

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2020.06.006

# 日本の寒地, 北海道のうるち米における 白未熟粒発生を抑制する栽培法( 日文 )

丹野 久

(北海道農産協会, 日本 北海道札幌, 060-0004)

**摘 要:** 白未熟粒の多発生は, 整粒歩合を低下させ検査等級を下げるため, 抑制する必要がある。白未熟粒, その中でも乳白粒と基部未熟粒の発生率に品種間差異があった。白未熟粒は, 止葉切除による光合成の減少, 増肥とそれによる  $\text{m}^2$  当たり籾数の増加, 疎植および育苗時の高温で生じる早期異常出穂による穂揃い不良, および刈り取り時期の遅延により増加した。倒伏により青未熟粒・白未熟粒は多くなった。初期生育が良好な場合, 分けつ期からの深水灌漑は過剰分けつ発生を抑制し, 粒重と玄米収量を増加させ, 玄米品質も向上させた。登熟期の土壌の過乾燥により, 腹白粒発生による品質低下や千粒重減少による減収を生じた。これら白未熟粒の発生は, 出穂期から出穂揃い期 10 日後までの茎葉から籾への非構造化炭水化合物 (NSC) の 1 籾当たり転流量および粗玄米収量から同転流量を減じた 1 籾当たり NSC 増加量が多いほど, 少なかった。白未熟粒の多発生回避には, 施肥量, 栽植密度, 育苗ハウスの温度管理, 移植時期, 登熟期の土壌水分および刈り取り時期を適正化し, 初期生育を促進し, 過剰分けつを深水中で抑制する必要がある。以上の栽培法改善と, 1990 年代後半以降からの共同乾燥調製貯蔵施設での色彩選別機を使った 1 等米調製により, 北海道の 1 等米比率は全国平均を上回るようになった。

**キーワード:** 白未熟粒; 栽培技術; 寒冷地帯; 粳米; 抑制

中图分类号: TS5-33; S511 文献識別コード: A 文章番号: 1007-7561(2020)06-0047-10

ネットワークの最初発表時間: 2020-10-30 13:44:36

ネットワークの最初発表アドレス: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.ts.20201030.1149.006.html>

## Cultivation Techniques of Nonglutinous Rice for Suppressing the Occurrence of White Immature Kernel in Cold Region of Hokkaido in Japan (Japanese text)

Hisashi Tanno

(Hokkaido Agricultural Association, Sapporo Hokkaido Japan, 060-0004)

**Abstract:** The increase of white immature kernel decrease the percentage of whole grain and lower the inspection grade. In the percentage of white immature kernel, especially in those of milky white rice kernel and in immature base rice kernel, varietal differences were found. Moreover number of white immature

投稿日時: 2020-07-17

作者紹介: 丹野 久, 男, 1957 年生まれ, 博士, 教授, 研究方向は米の品質改良における育種栽培、生産技術及びその形質との関係である。E-mail: bun01\_0405@yahoo.co.jp。このコラムの背景と作者の紹介は C4-C13 にて具体的に掲載しており, 本論文の中国語訳文は P38-P46 を参照できる。

kernel were increased by decreasing quantity of photosynthesis treated with defoliation of flag leaf, additional nitrogen topdressing and increasing number of rough rice by it, decreasing the synchrony of heading with sparse planting and with early abnormal heading induced by high temperature in rearing seedling house, and delay in harvesting time. Lodging increased number of green and white immature kernel. In the case of good initial growth, deep-flood irrigation from initial growth increased kernel weight and grain yield, and heightened grain quality by suppressing large numbers of tiller. Shortage of soil moisture during grain filling period lowered grain quality by increasing white-belly rice, and decreased grain yield by reducing kernel weight. Number of these white immature kernels were decreased by increasing the amount of non-structural carbohydrates (NSC) translocated from rice shoot to rough rice(per rough rice) during the period from heading to 10 days after full heading time and by increasing the amount of NSC (per rough rice) that is subtracting grain yield of crude brown rice from its translocated NSC. In order to decrease the number of white immature kernels, the amount of fertilizer application, planting density, temperature in rearing seedling house, time of transplanting, soil moisture during grain filling period and time of harvesting are needed to be in proper, and increasing initial growth are necessary. the large numbers of tiller is controlled by deep-flood irrigation from initial growth. Addition to those cultivation method, using color-sorting machine at rice terminal since the last half of 1990 s, first-class rice was able to be processed, the percentage of first-class rice in Hokkaido was over that of all Japan.

**Key words:** white immature kernel; cultivation techniques; non-glutinous rice; northernmost Japan

玄米の白未熟粒の発生は整粒歩合を低下させるため、検査等級を下げる大きな要因である(表 1)。例えば、北海道において 1993, 2003 年のように冷害年では青未熟粒が<sup>[2-3]</sup>, 1997, 2009 年および 2014 年では、乳白粒, 心白粒, 腹白粒および基部未熟粒などの白未熟粒(図 1)が多発生し<sup>[5-7]</sup>, 落等の要因となっている。

青未熟粒については、出穂の早い品種の作付け, 移植後の活着が良好な健苗の養成, および移植適期の遵守などの出穂を促進する基本技術<sup>[8-9]</sup>を励行する。その結果, 出穂後, 登熟気温

が高くなることにより十分な登熟が可能となり, 青未熟粒の発生が減少する。

白未熟粒については、北海道の主要品種である「きらら 397」で 1990 年に多発生したことが問題となり, 発生要因を解明した<sup>[10-11]</sup>。さらに, 近年育成された良食味品種「ゆめぴりか」および「きたくりん」での白未熟粒発生が「ななつぼし」より多いことが認められ, その発生要因と栽培法の対策が報告された<sup>[12]</sup>。本報では, 主にこれら白未熟粒に関する栽培試験の概要を紹介する。

表 1 農産物検査規格における水稲うるち玄米および水稲もち玄米の品位<sup>[1]</sup>

等級 <sup>7)</sup>	最低限度			最高限度						
	整粒 <sup>1)</sup> %	形質 <sup>6)</sup>	水分 /%	被害粒 <sup>3)</sup> (A), 死米, 着色粒, 異種穀粒及び異物						
	(100 - 未熟粒 <sup>2)</sup> - A - B - D - E)			計/% Σ(A~E)	死米 <sup>4)</sup> /%(B)	着色粒 <sup>5)</sup> /%(C)	異種穀粒/%(D)			異物 /%(E)
1 等	70	1 等標準品	15.0	15	7	0.1	0.3	0.1	0.3	0.2
2 等	60	2 等標準品	15.0	20	10	0.3	0.5	0.3	0.5	0.4
3 等	45	3 等標準品	15.0	30	20	0.7	1.0	0.7	1.0	0.6

