

## 東北地域におけるイネ WCS 用水稲品種の乾物特性および飼料成分

福嶋陽・太田久稔・横上晴郁・津田直人

(農研機構東北農業研究センター)

**要旨：**東北地域における稲発酵粗飼料（イネ WCS）用水稲品種における収穫期、品種による乾物特性や飼料成分の差異を把握することを目的とした。全乾物重は、生育期間と密接な関係にあり、収穫期が遅いほど多く、早生品種より晩生品種が多かった。水分含量は、早生品種と晩生品種のいずれにおいても、出穂後日数に伴い同程度に減少した。飼料成分に関しては、出穂 20～40 日後の間に非繊維性炭水化物（NFC）が多い穂の重量が増加し、これに伴い近赤外分析で推定した可消化養分総量（TDN）も増加した。しかし、登熟に伴い、消化しにくい粗の割合も増加するため、家畜に給与した場合の実際の TDN が登熟に伴い増加するとは限らないと推察された。食用品種の収穫前に収穫できる早生品種の中では、「べこげんき」が、黄熟期の全乾物重がやや多く、穂重割合がやや低く、茎葉の NFC がやや高いことから有望であった。食用品種の収穫後に収穫できる晩生品種の中では、「たちあやか」が、全乾物重が多く、穂重割合が極めて低く、茎葉の NFC や糖含量が高いことから有望であった。

**キーワード：**稲発酵粗飼料（イネ WCS）、可消化養分総量（TDN）、乾物重、飼料稲、非繊維性炭水化物（NFC）、穂重割合。

近年、わが国においては、水田の有効利用、飼料自給率の向上、および耕畜連携の観点から、稲発酵粗飼料（以下、イネ WCS）用の水稻の栽培が推進されている。イネ WCS 用水稲においては、全乾物重が多いこと、およびサイレージの品質が優れることが求められる。また、収穫の時期や方法が主食用水稻とは異なる。そこで、「稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル」（日本草地畜産種子協会 2014）が作成されるなど、イネ WCS の普及のための研究が進められている。

東北地域のイネ WCS 用向けの品種に関しては、主食用品種の収穫前に収穫できる早生品種の需要が最も高いが、主食用品種の収穫後に収穫できる晩生品種の需要も存在する。また、西日本においては、家畜が消化しにくい粗の割合が極めて低い茎葉型品種「たちすずか」（2010 年品種登録出願、松下ら 2012a）、「たちあやか」（2012 年品種登録出願、松下ら 2012b）が栽培されており、東北地域においても消化性の優れた茎葉型品種の導入が期待されている。

収穫期に関しては、水分がある程度低く、全乾物重が多く、サイレージの品質が優れる黄熟期（およそ出穂 30 日後）が望ましいとされている（日本草地畜産種子協会 2014）。しかし、実際には、少数の収穫機で大面積を収穫する場合が多いこと、主食用水稻と収穫作業が重なることなどの理由から、黄熟期に収穫できない場合が多い。このために、様々な収穫期の全乾物重、水分、サイレージの品質を把握しておく必要がある。

サイレージの品質に関しては、栄養価、発酵品質、嗜好性、採食性までを総合的に評価すべきであるが（自給粗飼料品質評価研究会 2001）、その前段階として原材料の飼料成分を調査しておく必要がある。これまで、イネ WCS においては、牧草と同様に、穂と茎葉を均一に混合した試料につ

いて飼料成分が測定されることが多かった。しかし、水稻は、出穂後、穂の重量が急激に増加するという特性を持つため、登熟期間中に穂と茎葉の割合が大きく変化し、それに伴い飼料成分も大きく変化することが予想される。また、早生品種と晩生品種の差異や子実型品種と茎葉型品種の差異によっても、飼料成分が異なることが予想される。

このような背景の中、東北の各地域に適したイネ WCS の生産技術を確認するためには、まず、イネ WCS 用水稲の乾物特性や飼料成分の収穫期、品種による差異を穂と茎葉に分けて把握する必要がある。そこで、本研究では、早生で子実型のイネ WCS 用品種「べこごのみ」（2007 年品種登録出願、中込ら 2008）、「べこげんき」（2014 年品種登録出願、福嶋ら 2015）、東北地域では極晩生で子実型のイネ WCS 用品種「ホシアオバ」（2002 年品種登録出願、前田ら 2003）、極晩生で穂が極めて小さい茎葉型のイネ WCS 用品種「たちあやか」等を用いて、水稻品種の乾物特性および飼料成分を穂と茎葉に分けて調査した。

### 材料と方法

2014 年、2015 年に、農研機構東北農業研究センター（秋田県大仙市）で実施した多肥移植栽培の生産力検定試験の結果を用いた。供試品種は、「べこごのみ」、「べこげんき」、「あきたこまち」、「夢あおば」（2004 年品種登録出願、三浦ら 2006）、「たちはやて」（2013 年品種登録出願、加藤ら 2013、山口ら 2014）、「ホシアオバ」、「たちあやか」とした。

栽植様式は条間 30 cm、株間 15 cm、1 株 3 本の手植えとした。2014 年は苗箱播種 4 月 24 日、移植 5 月 23 日、2015 年は苗箱播種 4 月 23 日、移植 5 月 22 日とした。試験区は、4 条 × 4 m (4.8 m<sup>2</sup>) の 2 反復とした。基肥として、化成

第1表 イネ WCS 用水稲品種における乾物特性の年次間差異.

