

## 最近の日本におけるイネの超多収例と窒素の吸収利用

東北大学教養教育院

前 忠 彦

### 1. イネ超多収品種育成への経緯

戦後の日本におけるコメ生産量は1967年をピークに、その後は減少に転じた。国内におけるコメ余りは1960年代前半にはすでに始まり、1970年にスタートしたコメの生産調整（減反政策）は、現在では我が国におけるコメ作付け可能水田総面積の4割に達している。このようになった最大の要因は、日本人が昔ほどコメを食べなくなったことにある。食生活が昔に比べ多様化し、パンや麺などを多く食べるようになったことによる。1960年代はじめ頃の日本人は、コメを一人当たりで年平均およそ120kg食べていた。現在ではその半分以下にまで減っている。平成23年度には日本におけるコメとパンの家計支出がついに逆転したという（総務省家計調査）。また、日本人のコメに対する要求は、生活が豊かになるにつれて、高品質でおいしいコメを求めると変化し、農家は高品質・良食味のコメ栽培を中心とするようになっていった。窒素肥料の使用量は、コメの品質・食味と玄米中の窒素含量の間に負の相関が

あるとすることや高品質・良食味のイネ品種は一般に耐肥性が劣るなどの理由から従来に比べ少なくなっていた。

このようなコメを取り巻く情勢変化のもとで、稲作の中心的課題であった「単位土地面積あたりの収量を如何にして増やすか」といった課題は急速に影が薄くなっていき、試験研究機関での試験研究課題はもっぱら高品質・良食味のイネ品種の育成とその栽培法に中心が置かれるようになり、超多収に関する試験研究はもはやご法度のようなになった。

一方、世界に眼を向けると、発展途上国における人口の爆発的増加や頻発する異常気象の影響により世界規模での食糧不足が懸念されている。国際イネ研究所によれば世界のコメ需要は2025年には2000年頃の1.5倍になると試算している。途上国においても水田のある平坦で肥沃な土地は、工業化、都市化によって年々減少しており、さらに水をめぐる争奪戦も生じている。新たな農地の開発は難しく、これらの国々でも単位土地面積当

## 本 号 の 内 容

§ 最近の日本におけるイネの超多収例と窒素の吸収利用 .....	1
----------------------------------	---

東北大学教養教育院

前 忠 彦

§ 奈良県が育成したイチゴの良食味品種 <sup>ことか</sup> ‘古都華’ .....	7
--	---

奈良県農業総合センター 研究開発部

総括研究員 西 本 登 志

§ 2012年本誌既刊総目次 .....	13
----------------------	----

たりの収量増が急務となっている。

このような背景の中、1981年、農林水産省は我が国における稲作の長期戦略として、イネの多収性の飛躍的向上を最大の目標に、同時に減反水田の有効利用と20%台後半に留まっている穀類自給率向上への期待を背景に、主食用以外の他用途向けの超多収イネ品種の育成をスタートさせた(逆7・5・3計画、1981~1995)。計画は、新品種の収量を最初の7年間で従来品種との収量比で10%、次の5年間で30%、そして最後の3年間で50%引き上げるというものであった。用途としては、当初は食用米、加工用米、後には飼料米、発酵粗飼料(ホールクロップサイレージ)としての利用などが考えられた。

新品種による超多収は、「米作日本一表彰事業」時代の労力を惜しまず手間暇かけての栽培とは異なり、飛躍的な増収に加え、1)生産コストの低減化、2)省力化、3)環境保全型であること等が合わせて要求される極めてハードルの高いものである。

