水稲新品種「つきあかり」の北陸地域における多収条件
成熟期の諸形質の解析より

誌名	日本作物學會紀事
ISSN	00111848
著者名	石丸,努 大平,陽一 大角,壮弘 古畑,昌巳 大川,泰一郎 吉永,悟志
発行元	日本作物學會
巻/号	91巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 49-58
発行年月	2022年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat

日作紀（Jpn. J. Crop Sci.）91（1）：49—58（2022）

水稲新品種「つきあかり」の北陸地域における多収条件
－成熟期の諸形質の解析より－

石丸努[1)]・大平陽一[1)]・大角壮弘[1)]・古畑昌巳[1,2)]・大川泰一郎[3)]・吉永悟志[4)]

([1)]農研機構中日本農業研究センター上越研究拠点，[2)]農研機構東北農業研究センター大仙研究拠点，
[3)]東京農工大学大学院農学研究院，[4)]農研機構中日本農業研究センター）

要旨：北陸地域において早生で極良食味の水稲新品種「つきあかり」は，同熟期の「あきたこまち」に比べて10%程度の多収を示す品種として栽培地域が拡大している．本研究では北陸地域での成熟期の諸形質の解析を通じ，「つきあかり」の多収条件を明らかにしようとした．2017～2019年の3年間で計47区の調査を行った結果，「つきあかり」における精玄米重は750 g m^{-2}程度で頭打ちになった．また精玄米重750 g m^{-2}の多収を達成し得る収量構成要素の理論値を，精玄米重や単位面積あたり籾数，その他の収量構成要素との有意な相関関係から算出したところ，籾数は35.7千粒 m^{-2}，穂数は423本 m^{-2}，登熟歩合は83.8%，千粒重は25.1 gであった．地上部窒素吸収量は14.0 g m^{-2}であった．登熟期に異常高温であった2019年を除いた2017年と2018年の単位面積あたり籾数と整粒歩合との負の相関関係より，籾数の制御は高い外観品質の維持に重要であり，籾数35.7千粒 m^{-2}のとき，整粒歩合は72.5%，玄米タンパク質含有率は7.1%であった．また精玄米重750 g m^{-2}のときの稈長は80.4 cmであり，稈長を80 cm程度に制御することは倒伏の回避に重要であることが分かった．以上の結果より，北陸地域において「つきあかり」は登熟期の異常高温に遭遇しない限り，精玄米重750 g m^{-2}の多収かつ整粒歩合70%以上，玄米タンパク質含有率7.0%程度の高品質なコメを倒伏を抑えつつ栽培することが可能な品種であることが示された．

キーワード：玄米品質，水稲，耐倒伏性，多収品種，つきあかり．

近年，我が国では単身世帯や共働き世帯の増加，高齢化に伴い，人々の生活様式に変化がみられ，コメ消費の動向も変化してきている．日本人一人あたりの年間コメ消費量は1962年にピークの118.3 kgとなって以降，漸減を続けており，2015年には56.9 kgとなった．コメの消費量は減っている一方で，コメ消費に占める中食や外食の割合は1970年の13.4%から増加し，2010年には29.5%，2035年には40%を超えると予測されている（米穀安定供給確保支援機構2015）．

これまでの家庭で消費されていた主食用米の炊飯特性と，中食・外食用に求められるコメの炊飯特性は大きく異なる．中食・外食用に適するコメには，炊飯米表面の適度な硬さ，炊飯米の膨張率の高さ（いわゆる炊き増え），炊飯後の品質保持能力，他品種とのブレンドへの適応性，などが求められるため，これまでの「コシヒカリ」に代表される炊飯米の粘りが強い従来の品種は，中食・外食用炊飯に適しているとは言い難い（Kobayashiら2018）．中食・外食の需要増大に対応するため，農研機構では近年，業務・加工用水稲品種の開発に注力してきた．業務・加工用水稲品種に求められる大きな特徴は，良食味でありながら比較的低価格で取引されることであり，多収は必須の育種目標となっている（農研機構次世代作物開発研究センター2020）．それぞれの業務・加工用水稲品種で目標収量や品種特性をまとめた栽培マニュアルも作成されている（農研機構中央農業研究センター北陸研究拠点2019，農研機構北海道農業研究センター2018，農研機構次世代作物開発研究センター2017，2019，農研機構西日本農業研究センター2018）．

「つきあかり」は，農研機構中央農業研究センター北陸研究拠点（現農研機構中日本農業研究センター上越研究拠点）で2016年に育成された北陸地域において早生で大粒，極良食味を示す水稲多収品種である（笹原ら2018）．「つきあかり」は熟期の違いから，中生の地域基幹品種「コシヒカリ」との作期分散が可能であり，食味に関しては炊き立てと炊飯数時間後のどちらでも「コシヒカリ」と同等かそれ以上の食味を有する（笹原ら2018）．現在のところ普及の中心地は新潟県であるが，2020年までに東北地方から兵庫県・広島県の西日本までの13県で産地品種銘柄が設定されており，今後の普及拡大が期待される．

「つきあかり」の多収性について，笹原ら（2018）は同熟期の「あきたこまち」に比べて10%程度の多収である684 g m^{-2}を示すこと，1穂籾数は多いが穂数が少ない“偏穂重型”の品種であること，粒大で24 g前後の千粒重を示すこと，耐倒伏性は“やや強”であること，を明らかにしている．これまでに開発された「あきだわら」・「やまだわら」・「恋初めし」の業務・加工用水稲品種の収量は，単位面積あたりの籾数に依存することが知られているが（小林・

2021年5月17日受理．連絡責任者：石丸努　〒943-0193 新潟県上越市稲田1-2-1
TEL 025-526-3218，FAX 025-524-8578，cropman@affrc.go.jp
本研究の一部は農林水産省委託プロジェクト「広域・大規模生産に対応する業務・加工用作物品種の開発」（平成29-30年）および農研機構交付金プロジェクト「栽培管理支援システムの適用拡大」（令和1年）の支援を受けた．

長田 2018，2020，Yoshinaga ら 2018），「つきあかり」に関しては収量限界や，収量限界を達成するために必要となる単位面積当たり籾数の解析，および収量の増加に伴う外観品質や食味に影響を及ぼす玄米タンパク質含有率の特徴づけが行われていない．また収穫時の作業効率に大きく影響する耐倒伏性についても，「つきあかり」は「コシヒカリ」や「あきたこまち」，「ひとめぼれ」などのこれまでの良食味品種に比べると耐倒伏性は明らかに高いことが報告されている（笹原ら 2018）が，稈の特性や収量限界を考慮に入れた総合的な評価はなされておらず，今後の普及にあたって業務・加工用水稲品種に最も求められる多収性および多収を達成した場合の玄米品質に関する基盤的な情報が十分に提供されているとは言えない．

本研究は水稲品種「つきあかり」の多収要因を同熟期の「あきたこまち」との品種比較を通じて解析するとともに，北陸地域の多地点・複数年における施肥試験を通じて，収量限界やその際の収量構成要素・窒素吸収量・玄米外観品質・玄米タンパク質含有率・耐倒伏性との相互関係を明らかにすることを目指した．