	出穂期 (月 / 日)	収穫期 (月 / 日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (/m <sup>2</sup> )	穂重 (g/m <sup>2</sup> )	茎葉重 (g/m <sup>2</sup> )	全乾物重 (g/m <sup>2</sup> )	水分含量 (%)	穂重割合 (%)
2014 年	7/31	8/30	97	22.6	360	655	806	1461	70	45
2015 年	7/31	8/30	100	22.1	409	735	830	1565	71	47
有意差	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	*	ns	ns
べこげんき	7/25	8/24	87	21.3	309	766	691	1457	70	53
あきたこまち	7/29	8/28	100	18.9	547	671	737	1408	70	48
夢あおば	8/ 1	9/ 2	90	21.1	366	791	815	1605	70	49
たちはやて	8/ 6	9/ 2	118	28.2	317	553	1031	1583	73	35
有意差	*	*	*	*	*	**	*	*	ns	*

水分含量 = (生重 - 全乾物重) / 生重, 穂重割合 = 穂重 / 全乾物重. \*\*, \*, ns は, 分散分析において, 1%水準, 5%水準で有意であること, 有意でないことを示す.

第2表 イネ WCS 用水稲品種における飼料成分特性および TDN の年次間差異.

	粗蛋白質		粗脂肪		粗灰分		NFC		NDF		ADF		TDN
	穂	茎葉	穂	茎葉	穂	茎葉	穂	茎葉	穂	茎葉	穂	茎葉	
2014 年	7.3	6.1	2.0	1.2	5.9	17.4	56.5	10.0	29.6	67.0	19.6	43.1	52.5
2015 年	7.3	6.6	2.2	1.1	5.3	16.3	61.9	10.2	25.0	67.5	17.3	41.3	56.9
有意差	ns	ns	ns	ns	*	*	**	ns	**	ns	**	ns	ns
べこげんき	7.8	6.7	2.1	1.2	5.0	18.0	61.6	8.2	25.5	67.7	16.9	43.5	59.2
あきたこまち	7.8	6.0	2.2	1.1	5.7	16.1	59.5	8.6	26.6	69.8	18.2	45.1	55.0
夢あおば	6.8	6.3	2.0	1.1	5.1	18.3	60.8	8.8	26.2	67.0	17.8	40.7	55.2
たちはやて	6.8	6.4	2.2	1.0	6.8	14.9	54.9	14.9	31.0	64.5	21.1	39.5	49.5
有意差	*	ns	ns	ns	*	*	**	ns	**	ns	**	ns	ns

NFC: 非繊維性炭水化物, NDF: 中性デタージェント繊維, ADF: 酸性デタージェント繊維, TDN: 可消化養分総量 (近赤外分析による). 値はいずれも%. \*\*, \*, ns は, 分散分析において, 1%水準, 5%水準で有意であること, 有意でないことを示す.

肥料を用いて窒素 7 kg/10a, リン酸 7 kg/10a, カリ 7 kg/10a, 追肥として, 2014 年, 2015 年ともに 7 月 9 日に NK 肥料を用いて窒素 3 kg/10a, カリ 3 kg/10a, 2014 年は 7 月 18 日, 2015 年は 7 月 22 日に硫酸を用いて窒素 2 kg/10 a を施用した. 出穂期は, 全穂の 50 % 以上に出穂が認められた日とした. 倒伏程度は, 無 (0) ~ 甚 (5) の 6 段階で出穂 30 日後に評価した. 収穫は, 出穂 30 日後を目標に行い, 2015 年の一部の品種においては, 出穂 20 日後, 40 日後を目標に行った. 1 試験区当たり中央の 2 条 × 20 株 (1.8 m<sup>2</sup>) を地際から刈り取った. 収穫した材料は, その日の内に生重を測定した後, 70 °C で 4 日以上乾燥した. その後, 1 区 40 株の乾物重を測定し, その内, 10 株については, 穂と茎葉に分けて乾物重を測定した後, 粉碎して飼料成分の分析に用いた. ただし, 「たちあやか」は, 穂の量が極めて少なかったため, 穂と茎葉をまとめて茎葉として飼料成分を分析した. 飼料成分の化学分析は, 雪印種苗株式会社に依頼し, 粗蛋白質は燃焼法, 粗灰分は蛍光 X 線分析, 他の項目は「粗飼料の品質評価ガイドブック」(自給粗飼料品質評価研究会 2001) に記載されている方法で測定した. 茎葉におけるブドウ糖, 果糖, ショ糖の含量は, 食品分析開発センター SUNATEC に依頼し, 高速クロマト