計画の前半では主に、韓国や中国で育成されたインド型超多収品種を用いた検討がなされた。その結果、日本の気候に合った半矮性インド型品種としてタカナリ、ハバタキ、西海198号、日印交雑由来日本型品種としてアケノホシ、西海203号等が育成された。また、ハイブリッドライスの愛知F12号、MH2003等や日本型品種のふくひびき、極大粒品種のオオチカラ等も育成された。計画の後半では、前半の研究で開発された育種素材をもとにさらに多くの品種が育成された。その中の代表的な品種として、大粒日本型品種の秋田63号、べこあおば、北陸168号(クサユタカ)がある。これら新品種については、品種特性、収量性、地域適合性、多収要因の解析等が、国の研究機関を中心に、地方試験場、大学と一部の民間事業者が参加して行われた。

ここでは、それらの新品種のなかで玄米収量900kg/10a以上の超多収を繰り返し記録し、その窒素利用特性が明らかにされている報告例を集め、超多収新品種の特性と窒素の吸収利用について解説する。超多収を達成し、合わせてその窒素吸収特性を調査・報告している例は極めて限られ

ている。このため、ここに得られた結論を一般化するには注意が必要であることを始めに断っておく。

## 2. 最近の超多収事例と地域性、品種特性

最近の品種と旧品種による超多収例について見ると(表1, 2)、最高収量はタカナリが2008年に記録した精玄米収量11.61t/ha(広島)で、次いで1996年の北陸168号(クサユタカ)の10.89t/ha(福島)、2008年の西海198号の10.82t/ha(広島)である。これらは、1960年に旧品種のオオトリが記録した10.52t/ha(秋田)を上回っている。1995年のふくひびき(福島)、1994年の西海203号(九州)、2000年の秋田63号(秋田)も10t/haあるいはそれに近い収量を記録している。これらの栽培地を見ると、かつては長野や東北の日本海側の寒冷地にほぼ偏っていたのに対し、最近では温暖地、暖地の東京や中国、四国、九州地方でも超多収が達成されている。この点は、「米作日本一表彰事業」当時と大きく異なっている。これら暖地・温暖地での超多収は、いずれもインド型品種あるいはその形質を取り込んだ日印交雑種によって達成されており、暖地や温暖地におけるインド型品種の持つ形質の優位性が明らかである。一方、最近の東北地方で達成された超多収はいずれも従来と同じように日本型品種によって達成されており、寒冷地ではインド型品種がそのポテンシャルを発揮することが難しいことを示している。

## 3. 最近の超多収例と収量構成要素

超多収を達成するためには、1)十分なシンク容量(収穫物容量=単位土地面積当たりの穂数×一穂粒数×千粒重)の確保、2)それを満たすのに十分な光合成産物の生産、そして、3)光合成産物の籾への効率的な分配がなされなければならない。これら三つのどれか一つでも欠けると超多収は達成されない。

### 1) シンク容量構成要素

1994年以降に達成された超多収7例についてシンク容量を比べてみるとそれらの間にはさほど大きな違いは見られない(表1)。しかし、構成要素の内容を比べてみると、品種間で大きな違いがある。一穂粒数はインド型品種、日印交雑種で

多く、とくにタカナリ、西海198号は158-189粒と日本型イネの1.4-2倍も多い。穂数は一穂粒数とほぼ逆の関係にあるのでこれら品種で少ない。つぎに千粒重について見ると、極大粒品種のオオチカラを親に持つ秋田63号、べこあおば、北陸168号は、玄米千粒重が31-36gと他の品種に比

べ1.3-1.7倍も大きい。ふくひびき、西海203号は、一穂粒数、千粒重の両要素がともに少しずつ大きい特徴を持つ。

このように、最近の超多収品種における大きなシンク容量は、①一穂粒数の増加による、②千粒重の増大による、③一穂粒数と千粒重の両要素の

表 1. 最近及び米作日本一当時の超多収事例

(Mae 2011)