材料と方法

1．栽培方法

水稲品種「つきあかり」を 2017～2019 年に農研機構中央農業研究センター北陸研究拠点（以下，中央農研北陸）の試験圃場（新潟県上越市鴨島）と 3 か所の生産法人の圃場（新潟県上越市板倉区，新潟市秋葉区，石川県野々市市）で肥効の異なる窒素肥料を施用量や施用時期を変えて栽培した（第 1 表，第 2 表）．土壌分類について，新潟県上越市鴨島と上越市板倉区はグライ低地土，新潟市秋葉区は灰色低地土，石川県野々市市は低地水田土である（農研機構農業環境変動研究センター日本土壌インベントリー 2019）．窒素処理区を試験地や試験年で区別すると，3 年間で計 47 区を試験したことになり，それぞれの処理区に第 1 表と第 2 表のように試験区番号を付した．基肥を LP30 で 6 g m^{-2}，穂肥を硫安で 3 g m^{-2}，栽植密度 22.2 株 m^{-2} を標肥区とした（第 1 表の網掛け部．試験区番号 8，18，30）．また，中央農研北陸では「つきあかり」と同熟期の「あきたこまち」を 2017～2019 年の 3 年間，比較品種として標肥区で栽培した．各試験地の慣行栽培に従い，栽培適期の 4 月中に苗箱播種，4 月末から 5 月下旬に稚苗を移植した．中央農研北陸ではすべての試験区で手植えによる移植を行い，各処理区につき 3 反復の乱塊法とした．3 か所の生産法人の圃場では機械移植を行った．1 株あたりの植え付け本数はいずれの試験でも平均で 3 本程度である．中央農研北陸での 1 試験区あたりの栽培面積は 12.8 m^2，生産法人の圃場面積は 20 a～100 a であり，穂肥は出穂前 28～14 日前に施用した（第 1 表，第 2 表）．各試験地で 7 月 22 日～8 月 2 日に出穂期に達した．中央農研北陸の標肥区では，「あきたこまち」が「つきあかり」に比べて出穂期は 1 日程度早かった（データ省略）．中央農研北陸での「つきあかり」の試験区間の出穂のずれは最大 4 日であった（データ省略）．

第 1 表　中央農業研究センター北陸研究拠点（上越市鴨島）における LP30 を用いた試験区．

窒素施用量（g m^{-2}）		栽植密度	試験年		
基肥	穂肥	（株 m^{-2}）	2017	2018	2019
0	0	22.2	1	13	23
0	3	22.2	2		24
0	6	22.2	3	14	25
3	0	22.2	4	15	26
3	3	22.2	5	16	27
3	6	22.2	6		28
6	0	22.2	7	17	29
6	3	22.2	8	18	30
6	6	22.2	9	19	31
3	3	11.1	10		
6	3	11.1	11	20	
6	3	26.6	12	21	
6	6	26.6		22	

各試験年の番号は試験区番号．10 a の圃場に 1 プロット当たり 12.8 m^2 の面積で栽培．穂肥には硫安を使用．表中の網掛け部（基肥 6 g m^{-2}，穂肥 3 g m^{-2}，栽植密度 22.2 株 m^{-2}）が標肥区で，「あきたこまち」も同条件で栽培．栽植密度について，条間は 26.6 株 m^{-2} の試験区のみ 25 cm，それ以外は第 2 表を含めて 30 cm．P_2O_5 と K_2O は基肥として 6 g m^{-2} 施用．

2．調査項目

(1) 精玄米重，収量構成要素，玄米外観品質，植物体および玄米の窒素含有率の測定

黄化籾率が 90%に達した収穫適期の 8 月末から 9 月中旬に，倒伏スコアを 0（無）～5（甚）の 6 段階で達観調査（2018 年と 2019 年のみ実施）した後，中央農研北陸では各試験区番号で 3 反復から，3 か所の生産法人の圃場では同じ圃場の異なる 3 地点から，1.8～2.9 m^2 に相当する面積について坪刈りを行い，風通しの良い寒冷紗付きのビニールハウスで自然乾燥させた後，収量（精玄米重）および収量構成要素（穂数・籾数・千粒重・登熟歩合）の調査に供試した．すなわち，全ての穂数を計測した後，1/10 の本数の穂を無作為に抽出しサブサンプルとした．サブサンプルの全ての籾を手で脱粒し，籾摺後，1.8 mm の篩目で選別を行い，千粒重を測定した．また籾摺り・篩選別の前後の籾数と精玄米数から登熟歩合を算出した．サブサンプル以外の穂は機械脱穀，籾摺り後に 1.8 mm の篩で選別を行い，精玄米重を得た．サブサンプルとそれ以外の精玄米重の比から単位面積あたりの穂数と籾数，精玄米重を算出し，単位面積あたり籾数を穂数で割って 1 穂籾数を計算した．精玄米の水分は米麦水分計（ライスタ f，ケット科学研究所）により測定し，精玄米重と千粒重は玄米水分 15%に換算した値として示した．さらに精玄米 25～30 g について，穀粒判別器（RGQI10A，サタケ社製）

第2表　LP30以外の緩効性肥料を用いた中央農研北陸および生産法人圃場の試験区.

県	市町村	圃場位置	窒素施用量 (g m^{-2})		栽植密度	試験年	試験区	基肥の種類
			基肥	穂肥	(株 m^{-2})		番号	
新潟県	上越市	鴨島[a]	6	3	22.2	2018	32	早生スーパー元肥パワフル30
			6	6	22.2	2018	33	早生スーパー元肥パワフル30
			9	3	22.2	2018	34	早生スーパー元肥パワフル30
			12	0	22.2	2018	35	早生スーパー元肥パワフル30
			12	3	22.2	2018	36	早生スーパー元肥パワフル30
			12	0	22.2	2018	37	こしいぶきスーパー元肥2号, LP100, LPS40を混合[e]
新潟県	上越市	板倉区[b]	12.1	0	18.5	2017	38	水稲一発077と発酵鶏糞を併用
			8.2	1.5	18.5	2018	39	水稲一発077と発酵鶏糞を併用
新潟県	新潟市	秋葉区[c]	14.4	0	22.2	2018	40	こしいぶきスーパー元肥2号, LP100, LPS40を混合[e]
			14.4	0	22.2	2018	41	こしいぶきスーパー元肥2号, LP100, LPS40を混合[e]
			12	2	18.5	2019	42	早生スーパー元肥パワフル30
			12	2	22.2	2019	43	早生スーパー元肥パワフル30
			14	0	22.2	2019	44	こしいぶきスーパー元肥2号, LP100, LPS40を混合[e]
			14	0	18.5	2019	45	こしいぶきスーパー元肥2号, LP100, LPS40を混合[e]
石川県	野々市市	末松[d]	8	4	16.7	2017	46	有機くんオール10号
			8	6	18.5	2018	47	有機くんオール10号

[a] 中央農研北陸．表1と同じように10 aの圃場に1プロット当たり12.8 m^{2}の面積で栽培．穂肥には硫安を使用．[b] 穂海農耕．2017年，2018年に30 aの異なる圃場で栽培．穂肥には尿素を使用．[c] 白銀カルチャー．2018年には23 aと28 aの圃場2筆，2019年には1 haの圃場2筆と23 aと28 aの圃場2筆で栽培．育苗は密苗栽培．穂肥には穂肥500号を使用．[d] ぶった農産．2017年，2018年とも20 aの同じ圃場で栽培．2018年のみ密苗栽培．穂肥には有機入りいしかわライト550を使用．

[e] 混合比率は窒素成分の比率で，こしいぶきスーパー元肥2号：LP100: LPS40 = 5.0 : 3.5 : 3.5.