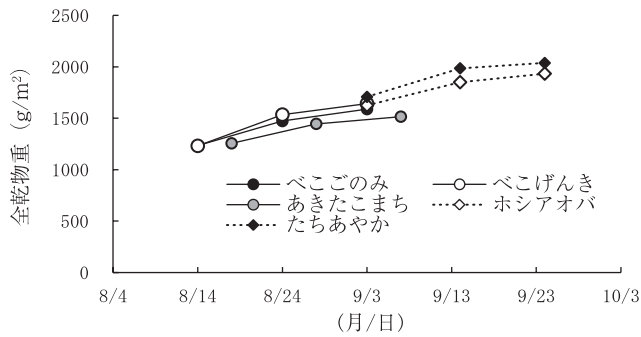
グラフィー法により測定した. 近赤外分析法による一般成分および酵素分析成分は, 農研機構畜産草地研究所に依頼して測定した. 可消化養分総量 (TDN) は推定式:  $TDN = 16.651 + 1.494 \times (OCC + Oa) - 0.012 \times (OCC + Oa)^2$  により算出した (小川ら 1987, 藤田ら 2003).

## 結 果

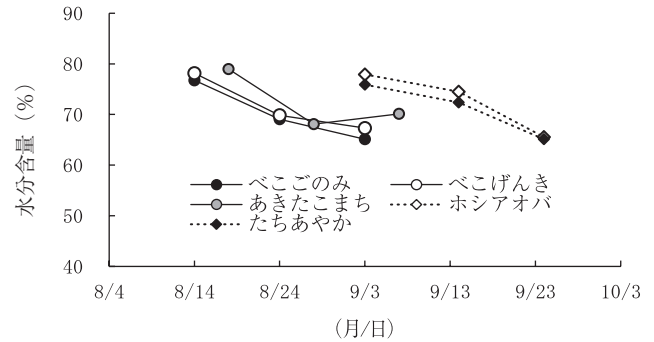
### 1. 乾物特性, 飼料成分特性の年次変動

出穂期は, 年次による差異は認められなかった (第1表). 2015 年は 2014 年よりも, 穂重が多いために, 全乾物重も多かった. 飼料成分に関しては, 2015 年は 2014 年と比較して, 穂および茎葉の粗灰分が低く, 穂の非繊維性炭水化物 (NFC) が高く, 穂の中性デタージェント繊維 (NDF), 酸性デタージェント繊維 (ADF) が低かった (第2表). TDN は, 年次による差異は認められなかった.

乾物特性の品種間差異に関しては, 水分含量以外のすべての形質で有意な差異が認められた. 飼料成分の品種間差異に関しては, 「たちはやて」は, 穂重割合が低く, 穂の NFC が低く, 穂の NDF, ADF が高い傾向が認められた.



第1図 イネ WCS 用水稲品種における登熟に伴う全乾物重の変化。



第2図 イネ WCS 用水稲品種における登熟に伴う水分含量の変化。

第3表 イネ WCS 用水稲品種における乾物特性の収穫期間差異および品種間差異。

	出穂期 (月/日)	収穫期 (月/日)	稈長 (cm)	穂長 (cm)	穂数 (/m²)	倒伏程度 (0-5)	穂重 (g/m²)	茎葉重 (g/m²)	全乾物重 (g/m²)	水分含量 (%)	穂重割合 (%)
出穂 20 日後	8/ 3	8/22					411 <sup>b</sup>	1000 <sup>a</sup>	1411 <sup>c</sup>	78 <sup>a</sup>	32 <sup>b</sup>
出穂 30 日後	8/ 3	9/ 2					589 <sup>a</sup>	1069 <sup>a</sup>	1658 <sup>b</sup>	71 <sup>b</sup>	38 <sup>a</sup>
出穂 40 日後	8/ 3	9/12					678 <sup>a</sup>	1066 <sup>a</sup>	1744 <sup>a</sup>	67 <sup>b</sup>	41 <sup>a</sup>
ベこごのみ	7/23	8/24	87	19.8	340	0.0	808 <sup>a</sup>	624 <sup>c</sup>	1432 <sup>c</sup>	70 <sup>a</sup>	56 <sup>a</sup>
ベこげんき	7/26	8/24	89	20.5	332	0.0	729 <sup>a</sup>	741 <sup>c</sup>	1470 <sup>c</sup>	72 <sup>a</sup>	49 <sup>a</sup>
あきたこまち	7/29	8/28	101	18.5	596	2.0	657 <sup>a</sup>	748 <sup>c</sup>	1406 <sup>c</sup>	72 <sup>a</sup>	46 <sup>a</sup>
ホシアオバ	8/12	9/13	121	20.8	370	0.5	579 <sup>a</sup>	1224 <sup>b</sup>	1803 <sup>b</sup>	73 <sup>a</sup>	32 <sup>b</sup>
たちあやか	8/21	9/13	123	14.6	397	0.0	22 <sup>b</sup>	1889 <sup>a</sup>	1910 <sup>a</sup>	71 <sup>a</sup>	1 <sup>c</sup>

品種の収穫期は出穂 30 日後の収穫期を示す。倒伏程度は出穂 30 日後に (0) 無～(5) 完全倒伏で判断。水分含量 = (生重 - 全乾物重) / 生重。穂重割合 = 穂重 / 全乾物重。同一文字を付した数値は Bonferroni 法により 5%水準で有意でないことを示す。

