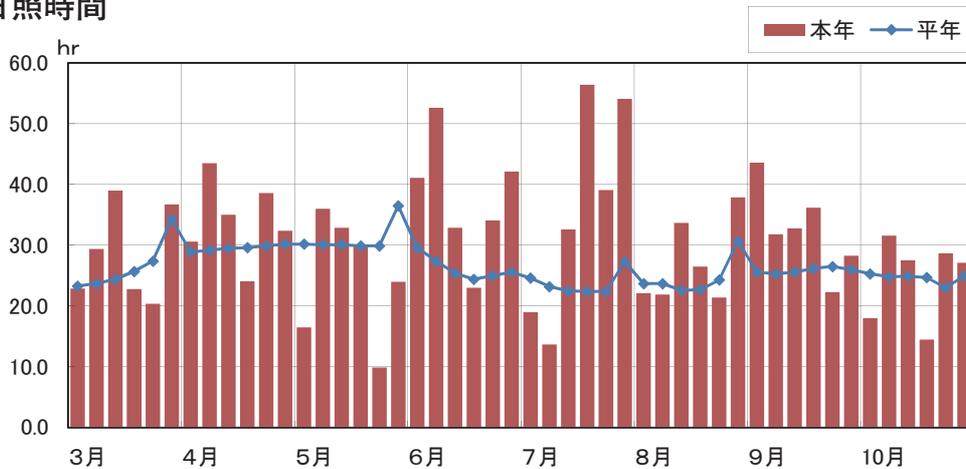
(1) 気温



(2) 降水量



(3) 日照時間



令和3年 全道の気象の推移 (全道22地点平均)

2 作柄の概況

令和3年における北海道米の作柄は、全道各地で「良」以上を確保し、3年連続の豊作となった(図1)。北海道農政事務所公表による全道の10a当たり平均収量は570kg(作況指数108)で、主産地の上川(108)、北空知(108)と高収量になり、太平洋側各地域の作況指数も高くなっている。

しかし、品質面では登熟期の高温により、胴割粒の被害が見られた。10月末日現在の米穀検査実績による一等米率をみると、もち米では例年並の90%以上を確保しているものの、うるち米は近年の中ではやや低めに推移している(図2)。一方、ホクレン仕分け集荷(主要5品種)による低タンパク米(精米タンパク含有率6.8%以下)の割合は、全道平均64%(12月6日現在)と各品種とも過去4年間で最も高く推移している(図3)。

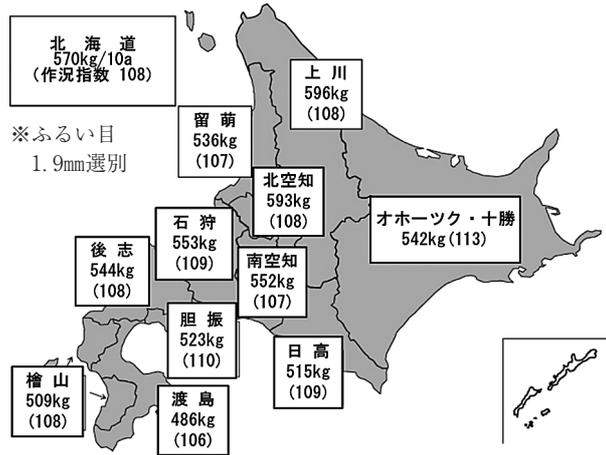


図1 地帯別10a当たり収量

(R3, 12月8日公表、北海道農政事務所)

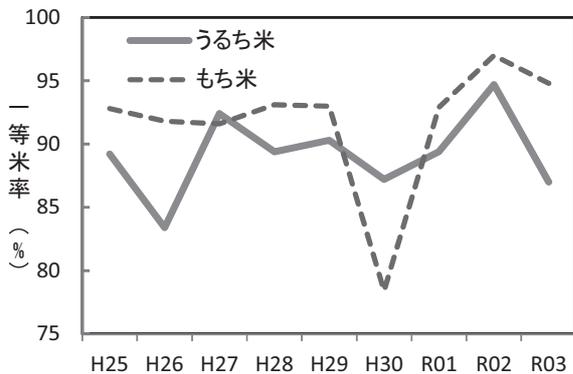


図2 年次別の1等米比率

(北海道農政事務所)

※R02-3/31、R03-10/31各速報値

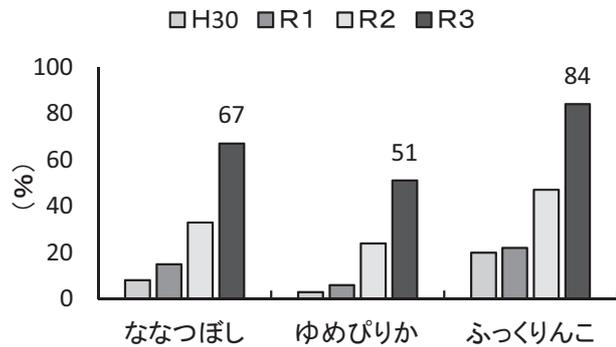


図3 品種別の低タンパク米出荷率

(ホクレン、R3、12/6現在)

※ゆめぴりかは第1区分S

ふっくりんこは基準品

3 令和3年、生育の特徴

(1) 早期融雪と順調な春作業

令和3年の融雪は、豪雪に見舞われた岩見沢方面を除き、各地の累積降雪量は平年の7~8割程度となり、根雪終日(平年対比)は、函館3月9日(早2)、岩見沢4月11日(遅5)、旭川4月1日(早6)と平年よりやや

表1 各地の根雪終日(R3 アメダス地点)

区分	長期積雪(根雪)終日		
	令和3年	平年	差(日)
札幌	3月23日	4月2日	+10
旭川	4月1日	4月7日	+6
岩見沢	4月11日	4月6日	-5
網走	3月29日	4月1日	+3
函館	3月9日	3月11日	+2

早い融雪となった。(表1)。

このため、ほ場の乾燥程度も全般に良好となり、耕起作業は水田地帯の空知・上川で3～7日程度早まった。一方で、一部地域では断続的な降雨の影響で、やや軟弱な状態で耕起が行われる場面も見られた。

(2) は種作業から移植作業まで

は種作業は平年並に行われ、出芽もほぼ平年並であった。4月6半旬～5月1半旬の低温により苗の生育は一時停滞した。しかし、その後の好天により、移植時の苗質については、地上部乾物重がやや軽めではあるが、ほぼ平年並を確保することができた(図4)。

移植作業も平年並(移植始で早1、移植終で早1)に行われた。しかし、5月6半旬の低温・寡照により、遅植えほ場では植え傷みや退色が散見された(表2、図6)。

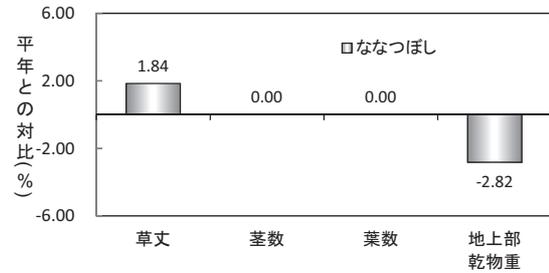


図4 移植時苗質の平年比較
(中央、上川、道南3農試の平均値)

(3) 分けつ始から幼穂形成期まで

5月6半旬の荒天により、分けつ始がやや遅れる地帯があった。しかし、6月以降、高温・多照傾向により回復が見られ、7月1日の㎡当り茎数は、全道平均で平年比114%と多く、初期茎数を十分に確保することができ、遅植えほ場も急速な回復が見られた(図5、6)。このため、幼穂形成期は1日の早で迎えることができた(表2)。

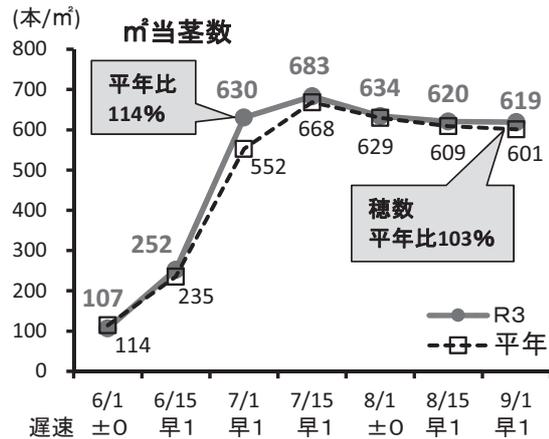


図5 全道の茎数・穂数の推移
(令和3年農政部農作物生育状況調査より)