を用いて玄米外観品質調査を行った．

また成熟期に，中央農研北陸では各試験区から4株（第1表の11.1株 m^{-2}の試験区）あるいは8株（第1表と第2表の22.2株 m^{-2}と26.6株 m^{-2}の試験区），生産法人の圃場では収穫地点の3か所から8株ずつ，の抜き取り調査を行った．各株について穂数，茎の末端から穂首までの稈長を測定後，根と土をきれいに除き，80℃で3日以上通風乾燥し，地上部の乾物重を測定した．中庸な穂数・稈長を持つ1株（抜き取り株数が4の試験区）あるいは2株（抜き取り株数が8の試験区）については乾燥サンプルを適当な長さに裁断し十分に混ぜた後，裁断サンプルの一部をサンプルミル（Cyclotec1093，FOSS社）により粉砕した．また各試験区で玄米外観品質調査に用いた玄米3 gを80℃で3日以上通風乾燥し，Shake Master（BMS-A20TP，バイオメディカルサイエンス社）で微粉砕した．地上部植物体および玄米の粉末サンプルを全炭素・全窒素分析器（JM3000CN，J-SCIENCE LAB社製）により窒素含有率を測定した．地上部植物体については，植物体の乾物重をかけて単位面積あたりの窒素吸収量を算出した．玄米については，タンパク質換算係数である5.95を乗じて水分15%換算の玄米タンパク質含有率を算出した．

(2) 茎数の推移および稈の特性調査

「つきあかり」の標肥区（試験区番号8，18，30）の8株について，移植後分げつを開始してから最高分げつ期までは7～14日おきに定期的に，最高分げつ期以降は出穂期および成熟期を中心に数回，茎数を測定した．出穂期以降，枯死した無効分げつは茎としてカウントしなかった．また，2018年と2019年に「つきあかり」と「あきたこまち」の標肥区から出穂後20～25日の節数が第IV位の主茎を1試験区あたり6本，根元から抜き取り，稈長を測定した後，大川・石原（1992）の方法に基づき，フォースゲージ（ZTS-50N, IMADA社製），電動計測スタンド（MX2-500N, IMADA社製），折り曲げ試験治具（GA-10N, IMADA社製）より構成される材料試験機を用いて，第IV節間の葉鞘付挫折時モーメントを測定し，地上部モーメントを葉鞘付挫折時モーメントで除して倒伏指数を算出した．また第IV節間の稈の横断面を中空楕円とみなし，長径と短径をデジタルノギス（150 mm，シンワ測定社）で計測し，その平均値を稈の直径として算出した．

(3) 気象データ

各試験地点の移植から収穫日までを，移植，穂首分化期，出穂期，成熟期に分け，農研機構メッシュ農業気象データ

第3表 各試験地における生育時期別の気象概要.

試験地	試験年	移植～穂首分化期		穂首分化期～出穂日		出穂期～成熟期		出穂後20日間	
		日平均気温（℃）	日射量（MJ m^{-2} 日$^{-1}$）	日平均気温（℃）	日射量（MJ m^{-2} 日$^{-1}$）	日平均気温（℃）	日射量（MJ m^{-2} 日$^{-1}$）	日平均気温（℃）	日射量（MJ m^{-2} 日$^{-1}$）
上越市鴨島	2017	18.9	**20.6**	25.5	**18.4**	25.3	16.3	26.4	16.0
	平年値	19.3	**17.2**	23.8	**15.6**	25.9	16.5	26.5	17.6
	2018	18.9	19.8	**26.1**	**20.8**	27.2	**19.9**	27.8	**21.9**
	平年値	18.5	17.6	**23.1**	**15.1**	26.1	**17.1**	26.3	**17.8**
	2019	20.2	**21.5**	24.0	15.1	27.5	18.7	**29.2**	**23.4**
	平年値	18.9	**17.4**	23.5	15.3	26.1	16.9	**26.4**	**17.7**
上越市板倉区	2017	18.3	**20.6**	25.2	17.3	24.1	15.8	25.8	16.3
	平年値	18.8	**17.0**	23.7	15.7	24.7	15.4	25.9	17.1
	2018	19.5	**19.6**	**26.4**	**21.4**	25.3	16.4	26.8	18.8
	平年値	19.1	**17.0**	**23.4**	**15.4**	24.9	15.7	26.0	17.3
新潟市秋葉区	2018	18.2	17.9	**26.3**	**19.6**	26.2	17.9	27.3	**20.9**
	平年値	18.0	17.7	**23.3**	**15.6**	25.8	17.3	26.2	**18.3**
	2019	18.9	**21.8**	23.3	16.5	26.6	18.1	**28.5**	**22.6**
	平年値	18.1	**17.8**	23.1	15.5	25.7	17.2	**26.1**	**18.3**
野々市市末松	2017	20.1	19.1	26.8	18.7	24.9	16.3	27.0	17.4
	平年値	20.5	16.8	24.9	16.7	25.0	16.2	26.8	18.6
	2018	20.4	19.3	**27.4**	**21.0**	25.8	16.1	28.4	20.1
	平年値	19.9	17.3	**24.2**	**15.9**	25.0	16.3	26.8	19.0

網掛けは日平均気温が平年値よりも0.4℃以上低い時期．太字下線は日平均気温が平年値よりも2℃以上高いか，日射量が2.5 MJ m^{-2} 日$^{-1}$以上高い時期．

（The Agro-Meteorological Grid Square Data, NARO, https://amu.rd.naro.go.jp/）（大野ら 2016）を利用して生育時期別の日平均気温（℃）と日射量（MJ m^{-2} 日$^{-1}$）を求めた．平年値には1981～2010年までの30年間の気象データを用いた．穂首分化期は出穂30日前とみなした．なお玄米外観品質に重要な時期と報告されている出穂後20日間（若松ら 2007）の日平均気温や日射量も併せて算出した．

（4）統計解析

「つきあかり」と「あきたこまち」の標肥区における品種間差，試験年間差および交互作用の検定には統計ソフトR（ver. 3.6.2）を用いた．

結　　果

1. 気象概要

各試験地と試験年の生育時期別の日平均気温と日射量を第3表に示した．日平均気温は2017年の移植～穂首分化期と出穂期～成熟期に各試験地で平年値よりも低くなっていた以外は，概ね平年値よりも高く推移した．日射量については，全ての試験地で移植～穂首分化期および穂首分化期～出穂期に平年値よりも概ね高く推移したのに対し，出穂期～成熟期にかけては平年値とほぼ同じ年が多くみられ，2017年の出穂後20日間の日射量は各試験地で平年よりもやや低く推移した．平均気温や日射量が全ての試験地で平年値よりも顕著に高かったのは2018年の穂首分化期～出穂期で，平均気温は3.0～3.2℃，日射量は4.0～6.0 MJ m^{-2} 日$^{-1}$高かった．また2019年の新潟県の試験地では7月下旬からの高温傾向に加え，8月14～15日の2日間のフェーンによる影響のため，出穂後20日間の日平均気温は平年値に比べて上越市鴨島で2.8℃，新潟市秋葉区で2.4℃高く，日射量も高かった．

2.「つきあかり」と「あきたこまち」の精玄米重，収量構成要素，耐倒伏性に関連する稈の形質の品種間差

「つきあかり」と「あきたこまち」を標肥区で栽培したときの精玄米重と収量構成要素を第4表に示した．精玄米重は3年間平均で「つきあかり」が685 g m^{-2}，「あきたこまち」が623 g m^{-2}で有意な品種間差がみられ，「つきあかり」が10%高かった．穂数は「つきあかり」で有意に少なかった一方，1穂籾数は有意に多く，その結果，籾数は3年間平均で両品種とも33千粒 m^{-2}前後となり，有意な品種間差はみられなかった．登熟歩合は3年間を通じて一貫して「つきあかり」がわずかに高く，千粒重は「つきあかり」で24.4 g，「あきたこまち」で22.3 gとなり，有意な品種間差がみられた．千粒重は3年間平均で「つきあかり」が9.4%高かった．

次に耐倒伏性に関連する稈の形質の品種間差を第5表に示した．稈長は2年間平均で「つきあかり」が72.8 cm，「あきたこまち」が84.0 cmで有意な品種間差がみられた．稈の直径には有意な品種間差はみられなかった．出穂後20～25日に調査した倒伏指数は「つきあかり」で0.95，「あ

第4表 「あきたこまち」と「つきあかり」の標肥区における精玄米重と収量構成要素.