第4表 イネ WCS 用水稲品種における化学分析による飼料成分の収穫期間差異および品種間差異。

	粗蛋白質			粗脂肪			粗灰分			NFC			NDF			ADF		
	穂	茎葉	全体	穂	茎葉	全体	穂	茎葉	全体	穂	茎葉	全体	穂	茎葉	全体	穂	茎葉	全体
出穂 20 日後	7.74 <sup>a</sup>	7.63 <sup>a</sup>	7.55 <sup>a</sup>	2.29 <sup>a</sup>	0.95 <sup>a</sup>	1.40 <sup>b</sup>	6.35 <sup>a</sup>	14.45 <sup>a</sup>	11.49 <sup>a</sup>	50.8 <sup>b</sup>	13.7 <sup>b</sup>	27.5 <sup>c</sup>	34.6 <sup>a</sup>	65.1 <sup>a</sup>	53.8 <sup>a</sup>	23.8 <sup>a</sup>	38.8 <sup>a</sup>	33.0 <sup>a</sup>
出穂 30 日後	7.55 <sup>a</sup>	6.40 <sup>ab</sup>	6.83 <sup>b</sup>	2.20 <sup>a</sup>	1.07 <sup>a</sup>	1.49 <sup>a</sup>	5.28 <sup>a</sup>	14.43 <sup>a</sup>	10.49 <sup>b</sup>	61.4 <sup>a</sup>	16.4 <sup>ab</sup>	35.8 <sup>b</sup>	25.3 <sup>b</sup>	63.4 <sup>ab</sup>	47.1 <sup>b</sup>	17.2 <sup>b</sup>	38.1 <sup>a</sup>	28.9 <sup>b</sup>
出穂 40 日後	7.69 <sup>a</sup>	5.44 <sup>b</sup>	6.41 <sup>b</sup>	2.12 <sup>a</sup>	1.05 <sup>a</sup>	1.47 <sup>ab</sup>	4.90 <sup>a</sup>	14.59 <sup>a</sup>	10.18 <sup>b</sup>	65.0 <sup>a</sup>	19.3 <sup>a</sup>	40.2 <sup>a</sup>	22.1 <sup>b</sup>	61.2 <sup>b</sup>	43.5 <sup>c</sup>	15.1 <sup>b</sup>	37.5 <sup>a</sup>	27.0 <sup>c</sup>
ベこごのみ	7.90 <sup>a</sup>	6.03 <sup>a</sup>	7.13 <sup>ab</sup>	2.25 <sup>ab</sup>	1.11 <sup>a</sup>	1.74 <sup>a</sup>	5.43 <sup>a</sup>	16.10 <sup>a</sup>	10.10 <sup>b</sup>	61.3 <sup>a</sup>	8.6 <sup>c</sup>	38.2 <sup>a</sup>	24.9 <sup>b</sup>	69.8 <sup>a</sup>	44.6 <sup>c</sup>	17.1 <sup>a</sup>	42.6 <sup>a</sup>	28.2 <sup>c</sup>
ベこげんき	7.78 <sup>a</sup>	7.30 <sup>a</sup>	7.59 <sup>a</sup>	2.18 <sup>ab</sup>	1.06 <sup>a</sup>	1.60 <sup>b</sup>	4.97 <sup>a</sup>	16.62 <sup>a</sup>	10.88 <sup>ab</sup>	61.7 <sup>a</sup>	10.2 <sup>c</sup>	35.6 <sup>ab</sup>	25.2 <sup>b</sup>	66.6 <sup>a</sup>	46.1 <sup>bc</sup>	17.3 <sup>a</sup>	40.4 <sup>ab</sup>	28.9 <sup>bc</sup>
あきたこまち	8.11 <sup>a</sup>	7.15 <sup>a</sup>	7.64 <sup>a</sup>	2.50 <sup>a</sup>	1.01 <sup>a</sup>	1.70 <sup>ab</sup>	5.52 <sup>a</sup>	15.55 <sup>a</sup>	10.88 <sup>ab</sup>	59.8 <sup>a</sup>	8.2 <sup>c</sup>	32.3 <sup>b</sup>	25.9 <sup>ab</sup>	69.8 <sup>a</sup>	49.3 <sup>ab</sup>	17.8 <sup>a</sup>	42.6 <sup>a</sup>	31.0 <sup>ab</sup>
ホシアオバ	6.85 <sup>b</sup>	5.90 <sup>a</sup>	6.21 <sup>bc</sup>	1.89 <sup>b</sup>	0.96 <sup>a</sup>	1.27 <sup>c</sup>	6.12 <sup>a</sup>	13.49 <sup>b</sup>	11.03 <sup>a</sup>	53.5 <sup>a</sup>	20.5 <sup>b</sup>	31.6 <sup>b</sup>	33.3 <sup>a</sup>	60.8 <sup>b</sup>	51.6 <sup>a</sup>	22.6 <sup>a</sup>	36.3 <sup>bc</sup>	31.5 <sup>a</sup>
たちあやか	-	6.09 <sup>a</sup>	6.09 <sup>c</sup>	-	0.97 <sup>a</sup>	0.97 <sup>d</sup>	-	10.70 <sup>c</sup>	10.70 <sup>ab</sup>	-	34.8 <sup>a</sup>	34.8 <sup>ab</sup>	-	49.1 <sup>c</sup>	49.1 <sup>ab</sup>	-	28.7 <sup>d</sup>	28.7 <sup>c</sup>