品種・系統名	精玄米重 (t/ha)	穂数 (/m <sup>2</sup> )	一穂粒数	m <sup>2</sup> 粒数 (x10 <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	シンク容量 (g/m <sup>2</sup> )	登熟歩合 (%)	栽培地	試験年次
秋田63号	9.83	456	91	41.5	31.2	1295	78.5	秋田	2000
べこあおば	8.32	369	110	40.8	33.4	1360	61.3	秋田	2007
北陸168号	10.89	406	95	38.7	36.4	1407	74.2	福島	1996
ふくひびき	10.00	453	107	48.7	24.3	1178	85.7	福島	1994
タカナリ*	9.77	329	189	61.1	20.7	1265	79.5	東京	2001
西海198号*	9.79	329	158	52.2	22.4	1164	83.8	四国	1994
西海203号**	9.35	356	128	45.4	24.4	1108	84.4	九州	1994
雪化粧	10.25	515	114	58.7	21.3	1250	82.0	山形	1986
アキヒカリ	10.11	603	98	58.9	21.6	1272	86.9	秋田	1975
オオトリ	10.52	445			24.7		83.3	秋田	1960

\*インド型品種, \*\*日印交雑種

長田 (2009), 本谷 (1980), Mae et al., (2006) より引用

表 2. イネの新旧超多収品種による超多収例と対照品種の玄米収量, 総地上部乾物重, 収穫物指数と総窒素吸収量

(Mae 2011)

栽培年	品種	精玄米収量 (t ha <sup>-1</sup> )	総地上部乾物重 (t ha <sup>-1</sup> )	収穫物指数	総窒素吸収量 (kg ha <sup>-1</sup> )	栽培地
2000	秋田63号	9.83 (129)	19.12 (95)	0.51 (134)	161 (101)	秋田
	雪化粧	7.63 (100)	20.03 (100)	0.38 (100)	159 (100)	秋田
2001	秋田63号	9.39 (123)	20.17 (113)	0.47 (109)	184 (123)	秋田
	トヨニシキ	7.65 (100)	17.92 (100)	0.43 (100)	149 (100)	秋田
2008	タカナリ	11.61 (169)	23.51 (120)	0.49 (140)	245 (106)	広島
	西海198号	10.82 (157)	23.90 (122)	0.45 (129)	254 (110)	広島
	日本晴	6.89 (100)	19.65 (100)	0.35 (100)	231 (100)	広島
1994	ふくひびき	10.00 (131) <sup>†</sup>	21.20 (118) <sup>†</sup>	0.47 (109) <sup>†</sup>	150 (101) <sup>†</sup>	福島
1986	雪化粧	10.25 (134) <sup>†</sup>	25.32 (141) <sup>†</sup>	0.41 (95) <sup>†</sup>	289 (194) <sup>†</sup>	山形
1975	アキヒカリ	10.11 (132) <sup>†</sup>	20.00 (112) <sup>†</sup>	0.51 (119) <sup>†</sup>	214 (144) <sup>†</sup>	秋田
1960	オオトリ	10.52 (138) <sup>†</sup>			177 (119) <sup>†</sup>	秋田

2000年 超多収品種：秋田63号, 対照品種：雪化粧 (Mae et al., 2006)

2001年 超多収品種：秋田63号, 対照品種：トヨニシキ (Mae et al., 2006)

2008年 超多収品種：タカナリ, 西海198号, 対照品種：日本晴 (長田ら, 2009)

1994年 超多収品種：ふくひびき (手代木ら, 1995)

1986年 超多収品種：雪化粧 (神保ら1987)

1975年 超多収品種：アキヒカリ (鎌田ら, 1976)

1960年 超多収品種：オオトリ (本谷 1989)

( ) 内の数字は, それぞれの年における対照品種に対する比 (%)

( )<sup>†</sup> 内の数字は, 2001年の対照品種トヨニシキに対する比 (%)