表2 全道の作業期節と生育期節 (令和3年農政部農作物生育状況調査より)

	作業期節				生育期節							
	は種期	耕起盛期	移植期	収穫期	出芽期	活着期	分けつ始	幼穂形成期	止葉期	出穂期	成熟期	
空知	±0	+5	+1	+10	+1	+1	▲1	+2	+3	+5	+7	
石狩	±0	-	+2	+9	+1	▲1	▲1	+2	+4	+6	+8	
後志	+1	+4	+1	+9	±0	+1	±0	+1	±0	+4	+7	
胆振	±0	+1	±0	+3	±0	▲2	▲2	+3	+3	+4	+6	
日高	±0	-	+1	+4	±0	±0	±0	+2	+2	+5	+4	
渡島	±0	-	+1	+6	±0	±0	▲1	+2	+3	+5	+6	
檜山	±0	-	+1	+7	±0	±0	+1	+4	+4	+4	+7	
上川	±0	+7	±0	+8	+1	+1	▲2	+1	+3	+5	+9	
留萌	+1	+3	+1	+10	▲1	±0	±0	+1	+2	+4	+6	
オホーツク	▲1	-	+2	+11	±0	▲2	▲2	+1	+1	+3	+8	
全道平均	4/20	4/27	5/21	9/16	4/25	5/27	6/5	6/28	7/14	7/23	9/6	
遅速	±0	+6	+1	+9	±0	+1	±0	+1	+2	+5	+7	

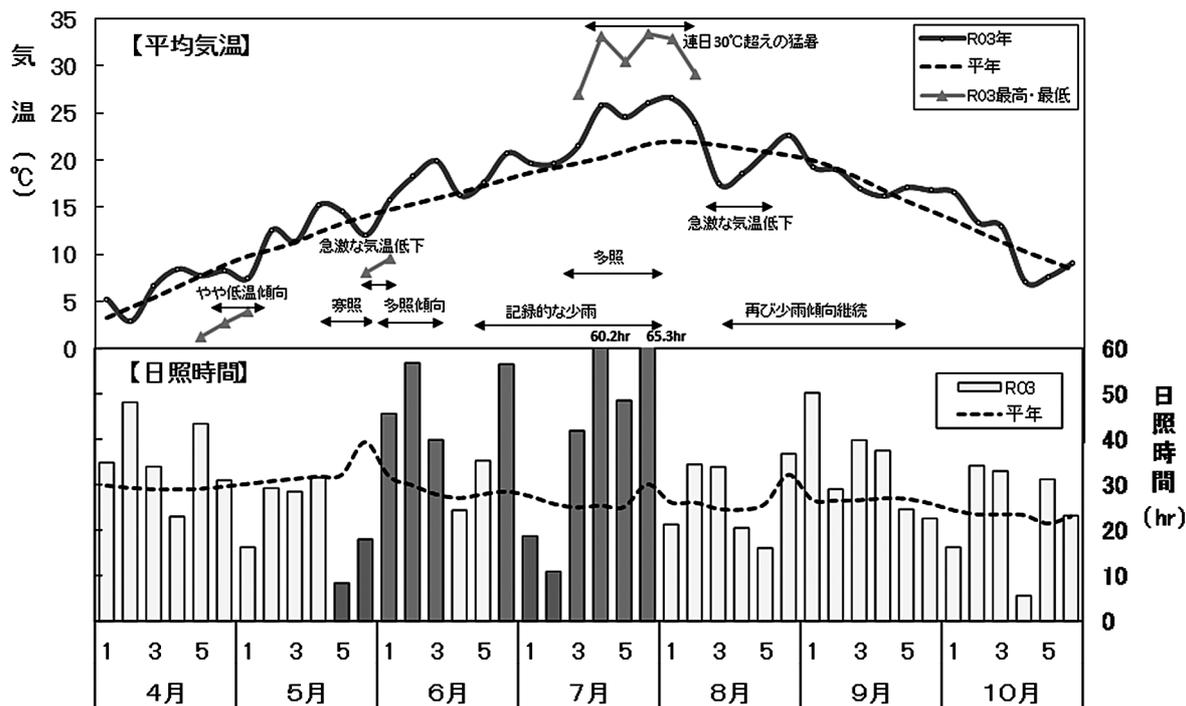


図6 水稻生育期間の気象経過（平均気温・日照時間：岩見沢アメダス）

(4) 登熟初～中期は記録的な猛暑で経過

幼穂形成期を迎えた7月1半旬から2半旬まで、寡照の期間があったが長期化することなく、その後、7月3半旬から8月2半旬は全道的に記録的な猛暑となった。このため、生育は早まり出穂期は5日の早となった。出穂・開花、初期登熟は順調に進んだが、8月2～3半旬の低温・降雨・強風により、倒伏や登熟の一時停止が見られた。しかし、8月4半旬以降は再び好天で経過、登熟は順調に進み、成熟期は7日の早で迎えることができた（表2、図6）。

(5) 収量構成要素および決定要素の状況

6月以降の高温・多照傾向により、初期茎数を十分に確保することができ、7月1半旬からの日照不足も長期化しなかったため、穂数は平年対比で3%程度多くなった。また、一穂粒数はほぼ平年並に確保され、稔実歩合も平年に比べやや高かったため、㎡当稔実粒数は5%程度多いなどマイナス要素が見られず、収量構成要素を確保できた年となった。

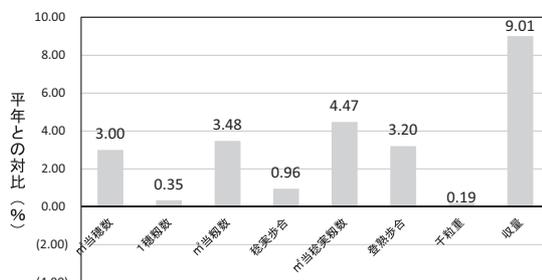


図7 収量決定要素・決定要素の平年対比（農政部農作物生育状況調査より）

決定要素について、登熟歩合は登熟条件が良好であったため、平年をやや上回り、歩留まりの高さと併せて、豊作を後押しした（図7）。

4 収量確保の要因と品質・食味の特徴

(1) 作柄を決めたポイント

今年の作柄は移植直後、一時的に悪天候に見舞われたものの、6月以降は総じて良好な天候に恵まれ、7月の少雨と猛暑は作況悪化の懸念材料ではあったが、台風などの災害も少なく、安心して収量を期待できる年となった(図9)。

収量を確保できた主な要因は、適正穂数を早期に確保した点が考えられ、優勢穂中心の構成で一穂粒数を維持したうえに、稔実歩合の高さも手伝い、十分な稔実粒数を確保できたことによる。また、遅発分けつの多い状態でも、出穂前後から登熟前半の好天は弱勢粒の歩留まりを十分に押し上げた。当然のことながら、登熟歩合や千粒重も平年並以上となり、全体の製品歩留も向上した(図8、9)。

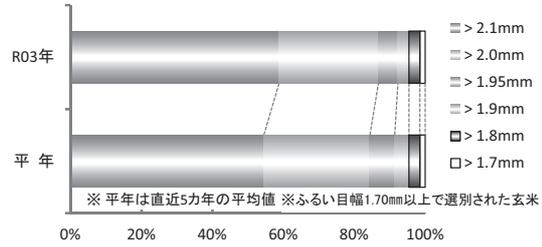


図8 ふるい目幅別重量分布の状況

(R3年北海道農政事務所)

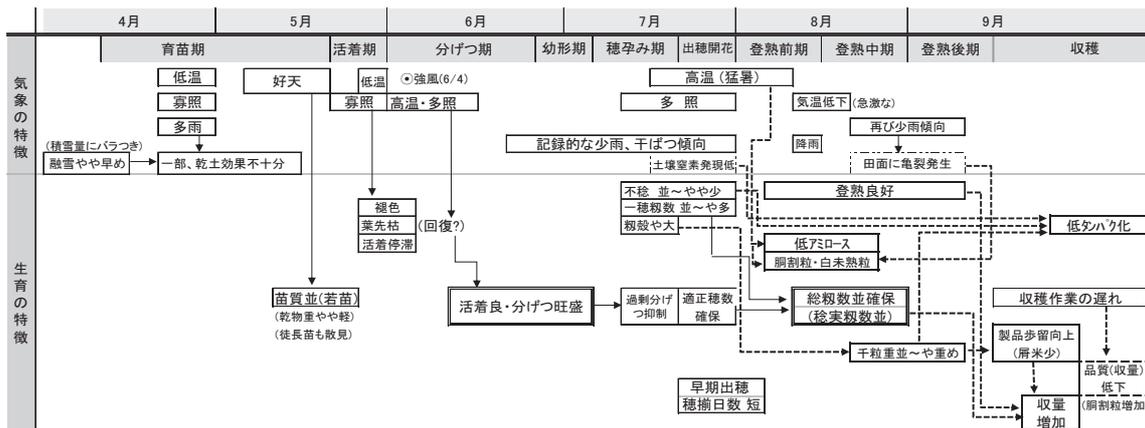


図9 令和3年の作柄に関する要因連関図

(2) 近年にない良食味を達成

登熟全般にわたり高温多照傾向で推移した結果、適正範囲をやや上回る粒数であっても、玄米肥大は順調に推移し、粒重や製品歩留の低下が見られず、出穂期頃の土壌窒素も平年並となったことが、低タンパク米生産につながった(図10)。