試験年	品種	精玄米重 ($g\ m^{-2}$)	穂数 (本 m^{-2})	1穂籾数	籾数 (千粒 m^{-2})	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)
2017	あきたこまち	601	398	77.7	30.9	83.7	23.5
	つきあかり	677	323	96.0	31.0	87.1	25.1
2018	あきたこまち	662	448	85.7	38.3	77.4	22.3
	つきあかり	719	415	91.8	38.0	79.0	23.9
2019	あきたこまち	606	421	74.3	31.2	91.4	21.2
	つきあかり	660	333	88.1	29.3	93.6	24.1
平均	あきたこまち	623	422	79.2	33.5	84.2	22.3
(品種)	つきあかり	685	357	91.9	32.8	86.6	24.4
分散分析	品種	**	**	***	ns	†	***
	試験年	ns	ns	*	ns	ns	***
	品種×試験年	ns	ns	ns	ns	ns	*

†, *, **, *** はそれぞれ分散分析において，10%，5%，1%，0.1%水準で有意差があったことを示す．nsは10%水準で有意差なし．

第5表 「あきたこまち」と「つきあかり」の標肥区における耐倒伏性に関連する稈の形質.

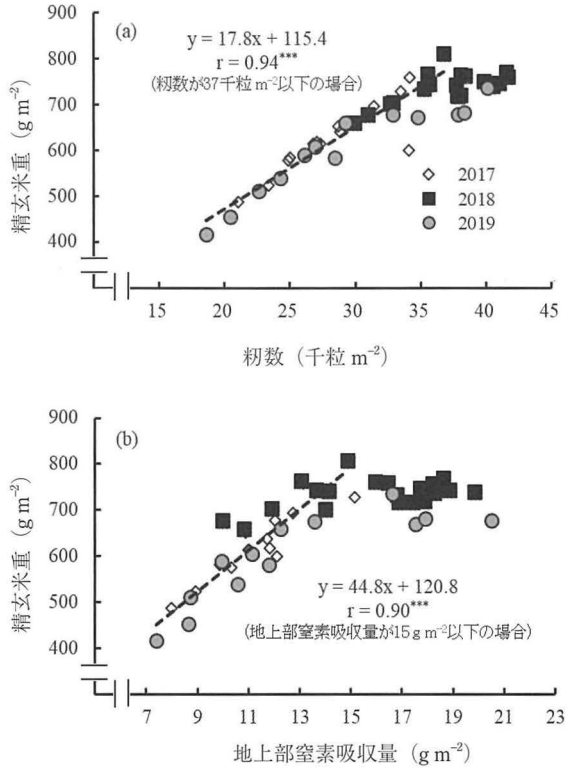
試験年	品種	稈長 (cm)	稈の直径 (mm)	倒伏指数	地上部モーメント (g·cm)	葉鞘付挫折時モーメント (g·cm)	倒伏スコア
2018	あきたこまち	84.9	4.33	1.33	1166	880	2.67
	つきあかり	75.0	4.17	1.16	979	858	1.67
2019	あきたこまち	83.1	4.17	1.05	1013	1032	1.67
	つきあかり	70.5	4.18	0.73	874	1232	0.33
平均	あきたこまち	84.0	4.25	1.19	1090	956	2.17
(品種)	つきあかり	72.8	4.18	0.95	927	1045	1.00
分散分析	品種	***	ns	*	*	ns	**
	試験年	†	ns	**	*	*	**
	品種×試験年	ns	ns	ns	ns	ns	ns

†, *, **, *** はそれぞれ分散分析において，10%，5%，1%，0.1%水準で有意差があったことを示す．nsは10%水準で有意差なし．

きたこまち」で1.19となり，有意な品種間差がみられた．さらに，倒伏指数をその構成要素である地上部モーメントと葉鞘付挫折時モーメントに分けて検討した結果，地上部モーメントは短稈の「つきあかり」で有意に低かった一方，葉鞘付挫折時モーメントには有意な品種間差がみられなかったことから，両品種の倒伏指数の品種間差は，地上部モーメントの違いによることが明らかとなった．倒伏スコアは2年間平均で「つきあかり」が1.00,「あきたこまち」が2.17で有意な品種間差がみられ，出穂後20～25日での「つきあかり」の低い倒伏指数は収穫時の低い倒伏スコアを裏付けた．

3.「つきあかり」の多地点における施肥試験の精玄米重，収量構成要素，地上部窒素吸収量，整粒歩合，玄米タンパク質含有率

合計47区の試験の結果，精玄米重は417 $g\ m^{-2}$（試験番号23）から808 $g\ m^{-2}$（試験番号40）までの広範囲に及び，その他の形質も精玄米重と同様に大きな変異が得られた．単位面積あたりの籾数と精玄米重との関係は試験年によらず籾数が37千粒 m^{-2} 程度まで精玄米重は直線的に増加し，極めて高い相関関係が得られた（第1図a，r=0.94）．しかしながら，籾数が37千粒 m^{-2} を超えた場合，精玄米重は750 $g\ m^{-2}$ 程度で頭打ちになった（第1図a）．単位面積あたりの籾数をその構成要素である単位面積あたり穂数と1穂籾数に分けて精玄米重との関係を検討した結果，単位面積あたり穂数は精玄米重と有意な正の相関関係がみられたのに対し，1穂籾数には有意な相関関係はみられなかった（第6表）．精玄米重と地上部窒素吸収量との関係については，試験年によらず地上部窒素吸収量が15 $g\ m^{-2}$ 程度まで精玄米重は直線的に増加し，高い相関関係が得られた（第1図b，r=0.90）．しかしながら，地上部窒素吸収量が15 $g\ m^{-2}$ を超えた場合，精玄米重は頭打ちになった（第1図b）．次に，単位面積あたりの籾数について，登熟歩合，整粒歩合，玄米タンパク質含有率との関係をそれぞれ第2



第1図 「つきあかり」の精玄米重と（a）単位面積あたり籾数，（b）地上部窒素吸収量との関係．
2017年（◇），2018年（■），2019年（●）．*** は相関係数が0.1%水準で有意であったことを示す．