増加によると品種により異なっていて多様である。

## 2) 乾物生産および収穫物指数

表2には1975年以降の超多収実証試験における精玄米収量と収穫期の地上部総乾物重、および収穫物指数(精玄米収量/収穫期の地上部総乾物重)が示してある(対照品種のデータも含む)。最も地上部乾物重が多かったのは1986年の雪化粧の25.3t/haで、次いで西海198号の23.9t/ha、タカナリの23.5t/haである。最も少ないのが2000年の秋田63号で19.1t/haで、他は20.0-21.2t/haである。これらの例について収穫物指数をみると、品種間での違いが見られる。もっとも収穫物指数が高かったのは秋田63号とアキヒカリの0.51で、全地上部乾物の半分が精玄米に分配されている。タカナリも0.49と高い値を示している。2001年の秋田63号、西海198号、ふくひびきは0.45-0.47である。超多収例の中でもっとも低かったのは1986年の雪化粧で0.41と地上部乾物の4割しか精玄米に分配されていない。一方、対照品種として同じ施肥条件の下で栽培された2000年の雪化粧、2001年のトヨニシキ、2008年の日本晴の

収穫物指数は0.35-0.41と、最近の超多収品種のそれらに比べると明らかに低い値である。

これらの結果は、最近の超多収品種は収穫物指数がいずれも高く、光合成産物を高い割合で籾に分配していることを示している。

## 3) シンク容量と登熟歩合

表1で1975年以降の超多収例におけるシンク容量と登熟歩合の関係をみて見よう。超多収品種の中で登熟歩合が高かったのはシンク容量の小さかったふくひびき、西海203号で、それぞれ85.7%と84.4%であった。一方、大粒品種はいずれもシンク容量が大きく、とくに、べこあおば、北陸168号で顕著であった。これら品種の登熟歩合はそれぞれ、61%、74%と格別に低い。タカナリ、秋田63号のシンク容量は中庸で、登熟歩合は78.5-80%であった。また、1975年のアキヒカリと1986年の雪化粧もタカナリとほぼ同等のシンク容量であったが、登熟歩合はアキヒカリが高く86.9%で、雪化粧は82%であった。

表3には1975年以降に超多収を達成した例における収量構成要素、シンク容量、登熟歩合が2000年-2003年の対照品種を含めて示してある

表3. 新旧超多収品種による超多収例と対照品種の収量構成要素、シンク容量

(Mae 2011)

試験年	品種	穂数 (/m <sup>2</sup> )	一穂粒数	総粒数 (x10 <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	千粒重 (g)	登熟歩合 (%)	シンク容量 <sup>†</sup> (g/m <sup>2</sup> )
2000	秋田63号	456	91	41.5	31.2	78.5	1293
	雪化粧	432	80	34.6	23.1	92.5	800
2001	秋田63号	455	94	42.6	30.6	72.1	1304
	トヨニシキ	436	79	34.1	23.6	95.0	805
2008	タカナリ	305	197	60.2	21.2	91.0	1276
	西海198号	344	158	54.3	23.4	85.1	1272
	日本晴	432	83	35.8	22.4	85.9	802
1994	ふくひびき	453	107	48.7	24.3	85.7	1183
1986	雪化粧	515	114	58.7	21.3	82.0	1250
1975	アキヒカリ	603	98	58.9	21.6	86.7	1272
1960	オオトリ	446			24.7	83.3	

2000年 超多収品種：秋田63号，対照品種：雪化粧 (Mae et al., 2006)

2001年 超多収品種：秋田63号，対照品種：トヨニシキ (Mae et al., 2006)

2008年 超多収品種：タカナリ，西海198号，対照品種：日本晴 (長田ら，2009)

1994年 超多収品種：ふくひびき (手代木ら，1995)

1986年 超多収品種：雪化粧 (神保ら1987)

1975年 超多収品種：アキヒカリ (鎌田ら，1976)

1960年 超多収品種：オオトリ (本谷 1989)

†シンク容量=単位面積当たりの穂数×一穂粒数×千粒重

(表2と同じ試験)。超多収を示した秋田63号, タカナリ, 西海198号, ふくひびき, アキヒカリ, 1986年の雪化粧のシンク容量は, 1183-1304g/m<sup>2</sup>の範囲にあったが, 対照三品種のシンク容量はいずれも800g/m<sup>2</sup>程度と超多収品種より30-40%少なく超多収レベルのシンク容量を確保出来ていなかった。登熟歩合は85.1-92.5%であった。