また、当初は高温登熟下での多発生が懸念された白未熟粒においても、その間、平年以上の日照時間を確保できたことと適正な水管理が励行され、一部地域を除き、品質の低下

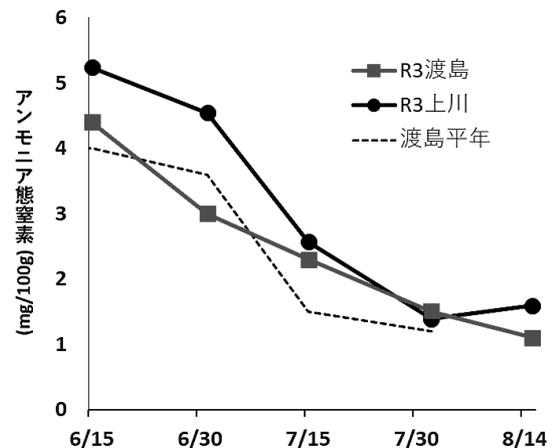


図10 令和3年水田の土壌中アンモニウム態窒素の推移

(渡島・上川農業改良普及センター調査)

を抑制できたと考えられる。

(3) 胴割れ被害による品質低下が目立つ

ただし、産米の出荷が進むにつれ、胴割れ被害による品質低下が報告されるようになった。地域によって発生程度に差が見られるものの、多いところでは全体の約2割、少ないところでも数%の発生があった。原因としては、府県の成績事例から登熟初期の最高気温（地温）の上昇や出穂期後の水管理、刈遅れ等が考えられている（後述）。

5 令和4年の米づくりに向けて

(1) 老化苗、早期異常出穂の防止対策

近年は育苗期間の気温が高く、早期異常出穂の発生が頻繁に見られるようになってきている。特に育苗後半の気温が高くなる場合が多く、令和元年も本現象の多発が見られた。ところが、令和2、3年は育苗後半の気温が低くほぼ適正な葉数で移植が行われ、早期異常出穂の発生は両年とも少ない年となった。このことは、育苗後半の温度管理と適正葉数での移植が、苗の老化防止対策に大変重要であることを再認識できる結果となった（図11）。高温時における育苗ハウス内の温度管理は困難

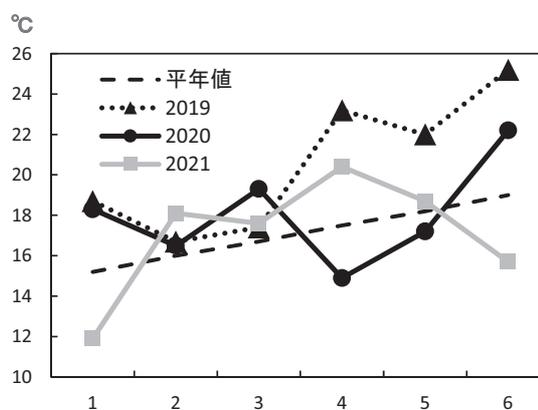


図11 5月の最高気温推移(岩見沢アメダス)

ではあるが「2.5葉期以降は25℃以上にしない」という基本技術を可能な限り守ってほしい。

また、今後とも早期異常出穂の発生リスクを低減するためには、成苗ポットにおける移植時苗質の草丈、目標葉数、乾物重に達した時点で移植することも重要である（表3）。育苗日数と葉数の関係を見ると、「ななつぼし」は3.6葉に達した育苗日数が28日、「ゆめぴり

表3 早期異常出穂のリスクを抑制するための成苗ポット苗移植時苗形質と育苗管理の留意点(抜粋)

移植時 苗形質	草丈	10～13cm ¹⁾	
	乾物重	3.0～4.5g/100本 ¹⁾	
	目標葉数 ²⁾	ゆめぴりか（異常出穂リスク:中）	3.6～4.3葉以内
		ななつぼし（異常出穂リスク:高）	3.6～4.0葉以内
育苗管理の 留意点	育苗温度	簡易有効積算温度 ³⁾	400℃以内
	管理	2.5葉期以降は25℃以上としない。	
	育苗日数 ⁴⁾	中生品種は30～35日	

1) 北海道水稲機械移植栽培基準（成苗ポット）（昭和61年指導参考事項）に準拠。

2) 早期異常出穂を抑制するための成苗ポット苗の目標葉数の範囲。

3) 有効温度=60.1/(1.9+(日最高最低平均気温/21.8)-4.2)の積算。簡易有効積算気温を利用した成苗ポット育苗における育苗日数の適正化（平成21年度指導参考事項）に準拠。

4) 但し、各品種の目標葉数の範囲を遵守し、根鉢の強度を確保すること。

か」は27日とそれぞれ短期化している（図12、13）。

これらに対応した育苗日数で作業計画を立て直す必要がある。具体的には、移植日から逆算し、は種日、催芽日、浸種日などを設定し直す。また、中苗箱マットに関しても、近年の育苗期間の高温を加味して、日数を短縮することをすすめたい（表4）。但し、育苗期間の気温は年次によって変動するため、各品種の目標葉数の範囲を遵守し、根域の強度を確認した中で、最終的な移植開始日を決定することが重要である。

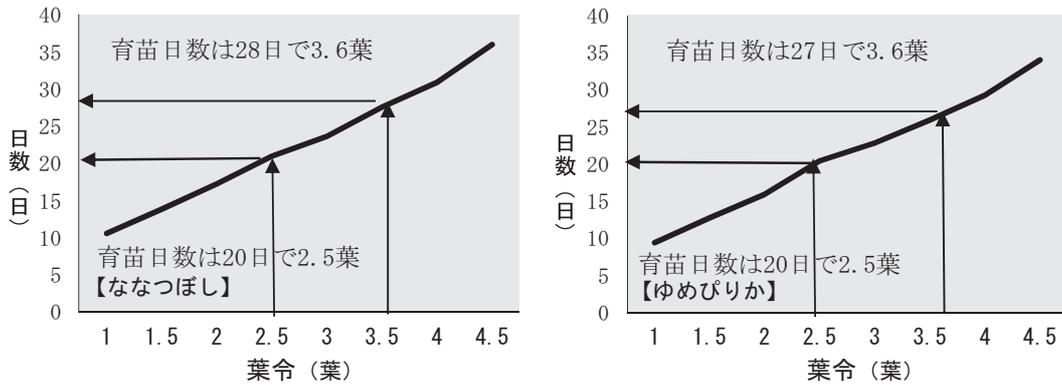


図12 成苗ポットにおける育苗日数と葉令進度（H21～23年 上川農業試験場）

表4 中苗マット苗の育苗基準

移植時 苗形質	草丈	10～12cm
	乾物重	2.0g/100本以上
	目標葉数	3.1葉以上
育苗管理の 留意点	育苗日数	30～35日程度

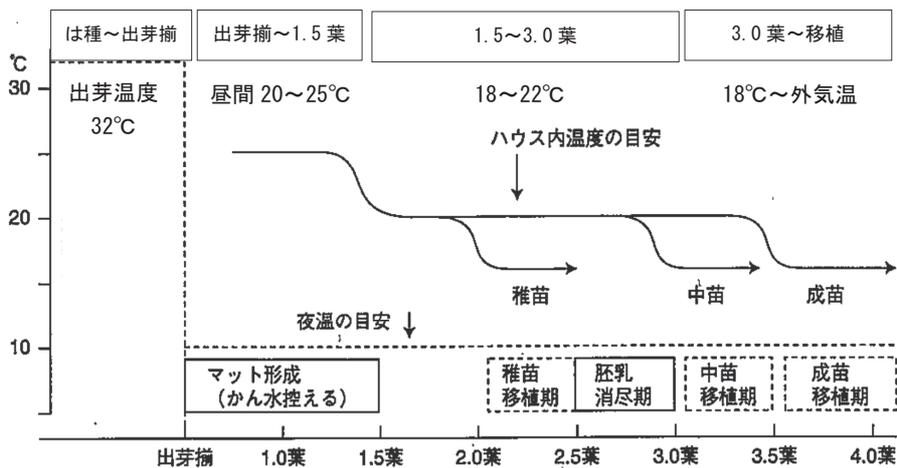


図13 出芽から移植までの温度管理（北海道米づくり2001より転載）

(2) 老化苗の防止対策～優良事例紹介～

表5にA町B氏（水稲作付面積45ha）のは種日、移植日、育苗日数を示した。最初のは種日は4月17日、移植日が5月17日、育苗日数は30日である。

は種期間は、作付面積が多いため4月17～29日と長いが、あえて4日間のは種しない日を設けて、育苗日数が30日を超えないように工夫している。このことで、苗質を確保した状態で移植し、早期異常出穂の発生リスクを低減することで、収量・品質も地域の平均を大きく上回っている。は種作業を開始してから、は種をしない日を設けることは容易ではないが、育苗期間の温度が高い傾向にある近年においては、非常に有効な対策である。