NFC：非繊維性炭水化物，NDF：中性デタージェント繊維，ADF：酸性デタージェント繊維。値はいずれも%。同一文字を付した数値は Bonferroni 法により 5%水準で有意でないことを示す。

## 2. 乾物特性の収穫期間差異および品種間差異

「ベこごのみ」、「ベこげんき」、「あきたこまち」、「ホシアオバ」は、出穂 20～40 日後の間に、茎葉重は大きく変化しなかったが、穂重が増加することによって、全乾物重や穂重割合が増加した（第1図、第3表）。「たちあやか」は、出穂 20～40 日後の間に、茎葉重が増加することによって全乾物重が増加した。早生品種は晩生品種より出穂同日後の全乾物重が少なかった。その中で、「あきたこまち」は、出穂期を考慮した場合の全乾物重が小さかった。水分含量

に、品種や出穂期による大きな差異は認められず、いずれの品種も登熟に伴い減少した（第2図）。ただし、「あきたこまち」においては、倒伏が認められ、出穂 40 日後に水分含量がやや増加した。

## 3. 化学分析により推定した飼料成分の収穫期間差異および品種間差異

飼料成分は、穂と茎葉で明らかに異なっていた（第4表）。茎葉は穂と比較して、粗蛋白質がやや低く、粗脂肪は半分



以下に低く、粗灰分は倍以上に高く、NFCは数分の1程度に低く、NDF、ADFは高かった。

登熟に伴う変化をみると、粗蛋白質は、穂では変化しないが、茎葉では減少し、全体でも減少する傾向にあった。粗脂肪は、穂、茎葉とも変化しなかったが、全体では出穂20日後より出穂30日後、出穂40日後がやや高かった。粗灰分は、穂および茎葉では有意差は認められなかったが、全体では出穂20日後が、出穂30日後、出穂40日後より低かった。NFCは、穂、茎葉、全体のいずれでも増加の傾向が認められた。一方、NDF、およびADFは穂、茎葉、全体のいずれでも減少する傾向が認められた。

品種間差異をみると、全体の粗蛋白質および粗脂肪は、「ホシアオバ」で低く、「たちあやか」で最も低かった。茎葉の粗灰分は、「ホシアオバ」で低く、「たちあやか」で最も低かったが、全体の粗灰分の品種間差異は小さかった。茎葉のNFCは、「ホシアオバ」で高く、「たちあやか」で極めて高かった。全体としてみると、穂重割合が最も高い「べこごのみ」が、全体のNFCも最も高く、穂重割合が低く茎葉のNFCが高い「ホシアオバ」は全体のNFCが最も低かった。穂が極めて小さく茎葉のNFCが極めて高い「たちあやか」は、全体のNFCが5品種の中間の値となった。

第5表 イネWCS用水稲品種における茎葉の糖含量の収穫期間差異および品種間差異。

品種	収穫期	ブドウ糖 (g/100 g)	果糖 (g/100 g)	ショ糖 (g/100 g)
べこごのみ	出穂20日後	0.28	0.23	下限値以下
	出穂30日後	1.81	1.95	下限値以下
	出穂40日後	1.73	1.73	下限値以下
べこげんき	出穂30日後	1.23	1.42	下限値以下
ホシアオバ	出穂30日後	3.21	2.93	3.73
たちあやか	出穂20日後	5.44	5.21	3.12
	出穂30日後	3.79	3.79	7.97
	出穂40日後	3.98	4.27	7.78

定量下限は0.1 g/100 g。

茎葉のNDFおよびADFは、「ホシアオバ」が低く、「たちあやか」が最も低かった。全体のNDFは、「あきたこまち」、「たちあやか」が高く、「ホシアオバ」が最も高かった。全体のADFは、「あきたこまち」、「ホシアオバ」が高かった。

単位面積当たりの飼料成分を試算すると、出穂20日後から出穂40日後の間に、全体のNFCは441 g/m<sup>2</sup>から805 g/m<sup>2</sup>に増加したのに対して、全体のNDFは794 g/m<sup>2</sup>から796 g/m<sup>2</sup>、全体のADFは488 g/m<sup>2</sup>から495 g/m<sup>2</sup>とほとんど変化しなかった。

#### 4. 茎葉の糖含量の収穫期間差異および品種間差異

「べこごのみ」においては、出穂20～30日後の間にブドウ糖および果糖が増加した(第5表)。ショ糖は測定可能下限値以下であった。一方、「たちあやか」は出穂20～30日後の間に、ブドウ糖および果糖が減少したが、それ以上にショ糖が増加した。品種間差異をみると、早生の「べこごのみ」、「べこげんき」は糖含量が低く、極晩生の「ホシアオバ」、「たちあやか」は糖含量が高く、特に「たちあやか」は出穂30日後、40日後のショ糖の含量が顕著に高かった。