注: 1) 整粒とは, 被害粒, 死米, 未熟粒, 異種穀粒および異物を除いた粒。2) 未熟粒とは死米を除いた成熟していない粒。3) 被害粒とは, 損傷を受けた粒。4) 死米とは充実していない粉状質の粒。5) 着色粒とは粒面の全部または一部が着色した粒および赤米をいうが, 搗精によって除かれ, または精米の品質および精米歩留に著しい影響を及ぼさない程度のを除く。6) 形質とは, 皮部の厚薄, 充実度, 質の硬軟, 粒揃い, 粒形および光沢並びに肌ずれ, 心白および腹白の程度。検査では標準品で示す。7) 規格外 - 1 等から 3 等までのそれぞれの品位に適合しない玄米で, 異種穀粒及び異物を 50%以上混入していないもの。







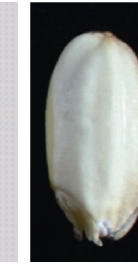
分類	整粒	白未熟粒				青未熟粒	死米	
		腹白粒	乳白粒	心白粒†	基部未熟粒		白死米	青死米
白濁部位	-	腹側	横断面	中心部	基部側	-	大部分	大部分
白濁程度	-	粒長 2/3 以上かつ粒幅 1/3 以上	平面 1/2 以上	平面 1/2 以上	粒長 1/5 以上	- 緑色	粉状質白色	粉状質緑色
								

図 1 白未熟粒, 青未熟粒および死米<sup>[4]</sup>

注: 心白粒と青未熟粒は, 農林水産省「検査用語の解説」([https://www.maff.go.jp/j/seisan/syoryu/kensa/kome/k\\_kikaku/k\\_kaisetsu/](https://www.maff.go.jp/j/seisan/syoryu/kensa/kome/k_kikaku/k_kaisetsu/))による。† 心白粒は乳白粒に含む場合がある(後出の図 4, 図 17 および表 4)。

## 1 品種間差異

高温年での未熟粒を乳白粒, 基部未熟粒, 腹白粒, 青未熟粒およびその他に分けたところ, 乳白粒と腹白粒が多かった(図 2)。品種間では, 1984—1988 年に育成された主要品種の乳白粒について, 「きらら 397」と「ゆきひかり」が「空育 125 号」よりも多いことが認められた(図 3)。さらに, 近年, 2001—2012 年に育成された 3 品種では, 「ゆめぴりか」と「きたくりん」が「ななつぼし」よりも乳白粒が多く, さらに基部未

熟粒では「きたくりん」が他の 2 品種に比べ多かった(図 4)。

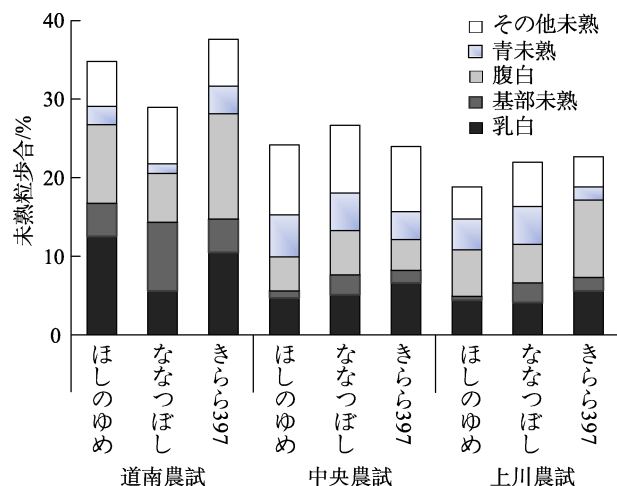


図 2 高温年における未熟粒の種類別発生歩合の一例<sup>[13]</sup>

注: 2010 年, 北海道立総合研究機構上川・中央・道南農業試験場圃場の産米。2010 年は登熟期間の気温が平年より高く, 地域により登熟前半の 7 月下旬から 8 月上旬にかけて寡照となり, 乳白粒や腹白粒が発生し外観品質が概して劣った(作況指数 98)<sup>[14]</sup>。

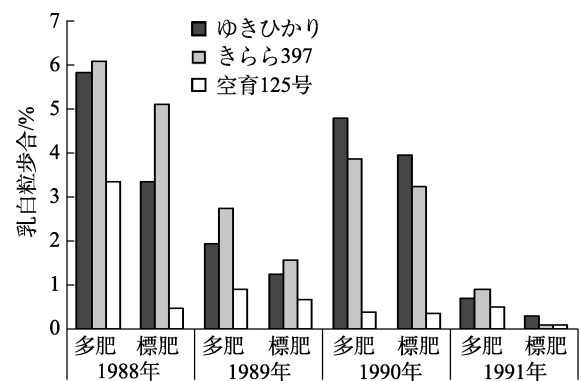


図 3 品種、施肥および年次別の乳白粒歩合<sup>[13]</sup>

注: 1984—1988 年育成の 3 品種を供試。北海道立上川農業試験場での作況試験。

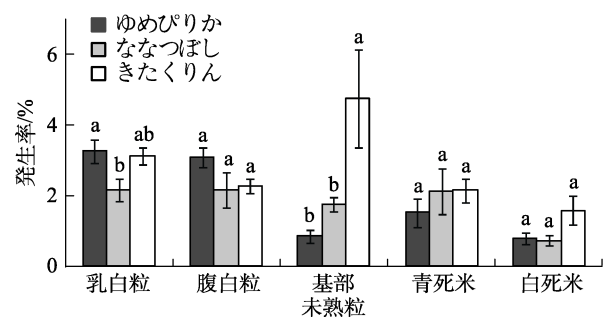


図 4 白未熟粒および死米の各発生率における品種比較<sup>[4]</sup>

注: 2001—2012 年育成の 3 品種を供試。北海道立総合研究機構上川農業試験場, 2014—2016 年, 成苗と中苗の平均。窒素施用量 9 kg/10a, 移植日 5/19~5/20, 選別篩目 1.90 mm。図注の縦棒は標準誤差 (n=6), 異なるアルファベット間では 5%水準で有意差があることを示す (Tukey 法)。