表5 A町B氏のは種・移植作業計画

は種日	品種名 育苗日数	移植日
4月17日	ゆめびりか	5月17日
4月18日	30日	5月18日
は種休み(中1日)		
4月20日	ゆめびりか	5月19日
4月21日	29日	5月20日
は種休み(中1日)		
4月23日	おぼろづき 29日	5月22日
4月24日		5月23日
4月25日		5月24日
4月26日		5月25日
は種休み(中2日)		
4月29日	ななつぼし 28日	4月27日

(3) 倒伏防止対策 ～窒素施肥量やケイ酸施肥について見直しを～

ア 令和3年は、まれに見る高収量を得ることができたが、8月9～10日の風雨の後、各地で倒伏が見られるようになった（写真1、2）。ここ何年かは秋の天候が良く、ほ場の乾田化対策が積極的に行われたこと等により、乾土効果がより発現するようになり、やや過剰な生育を招いていると考えられる。

イ 本年、倒伏やなぎきが見られたほ場は、土壌診断を行い窒素肥沃度（可給態窒素量）を再確認し、乾土効果や有機物施用に対応した減肥を実施するなど、窒素施肥量について見直しを行い、無理・無駄のない稲づくりで低タンパク米のさらなる安定生産に努める。また、その他のほ場も、生育状況や収量・品質の実績と、土壌診断結果を照らし合わせ、施肥設計を練り直して欲しい。なお、土壌診断は3～4年ごとに実施することが望ましい（図14）。

ウ あわせて、可給態ケイ酸の測定も行い、ケイ酸資材の施用量を再確認し、稲体を丈夫にするため積極的に施用する。



写真1 令和3年の倒伏状況
（上川管内A町8/13撮影）



写真2 令和3年の倒伏状況
（上川管内B市9/14撮影）

土壌診断に基づく施肥対応

施肥標準量 + 土壌診断値

窒素肥沃度区分	増減(kg/10a)
低	+0.5
中位	±0
やや高	-0.5
高	-1.0

+

乾土効果 + 有機物施用 = 窒素施肥量

乾燥の程度	培養窒素(mg N/100g)			連用年数	稲わら たい肥	家畜糞 たい肥	稲わら すき込み
	~10	~14	15~				
著しく乾燥	-0.5	-1.0	-1.5	1~4	-1.0	-1.5	0~-0.5
乾燥		-0.5	-1.0	5~9	-1.5	-2.0	-1.0
やや乾燥	±0		±0		10~	-2.0	-2.0
平年並~湿							

図14 窒素肥沃度に応じた窒素施肥量算定の流れ（北海道施肥ガイド2020より）

※詳細な診断法については農業改良普及センター等に要相談

(4) 収穫後の透排水性改善対策

- ア 水田の乾燥を図るため溝切り、心土破碎などを実施し、水田の透排水性を改善する（写真3、4）。
- イ 特に、コンバイン走行跡の轍（わだち）など水がたまる場所は、部分的に溝を切り落水口につなぐなど重点的に改善する（写真5）。
- ウ 溝切りは、溝を落水口につなぎ表面水をほ場外に排出する。
- エ 心土破碎は土壌が乾いている時の施工効果が高い（写真6）。

●令和2、3年秋に各地で実施された乾田化対策



写真3 整然と実施された溝切り
(上川管内C町 R2.9/29撮影)



写真4 収穫直後に実施された心土破碎
(上川管内B市 R3.9/1撮影)



写真5 泥濘部分は深く溝を切り落ち口
につながれている
(上川管内A町 R2. 9/29撮影)



写真6 よく乾燥したほ場での心土破碎
(上川管内B市 R3. 9/14撮影)

(5) 春のスタートはケイ酸資材の雪上散布から

ア 融雪促進は低タンパク米産地のあかし

湿ったほ場で耕起作業を行うと透水性が悪化し、地温上昇が妨げられ初期生育悪化の原因となる。令和3年秋の乾田化対策を本年の作柄につなげるため、ケイ酸資材施用による融雪促進を積極的に行って欲しい(表6)。

表6 融雪材散布適期

1回目	最高気温0℃以上、平均気温が-3℃以上となる頃
2回目	降雪があり、積雪深が20cm以上となった時

※散布後の積雪深が10cm以内であれば融雪効果は持続します



イ 写真で見る融雪促進の効果

- ① 写真7～9はほぼ同一地点から撮影を行い、ケイ酸資材の融雪促進効果を時系列で追跡調査した結果である。
- ② 写真7は作業直後のもの(令和3年3月10日撮影)、写真8はその5日後、3月15日に撮影、急速に雪融けが進み畦が出てきた。
- ③ 写真9は3月24日に撮影、融雪材散布ほ場は水田が露出してきたが、隣の無散布ほ場はまだ深い雪に覆われている。春先のこの差は、その後の作業や水稻の生育に大きな影響を及ぼすことになる。



写真7 融雪材散布作業直後
(上川管内A町 R3.3/10撮影)



写真8 写真7ほ場の融雪状況(5日後)
(上川管内A町 R3.3/15撮影)



写真9 写真7ほ場の融雪状況(14日後)
と無散布ほ場の比較
(上川管内A町 R3.3/24撮影)

(6) 稲わらの適正処理は低タンパク米生産の基本

一昔前に比べ、稲わら焼却を行う産地は減少したが、いまだに実施されている地帯も散見される。焼却によって生ずる煙は地域の煙害になるとともに、貴重な有機物を損なうことにつながる。わらの適正処理について「搬出・堆肥化・ほ場還元」は基本中の基本であるが、昨今の高齢化、規模拡大、労働力不足等の面からその実践は困難となりつつある。このような背景から稲わらは春にすき込まれることが多くなっているが、その弊害を避けるためには

「乾田+秋すき込み」を可能な限り実践して行かなければならない。秋に確実に稲わらをすき込めるような環境作りのため、前述のような乾田化対策がとても重要となっている。

ア 収穫後に稲わらを水田に放置すると、水田土壌の乾燥が妨げられる。また、春にすき込むと土壌還元を助長し生育阻害の要因となるため、可能な限り搬出し、たい肥化する。



写真10 稲わらの水田放置
(上川管内B市 R3.10/1撮影)

イ 乾きが良く、透排水性の良い水田では、
稲わらの秋すき込みも可能であるが、その
場合は収穫後直ちにすき込む。



写真11 収穫を行いながら秋すき込みを実施
(上川管内B市 R3. 9/1撮影)

ウ 稲わらの野焼きは、「廃棄物の処理及び
清掃に関する法律」で原則として禁止され
ており、健康被害や交通障害の原因となる
ばかりか、産地評価の低下にもつながるた
め絶対に行わない。



写真12 稲わらの焼却
(上川管内B町 R2. 9/29撮影)

低タンパク米安定生産の基盤は『乾田』

～周年にわたるきめ細かな土壌管理を～

- ① 融雪促進、溝切りで地表面の乾燥化を図ります
- ② 過度な代かきに注意します(練りすぎは禁物)
- ③ 作期中の溝切りを積極的に実施します
- ④ ほ場の条件に応じた心土破碎や籾殻暗きよの施工を実施します
- ⑤ 乾田化を進め、稲わらの秋すき込みに挑戦します

(7) ノビエの防除対策

令和3年は後発生のノビエが問題になる場面が多く、防除対策が不十分だったと言われている。本項では、その原因と対策について考えてみる。



写真13 ノビエの多発状況

(上川管内 R3. 9/1撮影)