#### 5. 近赤外分析により推定した飼料成分の収穫期差異および品種間差異

登熟に伴い、粗蛋白質は減少し、粗灰分は減少し、細胞内容物質(OCC)は増加した。一方、細胞壁物質(OCW)は減少し、高消化性繊維(Oa)は減少し、低消化性繊維(Ob)は減少した(第6表)。その結果、TDNは増加した。登熟に伴い全乾物重も増加したので、TDN収量は大きく増加した。

品種間差異をみると、「たちあやか」は粗蛋白質が低く、粗灰分が高かった。「べこごのみ」は、OCCが高いが、Oaは低かった。反対に、「ホシアオバ」、「たちあやか」は、OCCが低い、Oaは高かった。茎葉型品種「たちあやか」のTDNは、5品種の中間的な値を示した。TDN収量は、晩生品種の「ホシアオバ」、「たちあやか」が多く、晩生品種の中でも「たちあやか」が最も多かった。

第6表 イネWCS用水稲品種における近赤外分析による飼料成分の収穫期間差異および品種間差異。

	CP (%)	Ash (%)	OCC (%)	OCW (%)	Oa (%)	Ob (%)	TDN (%)	TDN収量 (g/m <sup>2</sup> )
出穂20日後	6.6 <sup>a</sup>	13.9 <sup>a</sup>	31.6 <sup>b</sup>	55.9 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	52.3 <sup>a</sup>	54.2 <sup>b</sup>	666 <sup>c</sup>
出穂30日後	5.5 <sup>b</sup>	12.7 <sup>b</sup>	37.6 <sup>a</sup>	50.0 <sup>b</sup>	2.8 <sup>b</sup>	47.3 <sup>b</sup>	57.1 <sup>a</sup>	795 <sup>b</sup>
出穂40日後	5.0 <sup>b</sup>	11.9 <sup>b</sup>	41.7 <sup>a</sup>	45.9 <sup>c</sup>	2.3 <sup>b</sup>	43.6 <sup>c</sup>	58.9 <sup>a</sup>	845 <sup>a</sup>
べこごのみ	6.0 <sup>ab</sup>	9.4 <sup>d</sup>	44.2 <sup>a</sup>	45.9 <sup>b</sup>	2.2 <sup>b</sup>	43.7 <sup>b</sup>	59.8 <sup>a</sup>	709 <sup>c</sup>
べこげんき	6.4 <sup>a</sup>	11.4 <sup>c</sup>	39.6 <sup>ab</sup>	49.2 <sup>ab</sup>	2.7 <sup>ab</sup>	46.6 <sup>ab</sup>	58.1 <sup>ab</sup>	715 <sup>c</sup>
あきたこまち	6.4 <sup>a</sup>	11.8 <sup>c</sup>	35.4 <sup>c</sup>	53.4 <sup>a</sup>	2.7 <sup>ab</sup>	50.7 <sup>a</sup>	55.9 <sup>bc</sup>	667 <sup>c</sup>
ホシアオバ	5.2 <sup>ab</sup>	14.6 <sup>b</sup>	31.2 <sup>bc</sup>	55.1 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	51.7 <sup>a</sup>	53.8 <sup>c</sup>	843 <sup>b</sup>
たちあやか	4.5 <sup>b</sup>	17.0 <sup>a</sup>	34.6 <sup>bc</sup>	49.5 <sup>ab</sup>	3.5 <sup>a</sup>	46.0 <sup>ab</sup>	56.0 <sup>bc</sup>	910 <sup>a</sup>

CP: 粗蛋白質, Ash: 粗灰分, OCC: 細胞内容物, OCW: 細胞壁物質, Oa: 高消化性繊維, Ob: 低消化性繊維, TDN: 可消化養分総量, TDN収量 = TDN × 全乾物重。同一文字を付した数値はBonferroni法により5%水準で有意でないことを示す。

化学分析と近赤外分析による飼料成分を比較すると、粗蛋白質、総繊維量を示す NDF と OCW の収穫期間差異、および品種間差異は、絶対値は異なるものの、傾向としては概ね一致するものであった。

## 考 察

### 1. 乾物特性および飼料成分の年次間差異

2014 年と 2015 年では、穂重や穂の飼料成分が異なった（第 1 表、第 2 表）。気象庁が公表している過去の気象データによると、登熟期間にあたる 8 月の平均気温は、2014 年が 23.9℃、2015 年が 24.0℃と大きくは異ならなかった。このことから、2015 年は高温によって登熟が早まったとは考えにくい。いずれにせよ、出穂から収穫までの日数が同じであっても、年次によって、乾物特性や飼料成分がやや異なることが明らかになったので留意する必要がある。一方、多くの形質で、年次によらない明確な品種間差異が認められたので、品種の特性を把握するには単年度の結果でも可能であると判断された。

### 2. 乾物特性および飼料成分の収穫期差異および品種間差異

本研究において、イネ WCS 用品種の全乾物重を決める大きな要因は生育期間であった（第 1 図）。生育期間を長くするには、移植時期を早める方法もあるが、東北地域は移植時期の温度が低いため、移植時期を早めることは難しい。したがって、全乾物重を高めるためには、収穫期を遅らせること、および晩生の品種を選択することが重要であると判断される。一方、水分含量に関しては、早生品種も極晩生品種も、出穂後日数に伴い同様に減少したので、品種の早晩性によらず、出穂後日数が目安となると考えられる（第 2 図）。