## 2 施肥量と m<sup>2</sup> 当たり初数

白未熟粒は、出穂期以降の光合成の減少(止葉葉身の切除)により発生が多くなり、腹白粒よりも乳白粒・心白粒が増加し、また出穂期に近いほど高かったが、登熟後期でも高まった(図 5)。

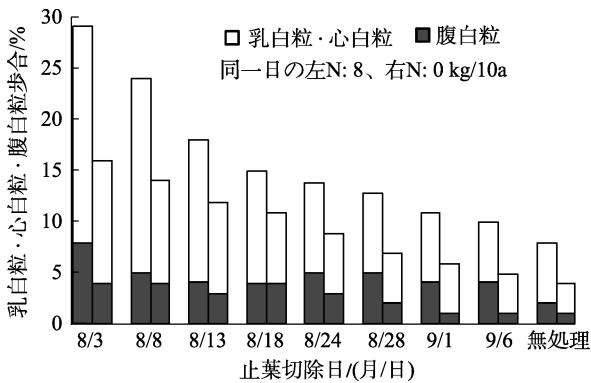


図 5 止葉切除時期が乳白粒・心白粒・腹白粒歩合に及ぼす影響<sup>[13]</sup>

注：同一切除日の左が標準施肥量窒素 8 kg/10a、右は無窒素 0 kg/10a。供試品種は「きらら 397」。1990 年、北海道立中央農業試験場稲作部での試験。

施肥量は、無窒素よりも標肥、標肥よりも多肥と多くなるに伴い、乳白粒や腹白粒の発生が増加し(図 3)、これら白未熟粒の発生は、成熟期の窒素吸収量および m<sup>2</sup> 当たり初数と正の相関関係があった(図 6~8)。すなわち、施肥窒素量が多く m<sup>2</sup> 当たり初数が多くなるほどその発生率が高くなり、同初数がおよそ 30,000 粒を超え

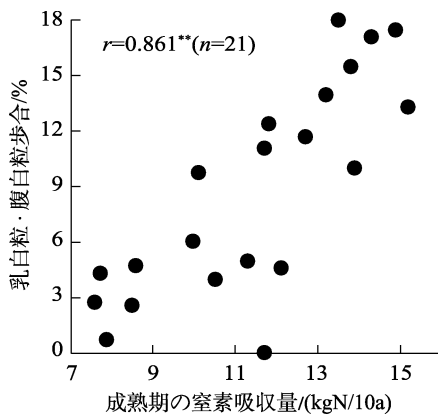


図 6 成熟期の窒素吸収量と乳白粒・腹白粒歩合との関係<sup>[10]</sup>

注：供試品種は「きらら 397」、1990 年空知地域の現地試験。\*\*: 1%水準で有意。

るととくに高くなることが示され(図 7, 図 8)、これを超えないように栽培することが必要とされた。なお、m<sup>2</sup> 当たり初数 30,000 粒をこえた場合の白未熟粒の増加の割合には品種間差異も認められた。

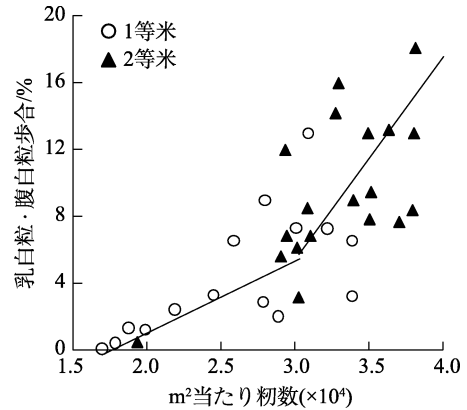


図 7 m<sup>2</sup> 当たり初数と乳白粒・腹白粒歩合および検査等級との関係(供試品種は「きらら 397」)<sup>[10]</sup>

注：1990 年空知地域の現地試験。

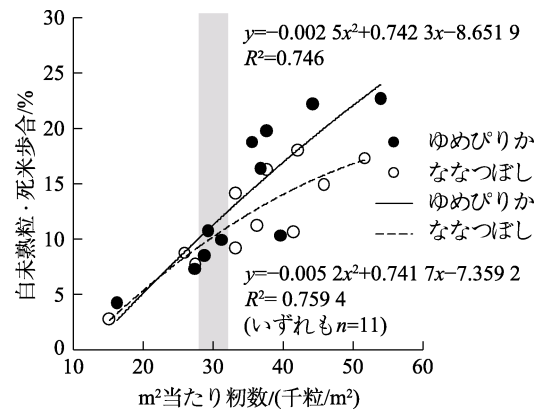


図 8 m<sup>2</sup> 当たり初数と白未熟粒・死米歩合の関係における品種比較(供試品種は「ゆめぴりか」と「ななつぼし」)<sup>[12]</sup>

注：網掛け部分は「ゆめぴりか」の栽培基準における m<sup>2</sup> 当たり初数 28,000~32,000 粒/m<sup>2</sup> の範囲を示す。2014—2016 年。

一方、多肥栽培により倒伏が生じることも多い。例えば、出穂後 40 日間の日平均積算気温と乳白粒、基部未熟粒および腹白粒の 3 種の白未熟粒の合計発生歩合との関係には、820~860 °C で最低となる 2 次回帰曲線の関係があった。その倒伏の発生により白未熟粒歩合が同回帰曲線よりも大きく高まることが認められた(図 9)。

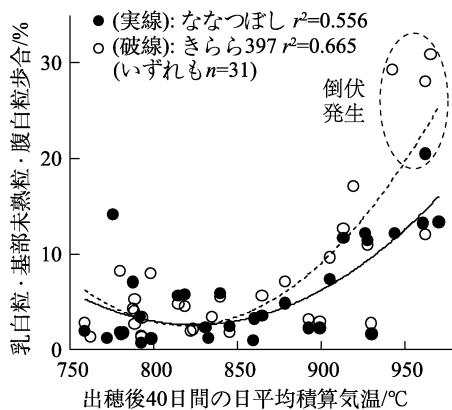


図 9 倒伏の発生が出穂後 40 日間の日平均積算気温と乳白粒・基部未熟粒・腹白粒歩合との関係に及ぼす影響<sup>[13]</sup>

注：2006—2010 年の北海道立総合研究機構上川・中央・道南農業試験場圃場および空知・渡島・松山地域の現地試験のべ 31 試験産米。回帰曲線は、「ななつぼし」： $y = 0.0006x^2 - 1.0317x + 427.58$ ，「きらら 397」： $y = 0.001x^2 - 1.6395x + 673.87$ 。破線の楕円は倒伏発生を示す。