第6表 精玄米重と穂数および1穂籾数との相関関係．

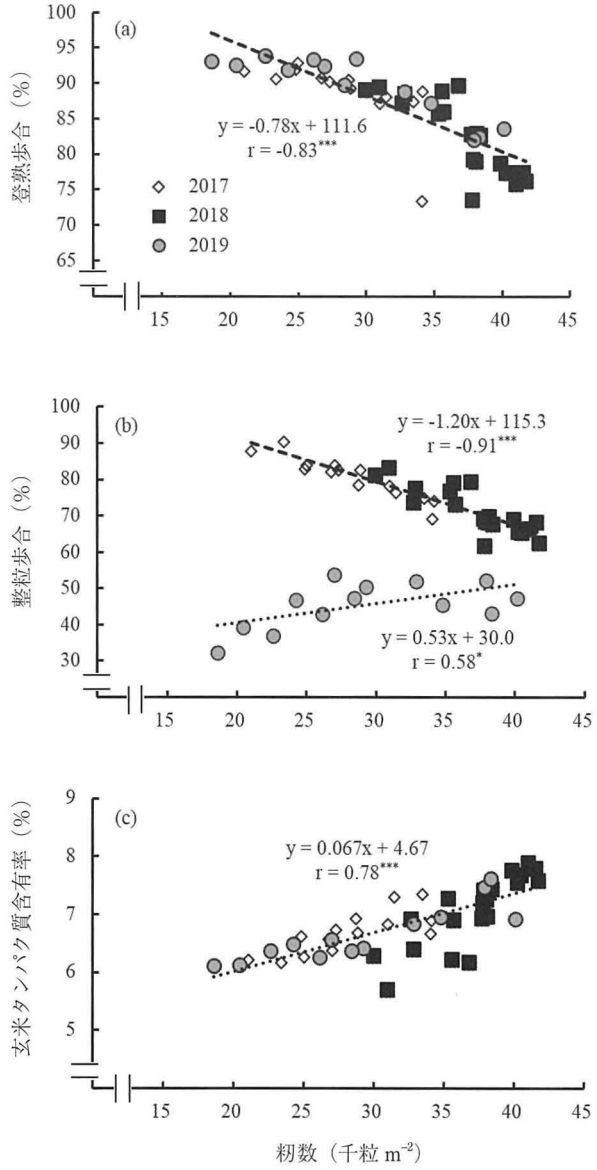
	r	有意性
穂数（本 m^{-2}）	0.83	***
1穂籾数	0.2	ns

穂数（x）と精玄米重（y）の回帰式は，y=1.11x+280.2．
*** は0.1%水準で有意であったことを示す．ns は有意性なし．

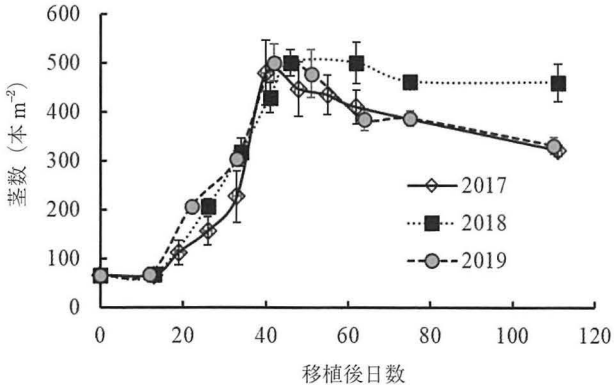
図a，第2図bと第2図cに示した．登熟歩合は単位面積あたりの籾数と密接な負の相関関係がみられた（第2図a）．単位面積あたりの籾数と整粒歩合との関係については，試験年で大きな傾向の違いがみられた．2017年と2018年では，整粒歩合と単位面積あたりの籾数との間に直線的な負の比例関係がみられたのに対し，2019年では，相関関係が2017年と2018年の回帰式から大きく逸脱した（第2図b）．また，玄米タンパク質含有率は単位面積あたりの籾数と密接な正の相関関係がみられた（第2図c）．

4.「つきあかり」の標肥区における茎数の推移

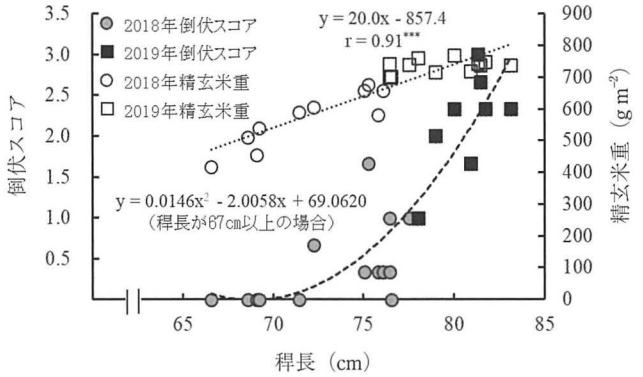
2017～2019年に調査した「つきあかり」の標肥区における茎数の推移を第3図に示した．移植後から6月末の最高分げつ期（移植後40～45日）までの茎数増加には試験年間差がみられ，2017年では2018年と2019年に比べて茎数増加速度が緩やかであった．最高分げつ期から収穫期（移



第2図 「つきあかり」の単位面積あたり籾数と（a）登熟歩合，（b）整粒歩合，（c）玄米タンパク質含有率との関係．
2017年（◇），2018年（■），2019年（●）．***，* は相関係数がそれぞれ0.1%，5%水準で有意であったことを示す．



第3図 「つきあかり」の標肥区における茎数の推移．
2017年（◇），2018年（■），2019年（●）．
縦線は標準偏差を示す．出穂日は移植後70～73日であった．



第4図　「つきあかり」の稈長と倒伏スコア（左軸）および精玄米重（右軸）との関係.
2018年の倒伏スコア（●）および精玄米重（○）．2019年の倒伏スコア（■）および精玄米重（□）.
*** は相関係数が0.1%水準で有意であったことを示す.

植後110日程度）までの茎数減少にも試験年間差がみられ，2018年は茎数減少程度が2017年と2019年に比べて軽減されていた.

5.「つきあかり」の稈長，倒伏スコアと精玄米重との関係

「つきあかり」の稈長について，倒伏スコアと精玄米重との関係を第4図に示した．栽植密度の違いは稈の強度に大きく影響を与えるため（三王ら 2001），ここでは上越市鴨島の中央農研北陸で2018～2019年に行われた栽植密度22.2株 m^{-2} の調査結果のみを示した．稈長が70cmを超えてから倒伏スコアは2次関数的に増加し，稈長80 cmを超えると倒伏スコアは2～3となった．一方，精玄米重は稈長に比例して直線的に増加し，稈長が調査した中で最大だった83 cmまで密接な正の相関関係がみられた.

考　　察

1.「つきあかり」の多収要因と収量限界

標肥区における「つきあかり」と「あきたこまち」との品種比較試験では，「つきあかり」が「あきたこまち」に比べて精玄米重で10%程度重いこと，また収量構成要素では穂数が少ない一方で1穂籾数が多い偏穂重型の品種であること，千粒重が24 g程度で粒大は“やや大”に分級されること，など，笹原ら（2018）の報告と同様の結果が得られた（第4表）．本研究ではさらに，両品種の単位面積あたり籾数や登熟歩合に関する定量的な評価を行い，単位面積あたり籾数には両品種に有意な差がみられないこと，「つきあかり」の登熟歩合は「あきたこまち」よりも安定してわずかに高いこと，が明らかとなった（第4表）．これらの結果より「つきあかり」では，①千粒重の増大でシンク容量を高めている，②シンク容量増大の条件でも登熟が安定している，ことが多収要因であると考えられた．「つきあかり」での高いシンク容量を充たす登熟期の葉身の光合成能力や茎葉からの転流など，多収要因の詳細についてはさらなる調査が必要である.