飼料成分に関しては、出穂 20～40 日後の間に穂重割合および穂の NFC が増加し、これに伴い近赤外分析で推定した TDN も増加することが明らかとなった（第 3 表、第 4 表、第 6 表）。しかし、登熟に伴い、消化しにくい粗の割合も増加するため、家畜に給与した場合の実際の TDN は登熟に伴い増加するとは限らない（新出ら 2008）。一方、粗が極めて少ない茎葉型の「たちあやか」は、茎葉の NFC が極めて高いため、出穂 40 日後以降も実際の TDN が高く維持されている可能性がある。

個々の品種の特性をみると、早生品種の中では、「べこげんき」は「べこごのみ」より、全乾物重はやや多いが、穂重割合がやや低かった。このことは過去の報告（福馬ら 2015）と一致した。さらに、本研究からは、「べこげんき」は「べこごのみ」より、穂重割合が低いために全体の NFC がやや低く、TDN もやや低いことが示された。しかし、「べこげんき」は「べこごのみ」よりも、家畜が消化しにくい粗の割合が低く茎葉の NFC が高いことから、実際の TDN はやや高いのではないかと推察される。したがって、「べ

こげんき」は、主食用水稻品種の収穫が始まる 9 月中旬の前に黄熟期収穫できるイネ WCS 用品種として期待できる。「あきたこまち」は、他品種と比較して、収穫期を考慮した場合の乾物重が低い傾向にあった（第 1 図）。この原因の一つとして、「あきたこまち」は倒伏したことが挙げられる（第 3 表）。「あきたこまち」のように耐倒伏性の劣る品種は、イネ WCS の多肥多収を目指すには不向きであると判断される。晩生品種の「たちはやて」は、穂重割合がやや低く、茎葉の NFC はやや高かった。「たちはやて」は、難消化性成分であるリグニンの含有率が低いことが報告されている（加藤ら 2013）。本研究においては、リグニンとセルロースを主成分とする茎葉の ADF が、「たちはやて」はやや低く（第 2 表）、「たちあやか」は顕著に低かった（第 4 表）。以上の結果から、「たちはやて」は「たちあやか」と他品種の中間的な特性を備えた品種と位置づけできる。穂重割合の極めて低い茎葉型品種「たちあやか」は、茎葉の NFC が高いため、近赤外分析により推定した TDN が子実型品種と同等となると推察された。極晩生品種の中では、「たちあやか」は「ホシアオバ」より、全乾物重が多く、穂重割合が低く、かつ TDN も高かった。さらに、「たちあやか」は、出穂 30 日後以降の茎葉の糖含量が顕著に高かった（第 5 表）。茎葉の糖含量が高いことは、良好な発酵サイレージを作るために重要と考えられている（河野 2011）。これらのことから、「たちあやか」は東北地域における主食用水稻品種の収穫後に収穫するイネ WCS 用品種として期待できる。ただし、「たちあやか」は、粗の収量が極めて低いので、種子が高価となることに留意する必要がある。

### 3. 東北地域におけるイネ WCS の生産拡大に向けて

東北地域におけるイネ WCS の生産に関しては、全乾物重が多いことよりも、所有している収穫機、主食用水稻との作業競合などの耕種側の事情、あるいは、サイレージの品質や給与時期などの畜産側の事情にそれぞれ左右されることが多い。圃場で水稻を刈り倒して乾燥させてから収穫・ロールパールとする予乾体系においては、刈倒す時期の水分が高くても大きな問題とはならない。このため、早く刈り倒すことによって、主食用水稻の収穫との作業競合を避けることも可能である。一方、収穫直後にロールパールとするダイレクト収穫体系においては収穫前の水分が適正值である必要がある。また、肉牛・乳牛等の牛の種類によっても求められるサイレージの品質は異なってくる。本研究の結果を参考にして、東北各地の状況に応じたイネ WCS の生産が行われることを期待したい。なお、本研究は、多肥移植栽培で実施したが、標肥移植栽培や直播栽培によって乾物特性や飼料成分がどの程度変化するかは今後検討する必要がある。

謝辞：本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「飼料用米の収量を高位安定化させる生産技術等の開発」により実施した。農研機構畜産草地研究所の甘利雅弘専門員から