### 3 栽植密度と穂揃い性

栽植密度と刈り取り時期については、中苗と成苗いずれも疎植での乳白粒・心白粒の発生

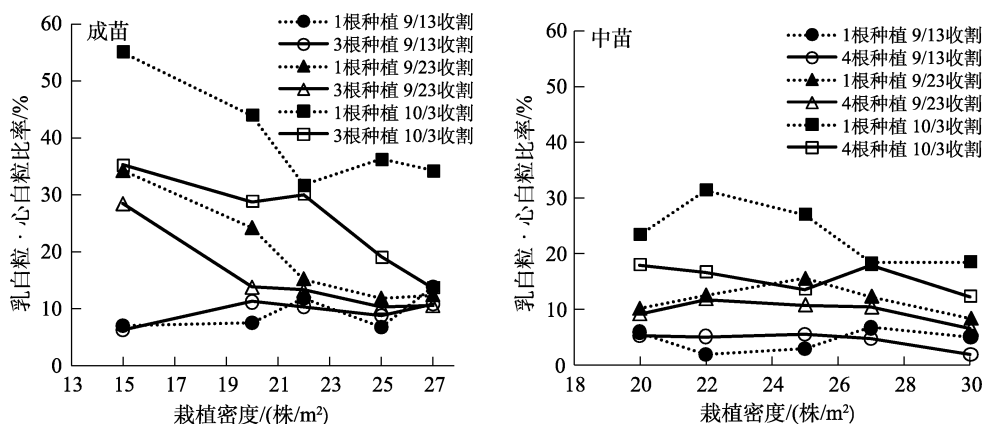


図 10 苗種別と刈り取り時期別における栽植密度が乳白粒・心白粒歩合に及ぼす影響<sup>[12]</sup>

注：供試品種は「きらら 397」で、1990 年北海道立中央農業試験場稲作部での試験。出穂期は、成苗で 1 本植：7/28~8/2，3 本植：7/28~31，中苗で 1 本植：8/5~8/9，4 本植：8/3~8/6。粒厚は 1.80 mm 以上。なお、栽培基準では成苗が 2~4 本/株，中苗が 4~5 本/株。

一方、苗種について成苗は中苗に比べ乳白粒・心白粒の発生率が高かった試験結果(図 10)や、同じ「きらら 397」を供試しても乳白粒・腹白粒歩合にこれら苗種間で差異がみられないとする成績もあった<sup>[10]</sup>。さらに刈り取り時期と乳白粒などの発生との関係についても、刈り取りが遅くなるにともない未熟粒歩合が低下するとの成績もあり(図 14)、栽培条件で結果が異

率が高く、刈り取り時期の遅れにより高まった<sup>[15]</sup>(図 10, 図 11)。このことから、栽植密度の基準を守り適期刈り取りを行うことの重要性が明らかとなった。

このことは、北海道では東北以南に比べ生育初期の気象が冷涼なため、初期の分げつ発生が劣り出穂前の生育期間も短いため出穂揃いが劣り<sup>[16]</sup>、遅発分げつを多く発生させる場合があるためである。とくに疎植栽培において、遅れ穂の粒が刈り取り適期を過ぎてから肥大化し、適期刈りでは粒厚選別機で屑米となるものが、遅刈りでは乳白粒などとして精玄米に入ってくる。

また、育苗時期の苗 2.5 葉期以降にハウス内気温 25℃以上の高温に遭遇させると、早期異常出穂が発生することが知られている(図 12)。この発生により穂揃いが不良となり、白未熟粒が発生する(図 13)。

なった。

### 4 過剰分けつと深水灌漑

初期生育が良好な場合には、深水灌漑により後期の過剰分けつの発生を抑制することにより、登熟歩合が高く千粒重が重く多収となり、品質も向上する傾向があった(表 2)。それらは、深水灌漑により出穂後 10 日目の 1 穂当たり茎の