ア 代かき～移植始の高温と除草剤処理後の好天経過

- ① 令和3年は5月3～4半旬が高温で経過した。上川農試の移植始は5月18日であったが、この日は夏日を記録、上川農試の水田センサーもこの頃、高い値を示している（図15）。
- ② これにより、ノビエの出芽が早まり、除草剤を処理する頃には処理時葉令の晩限を越えていたほ場が多かったものとする。
- ③ そして、除草剤処理後も好天が続き、水温が比較的高い状態で経過している。完全枯殺に至らないノビエの個体も多かったのではないだろうか。また、高温傾向により枯殺しきれなかった個体の回復再生も速かったと推察される。
- ④ ちなみに、ノビエの発芽に最適な温度は30～35℃であり、最低温度は10℃前後である。

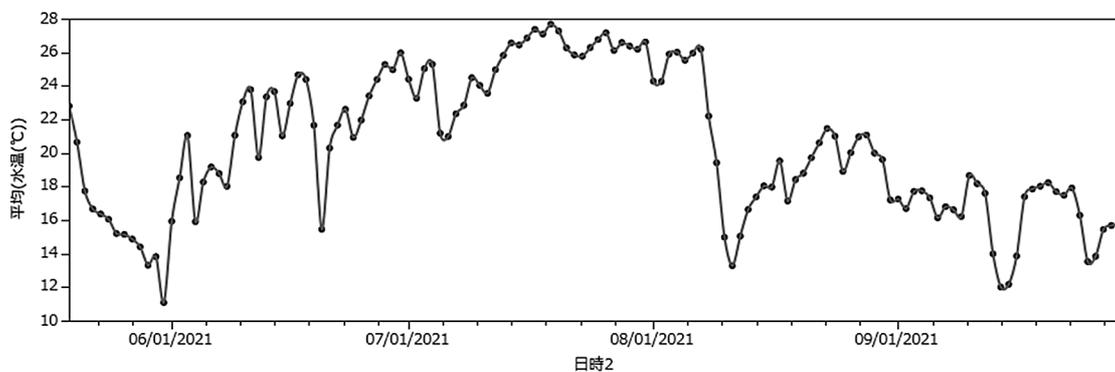


図15 令和3年上川農試「優良品種決定調査ほ場」における日平均水温（水田センサー）

イ 6月中旬～8月上旬の水田水温が高かった

- ① 令和3年は6月中旬から水温が比較的高い状態が続き、ノビエの発生にとって好適環境が持続したと考える（図15）。
- ② また、7月中旬から記録的な猛暑となり、ほ場水分確保のため、かんがい作業が懸命に行われた。このため、多くの地域で水田に水が張られている状態が長く続く傾向にあった。ノビエはその種類にもよるが、土中8～10cmの深度からも発生できる。このため、ノビエの発生が長く続き、7月に入ってから除草剤の残効が切れた後に成長してきた個体も多かったものとする。

ウ 令和4年の除草対策

雑草防除の基本は、種子の密度（シード・バンク）をできる限り小さくすることにある。しかし、令和3年の多発ほ場においては、このシード・バンクが形成されていることが懸念される。ここ数年間は、ノビエが多発してくることを前提とした雑草管理が必要となる。令和4年は、高葉令のノビエにも効果がある剤を選択すると共に、以下のような基本事項を再確認し、適切な管理作業を徹底する。

① 水管理

- (ア) 除草剤散布前に落水口や漏水個所の点検・補修を例年より念入りに行い、散布後の水田水をほ場外へ流出させないようにするとともに、漏水田では使用しない。
- (イ) 散布時は完全に止水とし、散布後7日間程度は田面を露出させないようにそのまま湛水を保ち、落水やかけ流しをしないことを徹底する。また、やむを得ず止め水期間中に入水する場合は除草剤の処理層を破壊しないよう静かに行う。
- (ウ) 粒剤では水深3～5cmで散布すること。フロアブル剤、ジャンボ剤その他少量拡散型粒剤等は5～6cmとし、拡散を阻害する藻類・表層剥離が少ないことを確認する。
- (エ) 散布後は、田面が露出したり土壌表面の薬剤処理層を攪拌すると除草効果が低下するため、効果が持続している間は落水や中干し等は行わない。

② 使用時期

- (ア) 除草剤の使用方法で示す水稻の葉令とは平均葉令であるが、ノビエの葉令は最高葉令（最も進んでいる個体の葉令）であることに注意し、散布適期を逸さないよう注意する。
- (イ) 代かきから移植までの日数はおよそ5日以内として処理時期が設定されているので、代かきから移植までの日数が長くなる際は、特にノビエの生育（葉令）に注意し散布時期を早める等の対策をとる。

6 令和3年胴割粒の発生要因と発生状況および発生防止対策

令和3年は、出穂始から記録的な猛暑に見舞われ、白未熟粒や胴割粒の多発が懸念されたが、出穂以降、農業者による懸命の水管理が全道各地で実施され、被害の発生は最低限にとどまった。しかし、産米の集荷が進むにつれ、各地で胴割粒の発生被害がじわじわと広がり、調製に苦慮する産地も出てくる事態となった。

本項では、胴割粒の発生要因と、全道の農業改良普及センターで実施された「高温による収量・品質影響調査結果」による発生状況の全容解明および、調査結果に基づく胴割粒発生防止対策について報告する。

(1) 胴割粒とは

- ア 玄米粒の胚乳部に筋状の亀裂（ひび）があるもの（図16）。
- イ 横1条にすっきり通っているものだけでなく、複数の亀裂が不完全に通るものや縦に亀裂のあるものなどがある。

- ウ 胴割粒は、農産物検査上では「被害粒」と見なされ、被害粒・死米・着色粒等の割合が1等標準品の最高限度となる15%を上回ると落等してしまう。

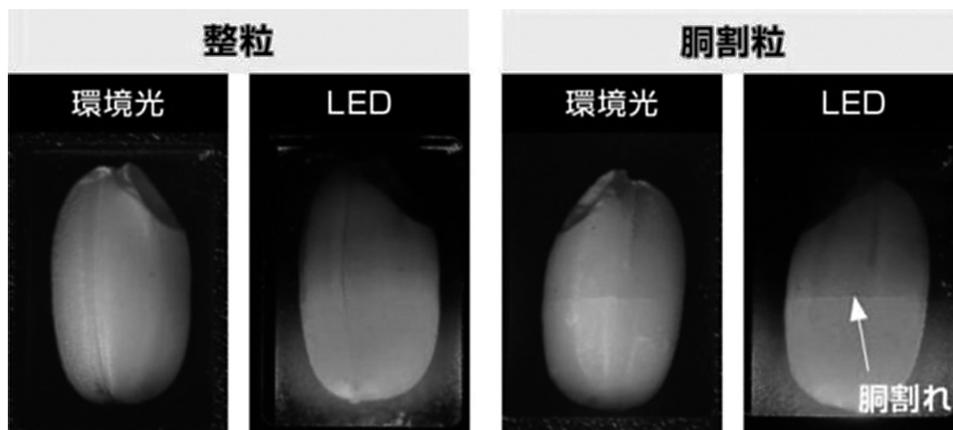


図16 胴割粒（LED光を当てると、胴割れが鮮明になる）

もち米胴割粒透視器「TX-300」（株式会社ケツト科学研究所）

令和2年度オホーツク管内『きたゆきもち』安定確収マニュアル（胴割粒防止編）より

胴割粒はなぜ問題なのか？

- ・ 精米時に米粒が砕け、精米歩合が低下する。
- ・ 炊飯時に粒が崩れてべたつき、食味低下の原因になる。
- ・ ユーザーからのクレームリスクが高まり、信頼度が低下する。北海道米ブランドの毀損きそんに繋がりがねない。
- ・ 実需では5%の胴割率でもクレーム対象となる事例がある。