貴重なご意見を頂いた。ここに感謝の意を表す。

## 引用文献

- 藤田泰仁・村井勝・蔡義民・甘利雅弘・小川増弘 2003. 近赤外分析法による飼料イネの飼料成分および栄養価の推定. 畜産草地研究所 2002 年の成果情報. <https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nilgs/2002/nilgs02-16.html> (2016/1/23 閲覧).
- 福嶋陽・太田久稔・梶亮太・津田直人・中込弘二・山口誠之・片岡知守・遠藤貴司 2015. 東北地域の稲発酵粗飼料の生産に適した水稻品種「べこげんき」の育成. 東北農研報 117: 1-13.
- 自給粗飼料品質評価研究会 2001. 改訂 粗飼料の品質評価ガイドブック, 日本草地畜産種子協会, 東京, 1-196.
- 加藤浩・春原嘉弘・平林秀介・佐藤宏之・竹内善信・常松浩史・小林伸哉・黒木慎・後藤明俊・安東郁男・根本博・井辺時雄・太田久稔・前田英郎・出田収・石井卓朗・坂井真・田中淳一・池谷智仁・津田直人・青木法明・平山正賢・田村和彦・田村泰章 2013. 早生茎葉多収で倒伏しにくい稲発酵粗飼料用水稻新品種候補「関東飼糧 254 号」. 作物研究所 2012 年の成果情報. [https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nics/2012/120a0\\_02\\_02.html](https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nics/2012/120a0_02_02.html) (2016/1/23 閲覧).
- 河野幸雄 2011. 高糖分飼料イネ「たちすずか」の飼料特性と乳牛への給与. 飼料イネの研究と普及に関する情報交換会. 21-26. [http://www.naro.affrc.go.jp/nilgs/kenkyukai/files/shiryoin2011\\_07.pdf](http://www.naro.affrc.go.jp/nilgs/kenkyukai/files/shiryoin2011_07.pdf) (2016/1/23 閲覧).
- 前田英郎・春原嘉弘・飯田修一・松下景・根本博・石井卓朗・吉田泰二・中川宣興・坂井真・星野孝文・岡本正弘・篠田治躬 2003. 飼料用水稻新品種「ホシアオバ」の育成. 近中四農研報 2: 83-98.
- 松下景・飯田修一・出田収・春原嘉弘・前田英郎・田村泰章 2012a. 茎葉多収で消化性に優れ高糖分含量の飼料用水稻品種「たちすずか」の育成. 近中四農研報 11: 1-13.
- 松下景・石井卓朗・飯田修一・出田収・春原嘉弘・前田英郎 2012b. 茎葉多収で中生の稲発酵粗飼料用水稻新品種「たちあやか」. 近畿中国四国農業研究センター 2011 年の成果情報. [https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/warc/2011/120a0\\_10\\_01.html](https://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/warc/2011/120a0_10_01.html) (2016/1/23 閲覧).
- 三浦清之・上原泰樹・小林陽・太田久稔・清水博之・笹原英樹・福井清美・小牧有三・大槻寛・後藤明俊・重宗明子 2006. 水稻新品種「夢あおば」の育成. 中央農研報 7: 1-23.
- 中込弘二・山口誠之・片岡知守・遠藤貴司・滝田正・東正昭・横上晴郁・加藤浩 2008. 東北地域向けの早生の飼料イネ専用品種「べこごのみ」の育成. 東北農研報 109: 1-13.
- 日本草地畜産種子協会 2014. 稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル 第 6 版. 1-196. [http://souchi.lin.gr.jp/skill/pdf/manual\\_vol6.pdf](http://souchi.lin.gr.jp/skill/pdf/manual_vol6.pdf) (2016/1/23 閲覧).
- 小川増弘・箭原信男・増淵俊彦・押部明徳・加茂幹男・中川西弘之 1987. アンモニア処理乾草の飼料価値の推定. 日草誌 32: 408-413.
- 新出昭吾・城田圭子・長尾かおり 2008. 飼料イネホールクロップサイレーズの刈取時期の違いが子実排せつ量に及ぼす影響. 広島畜技研報 15: 1-8.
- 山口弘道・石崎摩美・石川哲也・加藤浩・平林秀介 2014. 関東地方の周年粗飼料生産体系における稲発酵粗飼料向け早生品種たちはやての生育特性. 日作紀 83: 352-355.

**Dry Matter Trait and Feed Composition of Rice Varieties for WCS in the Tohoku Region of Japan** : Akira FUKUSHIMA, Hisatoshi OHTA, Narifumi YOKOGAMI and Naoto TSUDA (*NARO Tohoku Agricultural Research Center, Daisen, Akita 014-0102, Japan*)

**Abstract** : This study was conducted to elucidate the effect of harvest time and varietal differences on dry matter traits and feed composition of rice for whole crop silage (WCS). Total dry weight was closely related with the growth period; it increased with the delay of harvest time and was heavier in late heading varieties than in early heading varieties. The water content of plants decreased gradually after heading similarly in both early and late heading varieties. Total digestible nutrients (TDN) estimated by using near infrared rays increased from 20 days after heading to 40 days after heading, as the weight of panicles that contained a large amount of non-fibrous carbohydrate (NFC) increased. However, the real TDN did not increase since the ratio of unhulled rice that is hard to digest also increased during ripening. Among the early heading varieties that could be harvested before the harvest of food rice, “Bekogenki” was expected to be useful since it had a slightly larger total dry weight, slightly lower panicle weight ratio and slightly higher NFC of leaf and stem. Among the late heading varieties that could be harvested after harvesting of food rice, “Tachiyaka” was expected to be useful since it had a larger total dry weight, extremely lower panicle weight ratio, and higher NFC and sugar content of leaf and stem.

**Key words** : Dry weight, Feed rice, Non-fibrous carbohydrate (NFC), Panicle weight ratio, Total digestible nutrients (TDN), Whole crop silage (WCS).