乾物重が重くなることでもたらされた<sup>[11,19]</sup>。ただし、深水灌漑により稈長が長くなり倒伏しやすくなるため、留意が必要である。

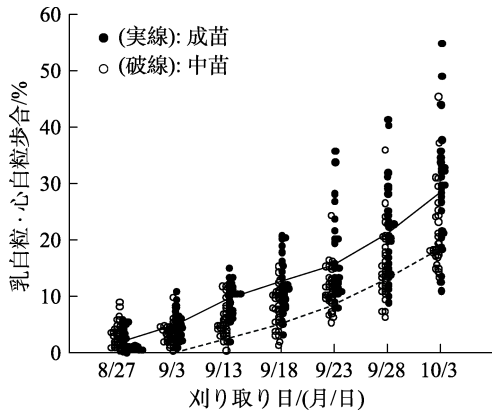


図 11 苗種別における刈り取り時期別の乳白粒・心白粒歩合の推移<sup>[13]</sup>

注：供試品種は「きらら 397」で、1990 年北海道立中央農業試験場稲作部での試験。

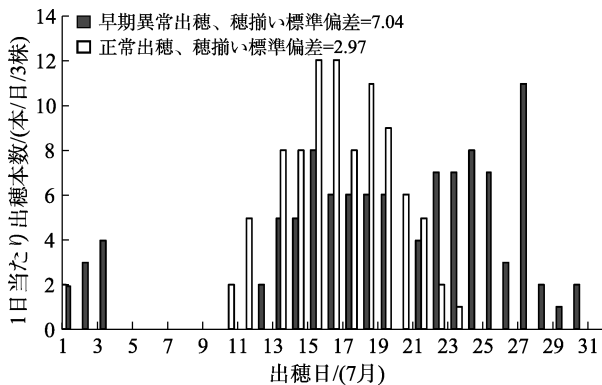


図 12 早期異常出穂のパターン<sup>[17]</sup>

注：1 株 3 本植えの 3 株全ての穂における出穂日毎の出穂本数。穂揃いの標準偏差は分けつ毎の出穂日の標準偏差を示す。

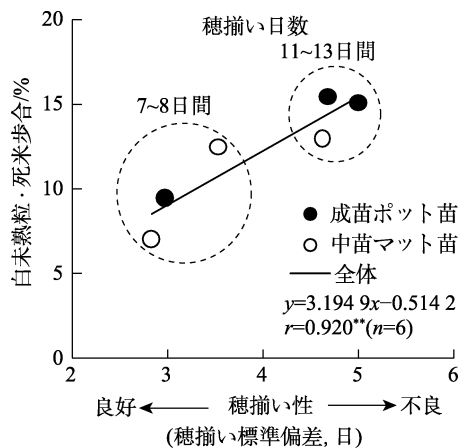


図 13 穂揃い性の良否と白未熟粒・死米歩合との関係<sup>[4]</sup>

注：2014—2016 年，供試品種は「ゆめぴりか」。穂揃い標準偏差は図 12 脚注参照。\*\*は 1%水準で有意。

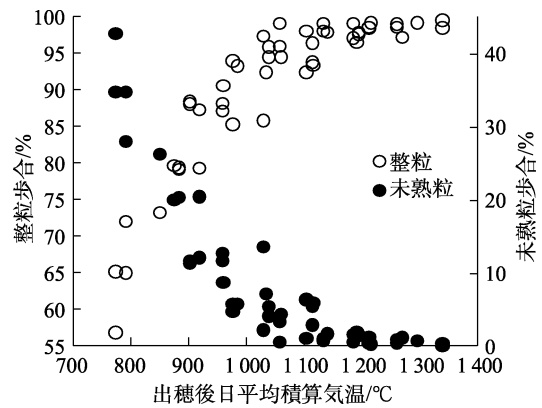


図 14 出穂後日平均積算気温と整粒歩合および未熟粒歩合との関係 - 刈り遅れによる未熟粒発生がなかった例 -<sup>[18]</sup>

注：1998 年，北海道立上川農業試験場での試験。供試品種は「きらら 397」および「ほしのゆめ」。

## 5 登熟期の土壤水分

登熟期の土壤水分不足は、千粒重の低下による減収や腹白粒の増加による玄米品質の低下を生じさせ（表 3），とくにケイ酸が少ない場合

表 2 分けつ期からの深水管理が収量と玄米品質に及ぼす影響<sup>[11]</sup>

水管理 処理	玄米収量 (kg/10a)	m <sup>2</sup> 当たり 初数/(×10 <sup>3</sup> )	不稔 歩合/%	登熟 歩合/%	千粒 重/g	検査 等級
浅水	586	34.4	12.2	78.9	22.4	2.1
深水 200	638	33.1	8.2	85.1	23.1	1.5
深水 400	642	34.4	7.8	84.6	23.2	1.8
深水 600	621	32.4	6.8	84.5	23.0	1.8

注：供試品種は「きらら 397」。1991 年上川農業試験場圃場試験による。成苗と中苗での早植え（5.16），標準植え（5.23），遅植え（5.30）の平均。水管理の深水 200，400，600 は深水処理開始時期の分けつ数が概ねそれぞれ 200，400，600 本/m<sup>2</sup>であることを示し，同処理終了は止葉揃い期。同処理の深さは最上位葉の葉耳を目安にし，7~13 cm。検査等級は 1 等：1，2 上；2，2 中；3，2 下；4。なお，現在の深水管理開始の判断基準は m<sup>2</sup> 当たり茎数が 6 月 15 日 300，20 日 400，25 日 575 および 30 日 750 以上。

表 3 出穂後 2~4 週の土壤水分ポテンシャル，精玄米収量および米粒品質<sup>[20]</sup>

出穂 2~4 週の土壤水 分ポテンシャル	精玄米収 量 g/10a	玄米白度	腹白歩 合/%	精米蛋白含 有率/%
pF0.0	24.6	18.2	2.4	7.0
pF2.1	23.3	18.4	2.6	6.7
pF2.4	24.4	18.1	5.0	6.5
pF2.7	22.8	18.6	8.3	6.8
pF3.0	22.0	19.2	9.8	7.0

注：1998 年と 1999 年の平均。北海道立上川農業試験場におけるポット試験。土壤の PF 値が高く乾燥するほど玄米白度が高いのは，腹白粒が発生した影響による。



に腹白粒の発生が顕著となった(図 15)。早期の落水は土壤水分不足を生じさせ、小粒化による減収や腹白粒の多発生をもたらすことがあることから、適正な土壤水分を保持するように間断灌漑を行い落水時期に注意する<sup>[8-9]</sup>。

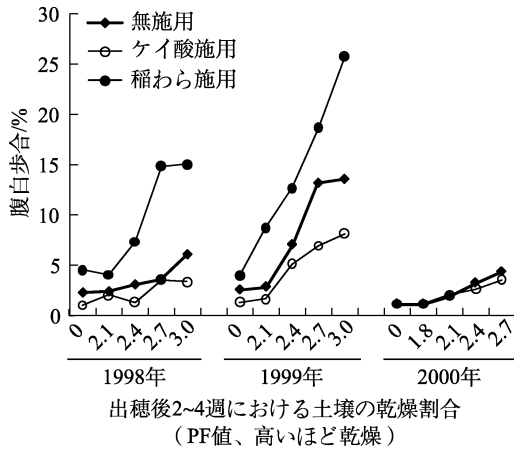


図 15 出穂後 2~4 週の水ストレス下における腹白歩合に及ぼすケイ酸および稲わら施用の影響<sup>[20]</sup>  
注: 北海道立上川農業試験場におけるポット試験。

## 6 未熟粒発生機の機作と栽培技術による対応

出穂期から出穂揃い期の 10 日後までに転流された 1 穂当たり非構造型炭水化物 (NSC) 量, および粗玄米収量から同転流量を減じた登熟期間の 1 穂当たり増加 NSC 量がともに増加するに伴い, 白未熟粒・死米の発生が減少した<sup>[21-22]</sup>(図 16)。なお, NSC は植物自身のエネルギー源とし

て利用可能な糖やデンプン等の総称である。

すなわち, 過剰な施肥や土壤窒素吸収の過多で初期生育が過剰になり, そのため  $m^2$  当たり初数が過剰になると, 初間で光合成デンプンへの競合が生じ, 弱勢穎果では腹白粒が, 強勢穎果では乳白粒や白死米が発生する。また, 育苗時の高温による早期異常出穂や晩植および疎植により初期生育が不良化し, 穂揃いが悪化すると, 弱勢穎果は乳白粒や白死米を生じ, とくに遅れ穂では低温による青死米が発生する(図 17)。