(2) 胴割粒の発生メカニズム

ア 米は登熟する際に水分の吸収・放出を繰り返すが、玄米中の部位によりその早さに差がある。

イ 米粒内部に水分や圧力の不均衡が生じると、急激な膨張・収縮に耐えきれず亀裂が発生し胴割粒となる（長戸ら、1964）。

ウ よって、図17のとおり胴割粒発生要因は、登熟初期からの気象経過、ほ場での栽培管理、収穫乾燥調製の手法や



図17 胴割粒の発生要因

（引用文献1）長戸ら；日本作物学会紀事 第33巻2号（1964年）
令和2年度オホーツク管内『きたゆきもち』安定確収マニュアル（胴割粒防止編）より

精米時の穀温まで長期間・多岐に渡る。

(3) 胴割粒の主な発生要因 ～これまでの知見より～

ア 登熟初期の高温により多発する

- ① 出穂後1～10日の平均日最高気温が高いほど、胴割率は高い傾向を示す。また、同一条件においても品種間で胴割率に差が見られる(図18)。
- ② また、開花後6～10日の高温処理により、胴割率は特異的に上昇する(図19)。
- ③ 開花後6～10日は玄米の長さがほぼ確定し、胚乳細胞が急激に増加、幅と厚さが増大する時期に相当する(図19)。
- ④ 登熟初期の高温が玄米の急激な成長をもたらし、そのことが胚乳細胞の構造やデンプン蓄積に何らかの影響を及ぼして胴割れしやすい米質になっていると推察される(長田2006)。

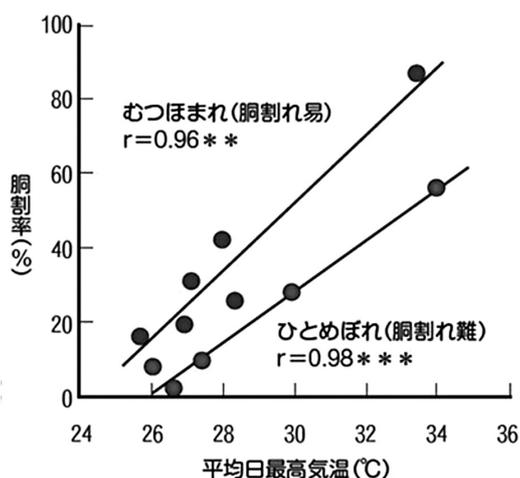


図18 出穂後1～10日の平均日最高気温と胴割率との関係(圃場試験)

(引用文献:長田ら-登熟初期の気温が米粒の胴割れ発生におよぼす影響、東北農業研究センター) 令和2年度オホーツク管内『きたゆきもち』安定確収マニュアル(胴割粒防止編)より

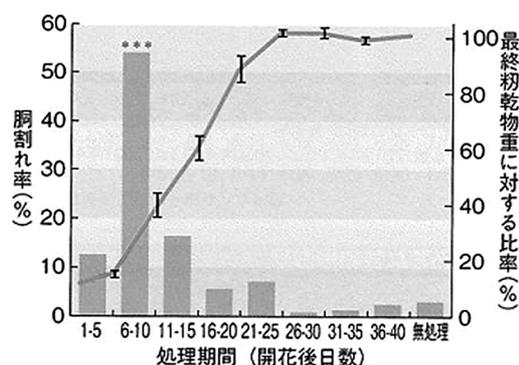


図19 登熟期間中に高温処理した水稻玄米の胴割率(棒線)と無処理区の籾乾物重の推移(折れ線)(ポット試験)

(引用文献:長田ら-登熟初期の気温が米粒の胴割れ発生におよぼす影響)

イ 登熟期のほ場乾燥により多発する

登熟期に水田土壌の表面を乾燥させると土壌表面に亀裂が入り、根が切れて吸水力が低下することにより、胴割れ発生のリスクは高まる。

ウ 過熟になると胴割れ発生のリスクが高まる

青未熟粒が減少し、過熟になるにしたがい胴割れ発生のリスクは高まる(図20)。

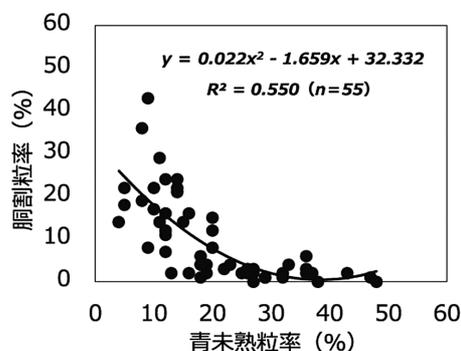


図20 青未熟粒率と胴割粒率の関係(田中一生ら:日本作物学会第251講演会2021年)

エ また、収穫、乾燥、粃すり時の物理的な衝撃や急激な乾燥も、米粒に亀裂が発生する原因となる（図2）。

(4) 本道における令和3年の発生状況

～令和3年産米高温による収量・品質影響調査等より～

ここからは記録的な猛暑を受け、全道の農業改良普及センターで実施された「高温による収量・品質影響調査結果」や農業試験場のデータによる、全道の胴割粒発生分布や発生要因について記述する。

ア 令和3年の猛暑を振り返る

令和3年の猛暑は、例年であれば7月下旬から道内を覆う太平洋高気圧が、12日頃から道内全域を覆うように張り出した。そこへ、フェーン現象も重なったことが主な原因である。特に上川中央部は、苫小牧から滝川と内陸を通過してくる南風の影響により記録的な猛暑に見舞われた（図21）。

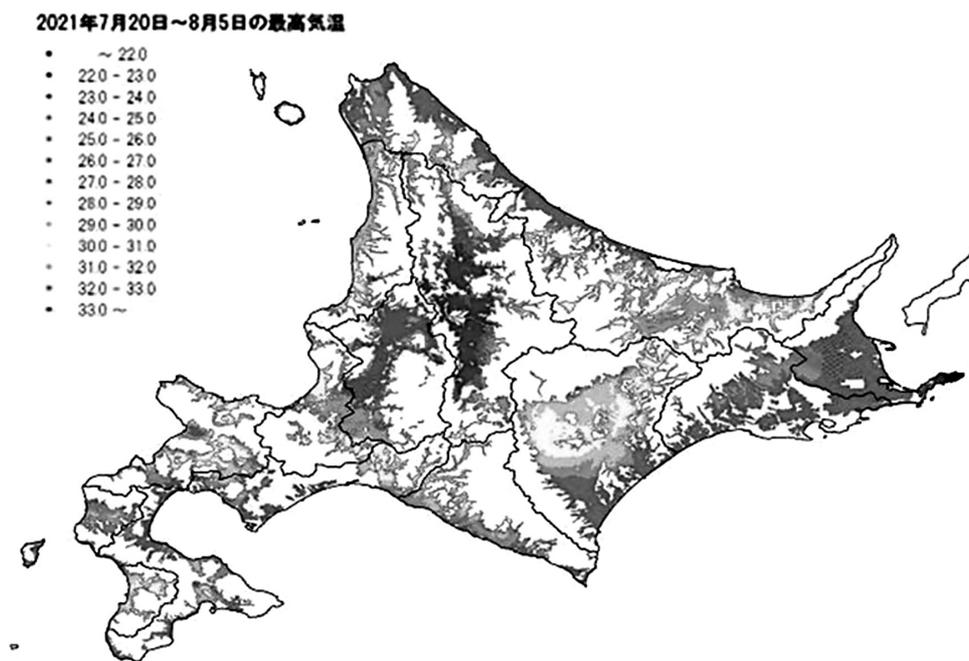


図21 7月20～8月5日の最高気温分布図
(中央農試水田農業部提供、十勝農試堀内優貴氏作成)

イ 胴割粒の発生地帯分布

- ① 胴割粒の発生は、暑さが厳しかった上川中央部で多発する傾向であった（図22、23）。
- ② 胆振管内が多い傾向も見られたが、谷間の水田は微気象でフェーン現象によりさらに高温傾向であったことや、かんがい水の不足等があったことも考えられる（図23）。
- ③ 比較的冷涼であった道南地域の胴割れ発生は少ない傾向にあった（図21、24）。