本研究では，北陸地域での様々な施肥条件や異なる土壌分類・気象を持つ地点での複数年の試験（第1表，第2表）を行い，「つきあかり」の収量限界を提示することを目指した．合計47区の試験の結果，北陸地域での「つきあかり」の収量は750 g m^{-2} 程度で頭打ちになった（第1図a）．この結果より，本研究では北陸地域での「つきあかり」の収量限界を750 g m^{-2} と定める．笹原ら（2018）は「つきあかり」の多肥条件での精玄米重は684 g m^{-2} であることを示している．また，新潟県では稲作経営での所得確保のため，需要の高い業務用多収性品種の導入を進めており，「つきあかり」の収量目標として660 kg $10a^{-1}$ を設定している（新潟県農林水産部 2019）．本研究は「つきあかり」が，これまで記録されている収量や収量目標を大きく上回る収量の潜在性を有していることを示した.

2. 収量限界750 g m^{-2} に達した際の収量関連形質の理論値

合計47区の試験結果から，「つきあかり」の多収の鍵となる形質を考察する．籾数が37千粒 m^{-2} まで精玄米重と密接な正の相関関係を示し，回帰式は $y=17.8x+115.4$ で表すことができるため（第1図a），精玄米重が750 g m^{-2} のときの籾数は35.7千粒 m^{-2} である．また，単位面積あたり籾数を構成する単位面積あたり穂数と1穂籾数のうち，精玄米重と密接な相関関係があるのは単位面積あたり穂数である（第6表）ことから，単位面積あたり穂数の高位安定化が「つきあかり」の多収の鍵となることを示唆している．「つきあかり」はこれまでの日本の良食味品種とは異なる偏穂重型の品種である（笹原ら 2018）．Nuruzzamanら（2000）は日本の穂重型品種は穂数型品種に比べて穂数が著しく少ないことを示し，Fukushima（2019）は穂重型品種の分げつ発生速度が穂数型品種に比べて遅いことを示唆している．最高分げつ期までの分げつ発生を促進することが偏穂重型の品種である「つきあかり」の多収を得るうえで栽培上重要であることがうかがえる．また「つきあかり」の標肥区では，2018年における最高分げつ期以降の分げつ減少程度が，2017年と2019年に比べて軽減されていた（第3図）．これは2018年の穂首分化期～出穂期までの気象条件が，2017年と2019年に比べて良好に推移したことが一因と推測され（第3表），その結果，精玄米重も標肥区の3年間で最高の719 g m^{-2} に達した（第4表）ものと考えられる．実際に，2018年では多くの試験区で精玄米重750 g m^{-2} 程度の多収に達しており（第1図），また穂数も高いレベルである（第4表）．精玄米重が750 g m^{-2} のときの穂数は，回帰式 $y=1.11x+280.2$（第6表）から，423本 m^{-2} であり，籾数35.7千粒 m^{-2} から1穂籾数は84.4粒となる（第7表）．また，登熟歩合も単位面積あたりの籾数と密接な負の相関関係がある（第2図a）．その回帰式 $y=-0.78x+111.6$ より，籾数が35.7千粒 m^{-2} の場合，登熟歩合は83.8%となる.

第7表 「つきあかり」において精玄米重750 g m^{-2}を得るための諸形質の理論値.

形質	理論値
籾数（千粒 m^{-2}）	35.7
穂数（本 m^{-2}）	423
1穂籾数	84.4
登熟歩合（%）	83.8
千粒重（g）	25.1
地上部窒素吸収量（g m^{-2}）	14.0
整粒歩合（%）	72.5
玄米タンパク質含有率（%）	7.1
稈長（cm）	80.4
倒伏スコア	2.2

また残りの収量構成要素である千粒重の理論値は，精玄米重と千粒重以外の収量構成要素の理論値から25.1 gとなる（第7表）.

近年農研機構で育成された業務用・加工用品種の栽培マニュアルでは，多収を得るために従来の地域基幹品種に比べて，1.5～2.0倍の窒素施用量にあたる9～12 g m^{-2}を施用するように推奨している（農研機構中央農業研究センター 2019, 農研機構次世代作物開発研究センター 2017, 2019, 農研機構西日本農業研究センター 2018）.「つきあかり」が収量限界750 g m^{-2}に達した際の地上部窒素吸収量は，第1図bの回帰式 y=44.8x+120.8 より 14.0 g m^{-2} となる（第7表）. 収量レベルが540～560 g m^{-2}の「コシヒカリ」では，成熟期の地上部窒素吸収量が11.5 g m^{-2}程度であることが知られており（藤原ら 1991, 深山 1986），「つきあかり」は北陸地域での基幹品種「コシヒカリ」に比べると，植物体への窒素吸収量が高くなる. 多収の達成には地力の維持・向上が重要であり（吉永 2017），水稲の窒素吸収は土壌からの吸収が主体である（樋口・吉野 1986）ことを合わせて考えると，多収を目指して「つきあかり」を連作する場合には，植物体への窒素吸収量が高くなることを考慮に入れ，堆肥の活用等による地力維持や土壌診断をもとにした肥培管理を行う必要がある.

第2図aより「つきあかり」では単位面積あたり籾数の増加に伴い，登熟歩合は直線的に低下する. この傾向は近年農研機構で育成された業務・加工用品種である「あきだわら」,「やまだわら」,「恋初めし」でもみられる（小林・長田 2018, 2020, Yoshinaga ら 2018）. 単位面積あたり籾数と登熟歩合の負の関係について，小林・長田（2018, 2020）は登熟期の気象条件の異なる複数年や早期栽培による出穂期の移動を含めた「やまだわら」,「恋初めし」の解析を通じて，両品種では単位面積あたり籾数と登熟歩合の回帰式が試験年で大きく変化することを示した. 本研究において多地点・複数年で合計47区の試験を行った結果，「つきあかり」の単位面積あたり籾数と登熟歩合の関係は，単一の回帰式 y=−0.78x+111.6 でほぼ説明できることが明らかとなった（第2図a）. この理由として，本研究では試験区の出穂期が7月下旬に集中したためや登熟期に極端な寡照に遭遇する試験年がなかった（第3表）ためであると考えられる.

3. 多収性と玄米外観品質や玄米タンパク質含有率，耐倒伏性との相互関係

単位面積あたりの籾数と整粒歩合との関係は，試験年で大きな傾向の違いがみられた（第2図b）. 2017年と2018年では，単位面積あたりの籾数と整粒歩合との関係が，y=−1.20x+115.3の回帰式で表すことができた（第2図b）. 籾数が35.7千粒 m^{-2}の場合，整粒歩合72.5%となり，「つきあかり」は登熟期に異常高温に遭遇しなければ，北陸地域においては精玄米重750 g m^{-2}の多収を達成しつつ，整粒歩合70%を超える高品質のコメを生産することできる有望な早生品種であると言える. しかしながら2019年に上越市鴨島と新潟市秋葉区の試験地で，玄米外観品質が高温に対して感受性の高い出穂後20日間の日平均気温（Ishimaru ら 2018, 若松ら 2007）がそれぞれ29.2℃と28.5℃の異常高温に達し，2017年と2018年に比べて整粒歩合が著しく低くなった（第3表, 第2図b）. また出穂後20日の期間中にあたる8月14～15日に，新潟県全体でフェーンによる最高気温40℃前後の異常高温に遭遇した. フェーンによる乾燥強風は発達中の胚乳での水分ストレスにより多くの白未熟粒を発生させ，整粒歩合は著しく低下する（Wada ら 2011）. 2019年に上越市鴨島で栽培された「コシヒカリ」の整粒歩合は27.3%であり（Ishimaru ら 2020），2019年に同場所で栽培された「つきあかり」の整粒歩合の平均は45.4%であった（データ省略）.「つきあかり」の高温登熟耐性は“やや強”と判定されている（笹原ら 2018）.「つきあかり」の普及が進んでいる北陸地域では，早生品種は中生品種や晩生品種に比べて出穂後20日間が高温で経過するため（データ省略），今後の温暖化による登熟期高温の進行やフェーンの頻発を想定した場合，「つきあかり」の高温登熟耐性をさらに強化した育種や，白未熟粒発生を緩和する栽培技術の適用の両面から「つきあかり」の多収栽培を考えていく必要がある.