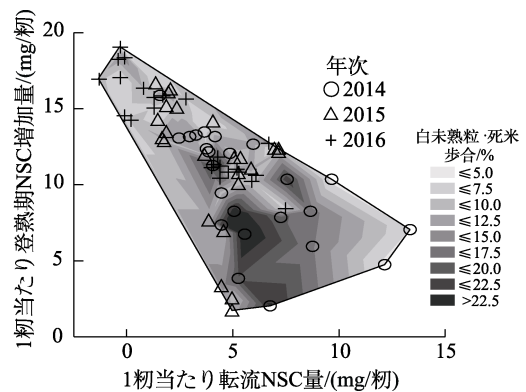


図 16 1 穂当たり非構造型炭水化物 (NSC) 転流量および 1 穂当たり登熟期 NSC 増加量と白未熟粒・死米歩合との関係<sup>[12]</sup>

注: 2014—2016 年, 供試品種は「ゆめぴりか」,  $n = 72$ 。  
 $1 \text{ 穂当たり転流 NSC 量 (mg/穂)} = \{ \text{出穂期 NSC 量 (g/m}^2) - \text{出穂揃い期 10 日後茎葉 NSC 量 (g/m}^2) \} / \text{m}^2 \text{ 当たり初数 (/m}^2)$ 。  
 $1 \text{ 穂当たり登熟期増加 NSC 量 (g/m}^2) = \{ \text{粗玄米収量 (乾物 g/m}^2) - \text{転流 NSC 量 (g/m}^2) \} / \text{m}^2 \text{ 当たり初数 (/m}^2)$ 。

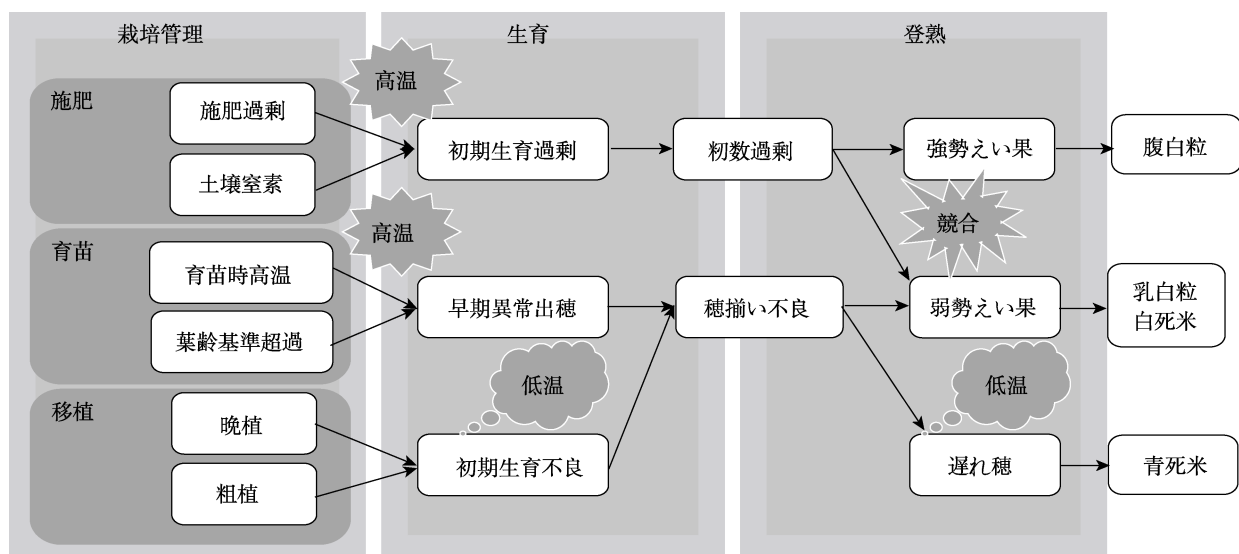


図 17 白未熟粒・死米と生育および栽培管理の関係<sup>[4]</sup>

これら m<sup>2</sup> 当たり初数の過剰に対しては、施肥標準の遵守や土壌診断による施肥対応が必要である(表 4)。また、初期生育過剰には、分けつ期からの深水管理を行う。なお、青死米の発生は 1 初当たり 0.03 °C/初/m<sup>2</sup> 以下となる場合に多くなることから、m<sup>2</sup> 当たり初数の適正化とともに、適期移植や初期生育促進<sup>[8-9]</sup>により出穂期を早める。

穂揃い性を良くするためには、移植時に基準の栽植密度を遵守するなど、初期生育を促進する。さらに、早期異常出穂の発生を回避するため、

育苗時に苗 2.5 葉期以降にハウス内を気温 25 °C 以上としないこと、および移植時葉齢の品種別上限に達する前に移植を行うことが重要である。

乳白粒および基部未熟粒の発生にはそれぞれ品種間差異が認められている。例えば、乳白粒では登熟期に窒素吸収量が急激に低下し光合成量が急減する、あるいは登熟期間の日射が少ない、また基部未熟粒では登熟後半でも気温が低下しにくいなど、栽培圃場の土壌特性や気象条件により各白未熟粒が発生しやすい場合には、品種選定による対応が必要である。

表 4 北海道米の白未熟粒・死米の発生要因と軽減方策<sup>[12]</sup>

形質	発生要因	対策	内容・留意点
乳白粒 腹白粒 白死米 青死米	初数過剰	適正施肥	・施肥標準の遵守および診断に基づく施肥対応(土壌診断、有機物施用、乾土効果に応じた窒素減肥)。
		深水管理	・初期生育過剰の場合は、分けつ期からの深水管理 <sup>1)</sup> で穂数を抑える。
		1 初当たり登熟温度 <sup>2)</sup> の確保(青死米)	・適期移植と初期生育の促進。 ・青死米の発生は 1 初当たり登熟温度 0.03 °C/初/m <sup>2</sup> 以下で多い。
穂揃い性不良	早期異常 出穂の抑制	早期異常	・育苗時の温度管理(2.5 葉期以降に 25 °C 以上にしない)。
		出穂の抑制	・移植時葉齢上限(ななつまし: 4.0 葉、ゆめぴりか: 4.2 葉、きらら 397: 4.4 葉)の遵守。
		栽植密度の 適正化	・水稲機械移植基準(中苗マット: 25 本/m <sup>2</sup> 以上、成苗ポット: 22-25 本/m <sup>2</sup> )の遵守。
品種特性(乳白粒)	品種選定 <sup>3)</sup>	・乳白粒の発生は「ゆめぴりか」と「きたくりん」で多い。	
基部未熟粒	品種特性	品種選定	・発生は「きたくりん」で多く、出穂期後 21~40 日間の日平均気温の上昇で助長される。