これらの結果は, 同じ施肥条件のもとでは超多収品種がシンク容量の形成において従来品種より明らかに優れていることを示している。

#### 4. 超多収品種の窒素の吸収利用特性

超多収を達成した場合の収穫期の総窒素吸収量には品種間で大きな違いが見られる(表2)。総窒素吸収量をもっとも多かったのは1986年の雪化粧で289kg-N/haと格別に多い。ついで西海198号, タカナリの245-254kg-N/haで, アキヒカリが214kg-N/ha, 2001年の秋田63号が184kg-N/haである。極端に少ないのがふくひびきの150kg-N/haである。2000年の秋田63号も161kg-N/haとかなり少ない。最大と最小では139kg-N/haと大きな差がある。単位吸収窒素量あたりの玄米生産量(N-玄米生産効率)で比較すると, ふくひびきが66.7kg/kg-N, 2000年の秋田63号が61.1kg/kg-Nと格別に高い(表4)。「米作日本一表彰事業」で最高収量を記録した1960年のオオトリのN-玄米生産効率は59.4とこれらとほぼ同等である。ついで, 2001年の秋田63号の51.0kg/kg-N, アキヒカリの47.2kg/kg-N, そしてタカナリ, 西海198号はそれぞれ, 47.4kg/kg-N, 42.6kg/kg-Nであった。1986年の雪化粧は35.5kg/kg-Nと特に低かった。超多収例の間での

収量差は比較的小さいので, N-玄米生産効率はほぼ窒素吸収量の多いものほど小さい値となっている。

秋田63号は一般の日本型品種に比べ, 単位窒素吸収量当たりのシンク容量生産効率, 玄米生産効率に優れている。このため, 超多収レベルのシンク容量を確保しても過繁茂とはならず倒伏し難い(Mae et al, 2006)。一般の日本型品種で超多収レベルのシンク容量を確保しようとする, 多大の窒素を吸収させなければならない。そのような場合は容易に倒伏してしまう。ふくひびきも秋田63号と同様な特性を備えていると考えられる。一方, インド型のタカナリや西海198号は, 窒素吸収量を多くして超多収に十分なシンク容量を確保しても個体群構造と受光態勢がよく, 倒伏せず高い乾物生産能を維持して超多収となる特性を持つ。

#### 5. 超多収イネの窒素吸収と施肥

表5に超多収例における窒素施肥について示した。超多収を実現するためにはイネに多大の窒素を適期に適量ずつ吸収させなければならない。

表4. 新旧超多収品種による超多収例におけるシンク容量, 乾物生産, 玄米生産に対する窒素生産(利用)効率 (Mae 2011)

栽培年	品種	N-生産効率		
		シンク容量 (kg/kg-N)	乾物 (kg/kg-N)	玄米 (kg/kg-N)
2000	秋田63号	80.3	119	61.1
	雪化粧	50.3	126	48.0
2001	秋田63号	70.9	110	51.0
	トヨニシキ	54.0	120	51.3
2008	タカナリ	52.1	96	47.4
	西海198号	50.1	94	42.6
	日本晴	34.7	85	29.8
1994	ふくひびき	78.9	141	66.7
1986	雪化粧	43.3	88	35.5
1975	アキヒカリ	59.4	93	47.2
1960	オオトリ			59.4

2000年 超多収品種: 秋田63号, 対照品種: 雪化粧 (Mae et al, 2006)  
 2001年 超多収品種: 秋田63号, 対照品種: トヨニシキ (Mae et al, 2006)  
 2008年 超多収品種: タカナリ, 西海198号, 対照品種: 日本晴 (長田ら, 2009)  
 1994年 超多収品種: ふくひびき (手代木ら, 1995)  
 1986年 超多収品種: 雪化粧 (神保ら1987)  
 1975年 超多収品種: アキヒカリ (鎌田ら, 1976)  
 1960年 超多収品種: オオトリ (本谷, 1989)