玄米タンパク質含有率は食味に大きな影響を及ぼし（石間ら 1974），多肥条件では単位面積当たりの籾数や収量の増加に伴い，玄米タンパク質含有率が高くなる（小林・長田 2018, Yoshinaga ら 2018）. 本研究で「つきあかり」の単位面積当たり籾数と玄米タンパク質含有率との関係を解析したところ，両者は密接な正の相関関係があり，回帰式 y=0.067x+4.67 で表すことができた（第2図c）. 籾数が35.7千粒 m^{-2}（収量限界750 g m^{-2}）の場合，玄米タンパク質含有率は7.1%となる. 笹原ら（2018）は「つきあかり」の炊飯直後に食味試験を6回行い，玄米タンパク質含有率が7.0%程度の場合，食味総合評価値に大きな変化がみられなかったのに対し，玄米タンパク質含有率が7.6%の場合では食味総合評価値が大きく低下したことを報告してい

る．本研究の結果と笹原ら（2018）の食味試験の結果を合わせると，「つきあかり」は多収（収量限界750 g m^{-2}）と良食味（玄米タンパク質含有率7.0%程度）を両立できる品種であることが示唆される．しかしながら，籾数が過多の場合，玄米タンパク質含有率7.6%を超える試験区も存在し（第2図c），玄米タンパク質含有率が高いと炊飯米が硬くなるため（松田ら2010），それらの試験区のコメでは食味の低下が懸念される．「つきあかり」の多収と良食味の両立のためには単位面積当たり籾数や葉色（SPAD値）を適正に保つ穂肥施用時の生育診断技術の開発が不可欠である．また業務用に適するコメには，炊飯米表面の適度な硬さ，炊飯米の膨張率の高さ（いわゆる炊き増え），炊飯後の品質保持能力，他品種とのブレンドへの適応性，など，家庭用米とは異なる炊飯適性が求められる（Kobayashiら2018）．「つきあかり」で多収になった場合の業務用に対しての適性は，玄米タンパク質含有率を主要な基準として推し量ることができないため，用途別の適性評価が必要であろう．

耐倒伏性について，「つきあかり」は「あきたこまち」に比べて葉鞘付挫折時モーメントには有意な品種間差がみられないものの，地上部モーメントが有意に小さいため，有意に高い耐倒伏性を示すことが分かった（第5表）．大川・石原（1992）は，わが国の耐肥性の多収品種の育成は稈基部の挫折強度の改良ではなく，短稈化による地上部モーメントの低下によって耐倒伏性を獲得したことを指摘しており，「つきあかり」の耐倒伏性も大川・石原（1992）の指摘に当てはまるといえる．言い換えれば，「つきあかり」の耐倒伏性は，稈長によって大きく影響を受ける．また「つきあかり」で多収を目指す場合，窒素の多投入により稈長は長くなるため，精玄米重と稈長，倒伏の関係性を示すことが収穫時の作業性や収量・外観品質の維持に重要であると考えた．まず，2018年と2019年の上越市鴨島の栽植密度22.2株 m^{-2} の試験区の調査（第1表，第2表）から，稈長と精玄米重との関係を示す回帰式 $y=20.0x-857.4$（第4図）が得られ，精玄米重750 g m^{-2} の場合の稈長は80.4 cmである．次に，稈長と倒伏スコアとの関係を示す回帰式 $y=0.0146x^2-2.0058x+69.0620$（第4図，$R^2=0.79$）より，稈長が80.4 cmと83.0 cmのとき倒伏スコアはそれぞれ2.2と3.2となる．本研究の達観による成熟期の調査では，稲体が最大40°程度傾斜していると倒伏スコア2，最大60°程度傾斜していると倒伏スコア3，植物体の傾斜が60°以上で一部倒伏がみられると倒伏スコア4とした．したがって，収量限界750 g m^{-2} でも成熟期に稈長が80 cm程度であれば，「つきあかり」は倒伏を回避しつつ，コンバインによる収穫作業は効率的に行われると考えられる．しかしながら，成熟期に稈長が85 cm程度になると理論上，倒伏スコアは4を超え，植物体の傾斜が60°以上の一部倒伏もみられるようになると推測される．「つきあかり」は「コシヒカリ」や「あきたこまち」，「ひとめぼれ」などのこれまでの良食味品種に比べると耐倒伏性は明らかに高い（第5表，笹原ら2018）が，稈長が80～85 cmの間で倒伏の危険性が大きく変化する（第4図）．このため，肥沃度の高い土壌条件や転換畑の復田初年目など，植物体が過剰な窒素を吸収できる条件下では，生育診断にもとづく栽培管理によって稈長を制御することが必要となる．本研究で「つきあかり」の収量限界を精玄米重750 g m^{-2} と定義づけたが，倒伏回避の側面からも稈長を80 cm程度に制御することが妥当であると判断される．

結論として我々は，「つきあかり」が収量限界750 g m^{-2} に達した場合の，収量構成要素や地上部窒素吸収量，玄米品質や倒伏に関連する諸形質の理論値を第7表のように提示する．北陸地域での「つきあかり」の750 g m^{-2} 程度の多収は，第7表の諸形質の理論値に多少の幅を持ちながら達成されると想定される．「つきあかり」において多収で高い品質を持つコメを生産するためには，穂数を十分に確保しつつ、整粒歩合を70%以上，玄米タンパク質含有率を7.0%程度に保てるような籾数の制御，および倒伏を回避するために稈長を制御する栽培管理が特に重要である．本研究は普及の中心地である北陸地域での調査であるが，現在「つきあかり」は青森県から広島県までの広範な地域で産地品種銘柄となっており，生育期の気象が異なる条件での収量限界や諸形質の理論値については，個別の検討が必要と考える．

謝辞：本試験の実施にあたり協力いただいた（有）穂海農耕，（株）ぶった農産，（株）白銀カルチャーの皆様，中央農研北陸の業務科職員（野崎育雄氏・清水宏彰氏・市橋正則氏）と契約職員（柳澤千晶氏・上坂直美氏）に感謝の意を表します．

引用文献

米穀安定供給確保支援機構 2015. ライフスタイルの変化と米消費の動向. 米に関する調査レポート H26-6: 1-21.

藤原耕治・古山光夫・山根忠昭 1991. コシヒカリの窒素施肥反応と適性保有量. 島根農試研報 25: 15-29.

Fukushima, A. 2019. Varietal differences in tiller and panicle development determining the total number of spikelets per unit area in rice. Plant Prod. Sci. 22: 192-201.