注: 1) 「きらら 397」での基準に準じる, 表 2 脚注参照。倒伏リスクが高まるため施肥標準を遵守する。2) 出穂期後 40 日間の日平均気温積算値/m<sup>2</sup> 当たり初数 (0.03 °C/初/m<sup>2</sup> は 960 °C / 32,000 粒/m<sup>2</sup> に相当)。3) 供試 3 品種は図 4 参照。

## 7 色彩選別機の活用

1990 年代後半から、大型のライスターミナルを中心に、色彩選別機の導入が進んだ<sup>[23]</sup> (図 18)。すなわち、粒厚選別による調製後、さらに色彩選別機にかけ、乳白粒や青米などの未熟粒や被害粒、着色粒を除去できる。そのため、選別歩留は低下するが、確実に検査等級を上げ、1 等に調製でき、また玄米白度や搗精歩合を上げることが出来る(表 5)。さらに、粒厚選別時に狭い篩目を用いて、その後色彩選別機をかけて 1 等米に調製することにより、選別歩留まりと整粒歩合の両者ともに上げ、1 等米とすること

も出来る(表 6)。

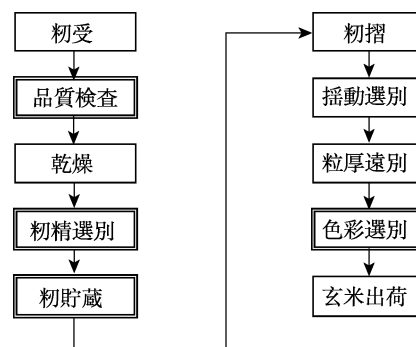


図 18 米の共同乾燥調製貯蔵施設(カントリーエレベーター)における籾荷受から玄米出荷までの流れ<sup>[23]</sup>

注: 二重線の四角囲みは、近年に品質・食味向上のための新たな技術が導入されている工程。



表 5 粒厚選別と色彩選別を組み合わせた時の玄米白度および搗精歩合<sup>[24]</sup>

玄米の選別方法（粒厚選別のみあるいは粒厚選別の後に色彩選別）	玄米白度	搗精歩合/%
粒厚選 1.80 mm のみ	16.5	88.9
粒厚選 1.80 mm+色彩選	16.8	89.7
粒厚選 1.90 mm のみ	16.6	90.0
粒厚選 1.90 mm+色彩選	17.0	90.4
粒厚選 2.00 mm のみ	16.6	90.1
粒厚選 2.00 mm+色彩選	16.6	90.1

表 6 粒厚選別と色彩選別を組み合わせた時の歩留、検査等級および整粒歩合の向上<sup>[23]</sup>

試料	選別歩留/% (粒厚選別の篩の目幅)			検査等級 (粒厚選別の篩の目幅)			整粒割合/% (粒厚選別の篩の目幅)		
	1.80 mm	1.90 mm	2.00 mm	1.80 mm	1.90 mm	2.00 mm	1.80 mm	1.90 mm	2.00 mm
2001 年北村産 色選なし	97.3	94.1	84.0	等外	等外	3 (中)	73.4	74.9	78.4
きらら 397 色選あり	88.2	<b>88.2</b>	81.5	1 (下)	<b>2 (上)</b>	2 (上)	80.6	<b>80.8</b>	79.3
2002 年北村産 色選なし	98.5	95.9	84.5	3 (上)	2 (下)	2 (中)	70.6	72.3	75.8
きらら 397 色選あり	89.6	<b>89.5</b>	81.9	1 (下)	<b>1 (下)</b>	1 (下)	75.5	<b>75.9</b>	75.9
2003 年長沼産 色選なし	98.1	92.5	72.3	等外	等外	3 (下)	74.0	76.4	81.3
きらら 397 色選あり	84.9	<b>83.6</b>	67.3	1 (中)	<b>1 (中)</b>	1 (中)	85.6	<b>84.6</b>	85.3
	1.75 mm	1.85 mm	1.95 mm	1.75 mm	1.85 mm	1.95 mm	1.75 mm	1.85 mm	1.95 mm
2001 年美唄産 色選なし	97.5	94.1	79.7	3 (下)	3 (中)	2 (中)	68.7	69.8	75.2
ほしのゆめ 色選あり	85.9	<b>85.6</b>	76.9	1 (下)	<b>1 (下)</b>	1 (下)	77.5	<b>78.1</b>	77.0

注：生産者は整粒歩合向上のため粒厚選別期機の篩の目幅を、「きらら 397」では 2.00 mm, 「ほしのゆめ」では 1.95 mm と従来よりも広くしている。矢印はその改善策として篩の目を 0.10 mm 狭くして色彩選別機をかけることを示す。

## 8 1 等米比率の向上

このような栽培技術および玄米調製技術の向上により北海道米の 1 等米比率は過去 40 年で大きく上昇した（図 19）。そのため、過去 20 年

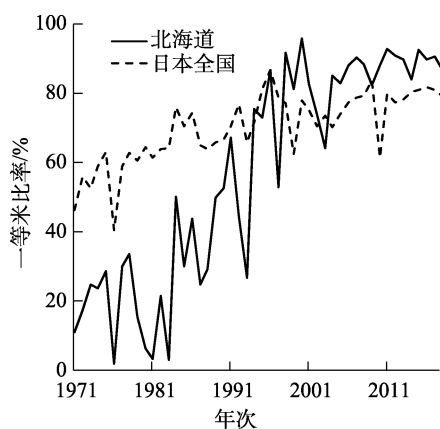


図 19 1971 年以降における北海道と日本全国の一等米比率の推移<sup>[25]</sup>

注：近年の北海道において、1993、2003 年は作況指数がそれぞれ 40、73 の冷害が発生し<sup>[2-3]</sup>、1997 年は水稻登熟期前半の 8 月における低温寡照<sup>[5]</sup>により、玄米品質が低下した。

では、登熟期前半に低温寡照であった 1997 年および冷害年であった 2003 年の 2 カ年を除けば、1998 年以降概して全国平均を上回っている。ただし、近年では 2009 年と 2014 年には全国平均とほぼ同じか上まわるものの他の年次よりやや低下している。これらの落等は、それぞれ出穂遅延での登熟期の低温から生じる登熟障害による腹白粒、および穂揃い不良による白未熟粒の発生による<sup>[6-7]</sup>。