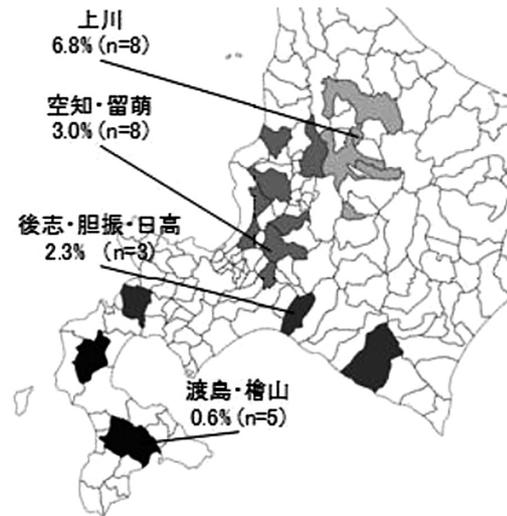


図22 「きらら397」における胴割粒の発生状況

（長沼町除く、中央農試水田農業部・上川農試水稲グループ提供、本結果は優良品種決定基本および現地試験で得られた玄米試料の調査に基づく）

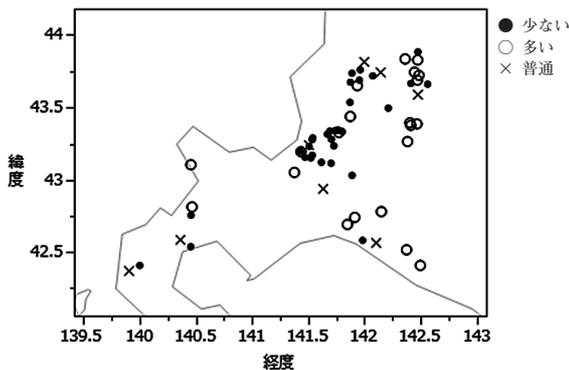


図23 令和3年胴割れ発生地帯分布（ななつぼし）
（令和3年産米高温による収量・品質影響調査より 解析担当：中央農試水田農業部）

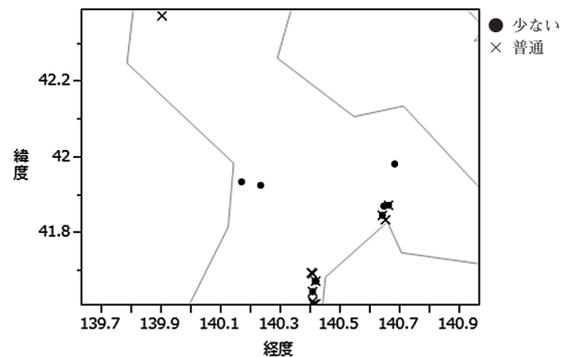


図24 令和3年胴割れ発生地帯分布（ふっくりんこ）
（令和3年産米高温による収量・品質影響調査より 解析担当：中央農試水田農業部）

ウ 白未熟粒は少発生

白未熟粒が少なかった要因は猛暑を受け、水田を乾燥させないようにと、農業者が懸命なかんがい作業が行われたことが最も効を奏したと考える。

これに加えて猛暑の期間、低気圧が近づくとことができず、多照で経過したこともそれをアシストした。また、出穂前も高温・多照で経過し、茎葉への炭水化物蓄積が十分に行われたことも考えられる。

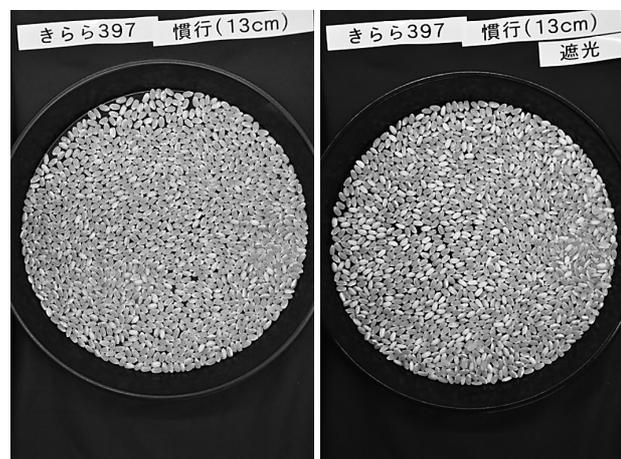


図25 「きらら397」遮光試験 左：慣行区 右：遮光区
（上川農試水稲グループ提供）

エ 登熟初期の高温と少雨により多発

次に、前述の知見にあるとおり、登熟初期の高温が胴割粒の多発を招いたのかどうかを農業改良普及センターによる「高温による収量・品質影響調査」を基に検証した。

- ① 出穂期後1～10日の平均日最高気温が30℃を超えると、胴割率は高くなった（図26）。
- ② 胴割率は、出穂期後1～10日の平均気温および最高気温との間に正の相関関係が認められた。また、出穂期後1～10日および21～30日の降水量との間に負の相関関係が認められた（表7）。

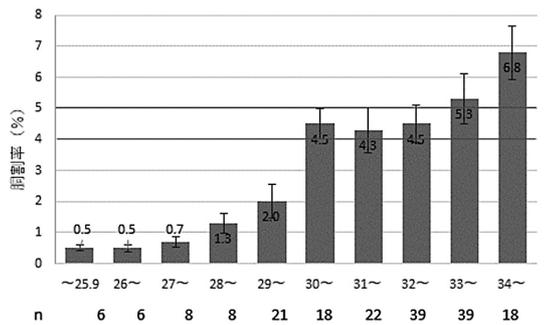


図26 日最高気温（出穂後1～10日）別の胴割粒発生割合

（令和3年産米高温による収量・品質影響調査）

表7 登熟期間の気象条件と胴割率の相関関係

（令和3年産米高温による収量・品質影響調査）

気象要素	出穂後日数		
	1～10日	11～20日	21～30日
日平均気温	0.408	0.012	-0.279
日最高気温	0.439	0.155	-0.075
日最低気温	-0.086	-0.190	-0.274
日照時間	0.197	0.184	-0.025
日降水量	-0.328	-0.115	-0.345

n=185（ななつぼし72、ゆめぴりか62、ふっくりんこ31、他20）

オ 胴割率の地域および品種間差

- ① 地帯別では道南の胴割率が低く、上川、胆振、日高では高い傾向が見られた（図27）。
- ② 胴割率の高い道央、道北で「ななつぼし」と「ゆめぴりか」を比較したが品種間差は判然としなかった。また、道南地域のみではあるが「ふっくりんこ」の胴割率は低かった。一方、乳白粒率については「ゆめぴりか」が高い傾向を示した（図28）。