表5. 新旧超多収品種による超多収例と窒素施肥,  
総窒素吸収量, N-玄米生産効率

(Mae 2011)

栽培年	品種	総窒素吸収量 (kg-N ha <sup>-1</sup> )	施肥窒素量		
			基肥窒素 (kg-N ha <sup>-1</sup> )	追肥窒素 (kg-N ha <sup>-1</sup> )	総窒素施肥量 (kg-N ha <sup>-1</sup> )
2000	秋田63号	161	20+60 <sup>†</sup>	20×4回	160
	雪化粧	159	20+60 <sup>†</sup>	20×4回	160
2001	秋田63号	184	40+70 <sup>†</sup>	20×2回	150
	トヨニシキ	149	40+70 <sup>†</sup>	20×2回	150
2008	タカナリ	245	50	20-30×5回	180
	西海198号	254	50	20-30×5回	180
	日本晴	231	50	20-30×5回	180
1994	ふくひびき	150	80	20×2回	120
1975	アキヒカリ	214	70	20×3回	130
1986	雪化粧	289	30+70 <sup>†</sup>	15-20×4回	170
1960	オオトリ	177	107	0	107

2000年 超多収品種：秋田63号, 対照品種：雪化粧 (Mae et al., 2006)

2001年 超多収品種：秋田63号, 対照品種：トヨニシキ (Mae et al., 2006)

2008年 超多収品種：タカナリ, 西海198号, 対照品種：日本晴 (長田ら, 2009)

1994年 超多収品種：ふくひびき (手代木ら, 1995)

1986年 超多収品種：雪化粧 (神保ら1987)

1975年 超多収品種：アキヒカリ (鎌田ら, 1976)

1960年 超多収品種：オオトリ (本谷 1989)

<sup>†</sup> 肥効調節型肥料 (LP100 Type)

もっとも重要で工夫の要る点である。秋田63号の場合は合計で150–160kg-N/haの窒素施肥が行われている。基肥は速効性窒素肥料を20–40 kg-N/haと肥効調節型窒素肥料 (LP-100 Type) 60–70 kg-N/haを施肥している。追肥は速効性肥料一回当たり20kg-N/haとして稲作期間中に2–4回施している。このような施肥設計は、超多収イネの一生を通しての窒素吸収パターンを念頭に置いて行われている。1986年の雪化粧の施肥は、施肥量が若干多いことを除いて秋田63号の場合と似通っている。タカナリ, 西海198号では180kg-N/haとさらに多い量施している。基肥として50kg-N/ha, 追肥として一回当たり20–30

kg-N/haを稲作期間中に5回施している。一方、ふくひびき, アキヒカリ, オオトリの総窒素施肥量は上記の場合に比べ107–130kg-N/haとかなり少ない。そして基肥量が70–107kg-N/haと多い傾向にある。とくに「米作日本一表彰事業」で1位となった1960年のオオトリの場合の施肥は、基肥に107kg-N/ha与えただけで追肥は行っていない。基肥施肥量や追肥量は、品種特性に加えて、作土の厚さ, 耕起の深さ, 土壌肥沃度と稲作期間中における窒素発現パターン, 土壌の物理化学的性質, 使用する肥料

のタイプ (速効性, 緩効性), 施肥法 (表層, 全層, 深層), 稲作期間中の栽培管理法, 気象の地域特性等を考慮して決められなければならない。超多収イネの窒素要求量は成育段階により変化していく。土壌から供給される窒素と肥料から供給される窒素がイネの一生を通して要求量に見合っ供給されるように施肥設計し, 栽培管理していくことが超多収にとっての鍵となる。

#### 参考文献

Mae, T. Nitrogen acquisition and its relation to growth and yield in recent high-yielding cultivars of rice (*Oryza sativa* L.) in Japan. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 57, 625-635 (2011).