白未熟粒の多発生時には、北海道で色彩選別機導入前に一時行われていたように粒厚選別機の篩の目幅を通常より広くすることや、通常の篩目で粒厚選別後に色彩選別機をさらにかけることにより、白未熟粒を除くことができる。しかし、これらの方法は選別歩留を下げ、とくに色彩選別機の使用では追加の費用および労力を必要とし、生産者の収入を低下させる。それ

らを回避するためには、白未熟粒発生を抑制する基本技術の励行が必要である。また、1997年にみられる登熟期前半の低温寡照による白未熟粒の発生<sup>[5]</sup> (図 19)には、栽培法による対応も困難であり、品種育成での対応が望まれる。

### 引用文献:

- [1] 全国食糧検査協会編. 農産物検査ハンドブック 米穀編. 東京: 日本農民新聞社, 2002: 1-361.
- [2] 北海道立農業試験場, 畜産試験場. 平成 5 年主要農作物作況 —北海道立農業・畜産試験場における—. 北農, 1994, 61(1): 77-107.
- [3] 北海道立農業試験場, 畜産試験場. 平成 15 年主要農作物作況 —北海道立農業・畜産試験場における—. 北農, 2004, 71(1): 17-53.
- [4] 熊谷聡. 北海道米における白濁要因明らかにされ軽減可能に 生育と初数のバランス良い稲を育てる. ニューカントリー, 2018, 767(2018.2): 54-55.
- [5] 北海道立農業試験場, 畜産試験場. 平成 9 年主要農作物作況 —北海道立農業・畜産試験場における—. 北農, 1998, 65(1): 36-69.
- [6] 北海道立農業試験場, 畜産試験場. 平成 21 年主要農作物作況 —北海道立農業・畜産試験場における—. 北農, 2010, 77(1): 68-100.
- [7] 北海道立総合研究機構農業試験場, 畜産試験場. 平成 26 年主要農作物作況 —道総研農業・畜産試験場における—. 北農, 2015, 82(1): 79-107.
- [8] 丹野久. 北海道における良食味低蛋白米の生産技術. 松江勇次編著, 米の外観品質・食味 —最新研究と改善技術—. 東京: 養賢堂, 2018: 323-347.
- [9] 丹野久. 日本の寒冷地における良食味米栽培. 粮油食品科技 (中国), 2019, 27(6): 18-26.
- [10] 北海道空知支庁・北海道立中央農業試験場, 空知米麦改良協会. 乳白・腹白米大量発生年における現地実態調査とその対策, 空知支庁農務課調査技術資料 5 号. 岩見沢: 空知支庁農務課, 1991: 1-190.
- [11] 北海道立中央農業試験場, 上川農業試験場. 「きらら 397」の栽培特性. 北海道立総合研究機構農業技術情報広場試験研究成果一覧 (1992). <https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/h04gaiyo/1991001.htm> (2020/7/14 閲覧).
- [12] 北海道立総合研究機構 上川農業試験場. 北海道米の白未熟粒・死米の発生要因と軽減方策. 北海道立総合研究機構農業技術情報広場試験研究成果一覧 (2016). <http://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/29/f2/34.pdf> (2020/7/14 閲覧).
- [13] 丹野久, 平山裕治. 北海道におけるうるち米の外観品質とその変動要因. 松江勇次編著, 米の外観品質・食味 —最新研究と改善技術—. 東京: 養賢堂, 2018: 349-368.
- [14] 北海道立総合研究機構農業試験場, 畜産試験場. 平成 22 年主要農作物作況 —道総研農業・畜産試験場における—. 北農, 2011, 78(1): 59-88.
- [15] 今野周, 今田孝弘, 中山芳明, 等. 登熟期の環境要因及び生育条件が水稻の登熟, 収量及び品質に及ぼす影響. 山形農試研報, 1991, 25: 7-22.
- [16] 岩田俊昭. 北海道における水稻生育の特徴. 北海道米麦改良協会編, 北海道の米づくり [2011 年版]. 札幌: 北海道米麦改良協会, 2011: 12-15.
- [17] 北海道立総合研究機構 上川農業試験場, 中央農業試験場. 成苗ポット苗における早期異常出穂抑制技術. 北海道立総合研究機構農業技術情報広場試験研究成果一覧 (2013). <https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/26/f1/12.pdf> (2020/7/14 閲覧).
- [18] 五十嵐俊成. 外観品質を左右する要因と向上対策. 北海道米麦改良協会編, 北海道の米づくり [2011 年版]. 札幌: 北海道米麦改良協会, 2011: 89-95.
- [19] 千葉雅大, 松村修, 渡邊肇, 等. 水稻深水栽培は茎のソース機能を高めることにより 2 次枝梗初が増加しても白未熟粒の発生を抑える. 日作紀, 2013, 82 (3): 223-232.
- [20] 古原洋, 渡辺祐志, 竹内晴信, 等. 北海道米の食味・白度の変動要因解析と高位安定化技術. 北農, 2002, 69 (1): 17-25.
- [21] 大西政夫, 堀江武. 重量法による水稻各器官中の非構造性炭水化物の簡易定量法. 日作紀, 1999, 68(1): 126-136.
- [22] 塚口直史, 堀江武, 大西政夫. 水稻の登熟に及ぼす登熟初期の非構造性炭水化物の影響. 日作紀, 1996, 65(3): 445-452.
- [23] 川村周三. 米の収穫後技術による品質・食味の向上. 松江勇次編著, 米の外観品質・食味 —最新研究と改善技術—. 東京: 養賢堂, 2018: 393-417.
- [24] 北海道大学 農学研究科 農産物加工工学研究室. 粒厚選別と色彩選別の組み合わせによる玄米品質および歩留向上技術. 北海道立総合研究機構農業技術情報広場試験研究成果一覧 (2003). <https://www.hro.or.jp/list/agricultural/center/kenkyuseika/gaiyosho/h15gaiyo/2003503.pdf> (2020/7/14 閲覧).
- [25] 北海道農政部 生産振興局農産振興課編. 米に関する資料 [生産・価格・需要] 令和元年 10 月. 北海道農政部生産振興局農産振興課北海道の水田農業 (2019). [http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/nsk/kome/01\\_r1zentai.pdf](http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ns/nsk/kome/01_r1zentai.pdf) (2020/7/14 閲覧). 

### 備考:

1. 参考文献の中で、国家を明記するジャーナル以外、その他はすべて日本語のジャーナルである。
2. 本論文のカラーグラフは本誌のHPサイト (<http://lyspkj.ijournal.cn/ch/index.aspx>)、中国知網、万方、唯普、超星などのデータベースをダウンロードして取得できる。