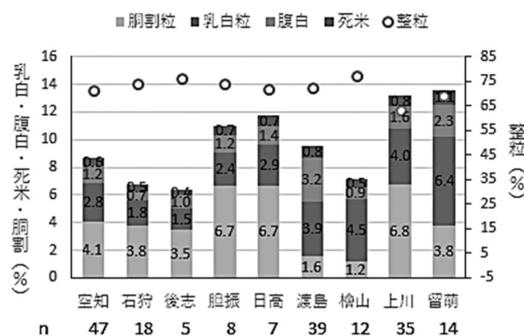


図27 地域別玄米品質（全品種の白未熟粒、胴割粒内訳）

（令和3年産米高温による収量・品質影響調査）

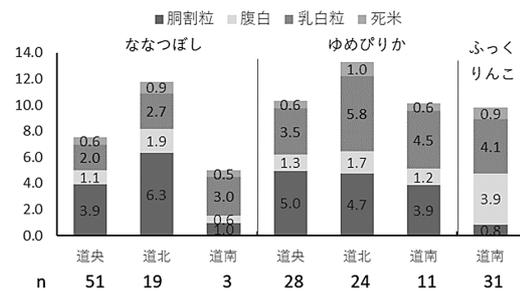


図28 地域別・品種別白未熟粒、胴割粒の発生程度

（令和3年産米高温による収量・品質影響調査）

カ 登熟期のほ場乾燥により多発

登熟期の降水量不足や、水管理の不手際により水田土壌を乾燥させると土壌表面に亀裂

が入り、根が切れて吸水力が低下することにより、胴割粒発生リスクが高まる（図29、30）。

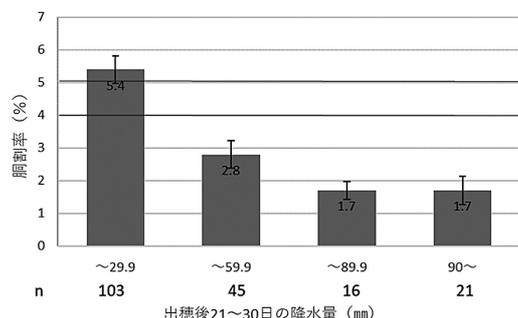


図29 降水量（出穂後21～30日）別の胴割粒発生割合

（令和3年産米高温による収量・品質影響調査）

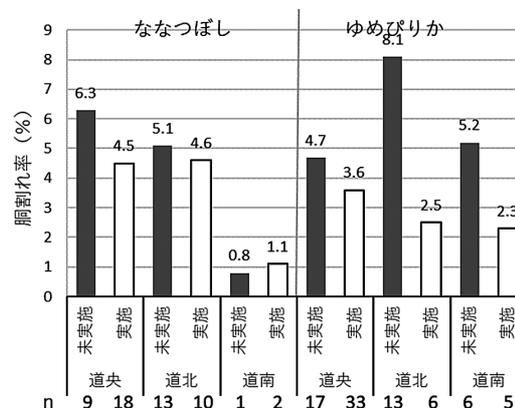


図30 出穂後のかんがい実施状況

（令和3年産米高温による収量・品質影響調査）

キ 穂揃い日数の増加により胴割れ発生リスクが上昇

穂揃いに日数がかかると籾水分にムラが生じることから、胴割れ発生リスクが高まる（図31）。

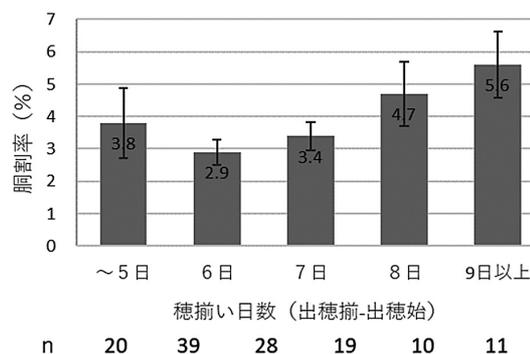


図31 穂揃い日数別の胴割率

（令和3年産米高温による収量・品質影響調査）

(5) 胴割粒発生防止対策

対策1 『穂揃い性の向上』

- ア 穂揃いの良い稲は、均一に登熟するため、刈り取り時の玄米水分が均一になる。
- イ 一方、穂揃いの悪い稲は、出穂の早い穂と遅い穂が混在するため、玄米に「水分のバラツキ」が生じる。
- ウ 玄米水分のバラツキが大きいと、立毛乾燥中あるいは機械乾燥時に水分ムラになることから、胴割粒発生の原因となる。
- エ そのため、胴割粒発生防止には穂揃いの良い（初期生育の良い）稲作りが重要な対策となる。

具体的対策

- ・ 健苗育成（育苗時の高温に留意する）
- ・ 適期移植（移植は5月末までに終える）
- ・ 栽植密度の確保
（成苗ポット：22～25株/m²、株間12～13cm以下）
中苗マット：25株/m²以上、80株/坪以上）
- ・ 適正植付深（深さ1.5～2.0cm）
- ・ 側条施肥割合の再検討
- ・ 移植後の水管理（水深3～5cm浅水管理）

対策2 『登熟期の高温対策』

出穂後20日以内で、日中の気温が29℃以上、夜間も23℃以上になる日が5日以上続くと予測される場合は、夜間にかんがい水の掛け流しを行い、地温や稲体周辺の気温を下げる対策を講じ、高温による胴割粒発生防止を図る（図32）。

対策3 『登熟期の土壌水分確保』

ア 落水時期が早く、土壌表面が乾燥し過ぎることで亀裂が入り、根が切れて水稻の吸水力が低下する。このことが登熟不良や粒重低下など胴割粒発生のリスクに繋がる。

イ 収穫10日前頃までは、土壌表面に1cm以上の亀裂を入れないような水管理を行う必要がある（写真14、15）。

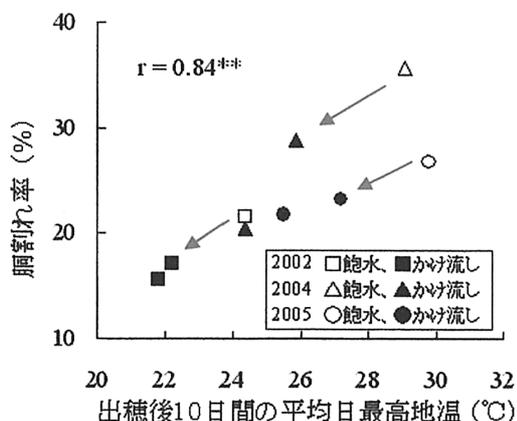


図32 出穂後10日間のほ場内地温と胴割率の関係

（2002～2005年、東北農研センター、「あきたこまち」）



写真14 大きくひび割れたほ場
（令和3年8月末、空知管内A町）



写真15 タップリと入水されたほ場
（令和3年8月13日、東川町）

- ウ 登熟期後半の適正な土壌水分は、土壌表面に小さな亀裂ができ、足を踏み入れた際、わずかに足跡が付く程度（pF2.3以下）が目安となる（表8）。
- エ 根の活力を高く保つために浅水管理または間断かんがいをを行うことで、登熟に必要な土壌水分を保持する。

表8 登熟期後半の水田土壌水分と土壌表面状態（上川農業試験場2001指導参考）

落水後登熟期間の土壌水分	水田土壌観察	収量への影響	産米品質への影響
pF2.5以上	作土に深い大亀裂が生成、水稻根の切断が観察	×	×
pF2.4程度	作土に幅1cmくらいの亀裂多数、足跡つかない	▲	×
pF2.1~2.3	表面に小亀裂生成、わずかに足跡が付く	◎	◎
pF2.1以下	表面のみ乾燥、亀裂微、明瞭に足跡が残る	-	-

*）◎：好適、▲：境界領域、×：不適、-：収穫機械走行に悪影響

対策4 『適期収穫の実施』

- ア 成熟期の目安は、出穂後に日平均積算気温が950℃に達した日である（北海道の水稲うるち中生品種の場合）。
- イ 令和3年は地域によって収穫がやや遅れた地域が見られた（図33）。玄米判定時に胴割粒の発生状況（可能であれば軽度・重度なども）を確認し、発生が認められる場合は整粒70%での早刈りも有効である（農業者・JAと要相談）。
- ウ 収穫時期に降雨が予想される場合は、降雨前の収穫を推進する（図34）。

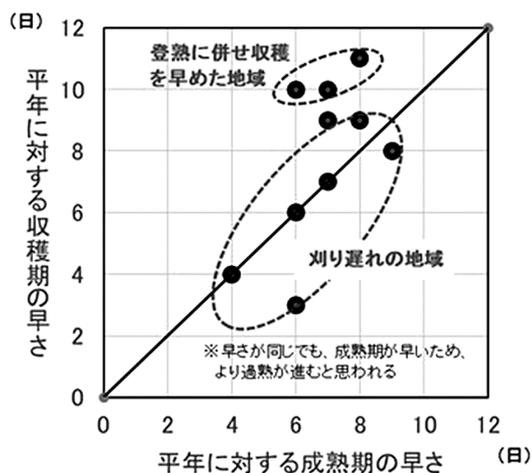


図33 成熟期と収穫期の平年比較（振興局別）
（令和3年度農政部農作物生育状況調査）

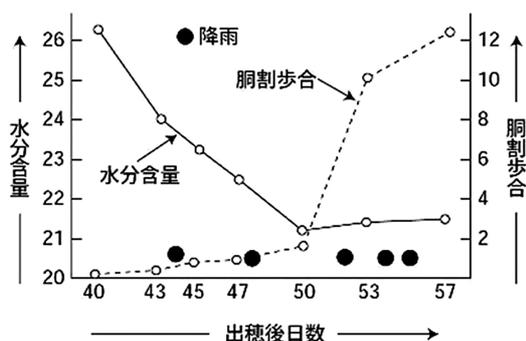


図34 出穂後日数と胴割粒発生の関係
※出穂後50日を超えると急激に胴割粒が増加する。
登熟が進みすぎると、米粒品質は急激に低下する
（北海道農業入門【稲作編】より）

対策5 『慎重な乾燥調製の実施』

- ア 乾燥機による乾燥は通常乾減率0.8%/h程度が目安であるが、胴割粒の発生が懸念される場合は、乾減率0.5~0.6%/h程度になるよう低く設定する(図35)。
- イ 穀温はできるだけ低くすることが望ましいが、温度設定は40℃以下になるように設定する。
- ウ 乾燥機張り込み後は、こまめに温度設定や籾水分を確認し、過乾燥にならないように注意する。
- エ 二段乾燥による乾燥も、急激な乾燥を防ぐ意味で胴割粒低減に有効である。

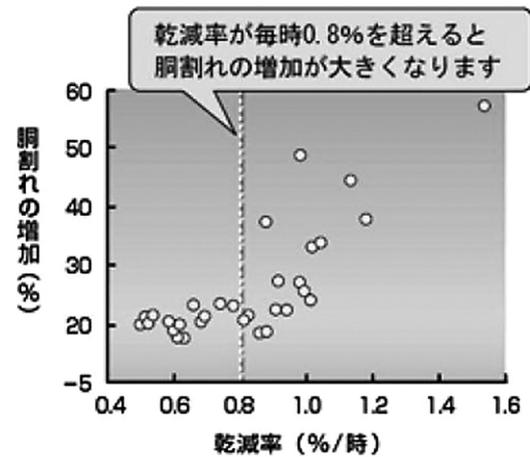


図35 乾減率と胴割れ増加の関係 (新潟農試)