樋口太重・吉野喬 1986. 高収性水稲の窒素吸収特性について. 土肥誌 57: 134-141.

石間紀男・平宏和・平春枝・御子柴穆・吉川誠次 1974. 米の食味に及ぼす窒素施肥および精米中のタンパク質含有率の影響. 食総研報 29: 9-15.

Ishimaru, T., Miyazaki, M., Shigemitsu, T., Nakata, M., Kuroda, M., Kondo, M. and Masumura, T. 2020. Effect of high temperature during ripening on the accumulation of key storage compounds among Japanese highly palatable rice cultivars. J. Cereal Sci. 95: 103018.

Ishimaru, T., Nakayama, Y., Aoki, N., Ohsumi, A., Suzuki, K., Umemoto, T., Yoshinaga, S. and Kondo, M. 2018. High temperature and low solar radiation during ripening differentially affect the composition of milky-white grains in rice (*Oryza sativa* L.). Plant Prod. Sci. 21: 370-379.

Kobayashi, A., Hori, K., Yamamoto, T. and Yano, M. 2018. Koshihikari: a premium short-grain rice cultivar – its expansion and breeding in Japan. Rice 11: 15.

小林英和・長田健二 2018. 業務・加工用水稲品種「やまだわら」の多収条件. 日作紀 87: 67-75.

小林英和・長田健二 2020. 業務用水稲新品種「恋初めし」における最適窒素施肥体系. 日作紀 89: 16-23.

松田晃・浅野目謙之・遠藤昌幸・柴田康志 2010. 水稲新品種「つや姫」の玄米タンパク質含量と食味官能, 登熟期葉色の関係. 東北農業研究 63: 33-34.

深山政治 1986. おいしい米と最適窒素保有量－水稲の品種特性と施肥－. 化学と生物 24: 470-474.

新潟県農林水産部 2019. 稲作経営への多収性品種導入のすすめ―多収穫・低コスト栽培による所得確保－. II 多収性品種の紹介. 4-12. https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/198617.pdf（2021年2月14日閲覧）.

農研機構中央農業研究センター北陸研究拠点 2019. 早生で大粒，極良食味の水稲多収品種「つきあかり」栽培マニュアル. 1-13. https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/129792.html（2021年2月14日閲覧）.

農研機構北海道農業研究センター 2018. 北海道向け多収水稲品種「雪ごぜん」栽培マニュアル. 1-17. https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/130317.html（2021年2月14日閲覧）.

農研機構次世代作物開発研究センター 2017.「あきだわら」多収・良食味水稲栽培マニュアル. 1-17. https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/078328.html（2021年2月14日閲覧）.

農研機構次世代作物開発研究センター 2019.「とよめき」多収・業務加工用水稲栽培マニュアル. 1-15. https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/121270.html（2021年2月14日閲覧）.

農研機構次世代作物開発研究センター 2020. 様々な用途に向くお米の品種シリーズ. 1-38. https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/kind-pamph/137546.html（2021年2月14日閲覧）.

農研機構西日本農業研究センター 2018. 業務・加工利用向け水稲品種「やまだわら」多収栽培マニュアル. 1-13. https://www.naro.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/079276.html（2021年2月14日閲覧）.

農研機構農業環境変動研究センター. 2019. 日本土壌インベントリー. https://soil-inventory.dc.affrc.go.jp/（2020年12月18日閲覧）.

Nuruzzaman, M., Yamamoto, Y., Yoshida, T., Nitta, Y. and Miyazaki, A. 2000. Characterization of Indica and Japonica rice varieties based on improved plant type index. Jpn. J. Trop. Agr. 44: 77-86.

大川泰一郎・石原邦 1992. 水稲の耐倒伏性に関与する稈の物理的性質の品種間差異. 日作紀 61: 419-425.

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.

三王裕見子・大川泰一郎・相沢奈美江・平沢正 2001. 湛水直播栽培した水稲の生育と倒伏およびこれに関係する性質の品種間差－苗立ち密度に着目して－. 日作紀 70: 515-524.

笹原英樹・後藤明俊・重宗明子・長岡一朗・松下景・前田英郎・山口誠之・三浦清之 2018. 早生で多収の極良食味水稲品種「つきあかり」の育成. 農研機構研究報告中央農研 6: 1-21.

Wada, H., Nonami, H., Yabuoshi, Y., Maruyama, A., Tanaka, A., Wakamatsu, K., Sumi, T., Wakiyama, Y., Ohuchida, M. and Morita, S. 2011. Increased ring-shaped chalkiness and osmotic adjustment when growing rice grains under foehn-induced dry wind condition. Crop Sci. 51: 1703-1715.

若松謙一・佐々木修・上薗一郎・田中明男 2007. 暖地水稲の登熟期間の高温が玄米品質に及ぼす影響. 日作紀 76: 71-78.

吉永悟志 2017. 飼料用イネの低コスト・多収栽培技術. 日草誌 63: 34-37.

Yoshinaga, S., Heinai, H., Ohsumi, A., Furuhata, M. and Ishimaru, T. 2018. Characteristics of growth and quality, and factors contributing to high yield in newly developed rice variety 'Akidawara'. Plant Prod. Sci. 21: 186-192.

A Challenge to Achieve High Yield in Newly Developed Rice Cultivar 'Tsukiakari' in Hokuriku Regions : Tsutomu ISHIMARU[1)], Youichi OHDAIRA[1)], Akihiro OHSUMI[1)], Masami FURUHATA[1, 2)], Taiichiro OOKAWA[3)] and Satoshi YOSHINAGA[4)] ([1)] *Central Agricultural Research Center, Joetsu Research Station, NARO, Joetsu 943-0193, Japan;* [2)] *Tohoku Agricultural Research Center, Daisen Research Station, NARO;* [3)] *Tokyo University of Agriculture and Technology;* [4)] *Central Agricultural Research Center, NARO*)

Abstract : A newly developed early maturing and high palatability rice cultivar Tsukiakari has been disseminated in the Hokuriku region. It showed 10% higher grain yield than an early maturing rice cultivar Akitakomachi. This study aimed to clarify the high-yielding characteristics of Tsukiakari through the multi-environmental testing in the Hokuriku region. A total of 47 yield trials during 2017–2019 revealed that the grain yield of Tsukiakari reached a plateau around 750 g m^{-2}. From the significant linear regression among grain yield, yield components, and shoot nitrogen content in Tsukiakari, the values obtained were 35,700 spikelets per square meter, 423 panicles per square meter, 83.8% of filled grains, 25.1 g of one-thousand grains, and 14.0 g m^{-2} of shoot nitrogen content at a grain yield of 750 g m^{-2}. The percentage of perfect grains and grain protein content was estimated to be 72.5% and 7.1% at a grain yield of 750 g m^{-2} using the significant linear regression with spikelet number per square meter, which was developed using the data set obtained in 2017–2018 and 2017–2019, respectively. Note that the percentage of perfect grains in 2019 was much lower than that in 2017–2018 due to an extremely high temperature during ripening. Calculated culm length of Tsukiakari at a grain yield of 750 g m^{-2} was 80.4 cm, and it is expected to avoid lodging at maturity up to approximately 80 cm. Overall results indicate that Tsukiakari is an elite cultivar that can achieve high yield and grain quality without lodging if rice plants are not subjected to an extremely high temperature during ripening.

Key words : Grain quality, High-yielding cultivar, Lodging tolerance, Paddy rice, Tsukiakari.