

平成28年度 自給飼料利用研究会

「飼料畑及び水田の高度利用による自給飼料生産」



平成28年12月5日～6日

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構
畜産研究部門

資料の取り扱いについて

本資料より転写・複製する場合は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構の許可を得て下さい。

開催趣旨

近年の為替と穀物等の国際相場の変動によって、輸入飼料依存が高いわが国の畜産農家においてはその経営を不安定にする要因が増大している。このような状況下では、飼料作物新品種や新たな栽培利用法を活用して低コストで自給飼料を増産することによって飼料自給率を向上させることが安定経営のために重要である。そこで、本年度の自給飼料利用研究会では、農研機構や都道府県等の公的機関で開発された、既存の飼料畑や水田を最大限に活用して効率的に自給飼料を増産するための新技術などを紹介し、知識の向上と普及を図る。

主 催

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門

日 時

平成28年12月5日（月） 10：30～17：00

平成28年12月6日（火） 9：00～11：45

場 所

滝野川会館（東京都北区西ヶ原 1-23-3）

参集範囲

農林水産省、独立行政法人、国立研究開発法人、都道府県、大学、団体、民間等の関係者

次 第

第1日目 12月5日(月)

開 会 10:30

挨拶 10:30-10:40
農研機構 畜産研究部門長 島田和宏

基調講演 (座長：農研機構 畜産研究部門 畜産飼料作研究監 大同久明)
飼料自給率向上の課題と展望 10:40-11:20
酪農学園大学 荒木和秋

行政報告 (座長：農研機構 畜産研究部門 畜産飼料作研究監 大同久明)
行政としての自給飼料生産支援施策について 11:20-12:00
農林水産省生産局畜産部飼料課 太鼓矢修一

昼食休憩 12:00-13:00

研究・技術・事例紹介 (座長：農研機構 畜産研究部門 飼養管理技術研究領域長 鈴木一好)
高消化性スーダン型ソルガム「涼風」の栽培と収穫・調製法 13:00-13:40
長野県畜産試験場 浅井貴之

寒冷地における二毛作とイタリアンライグラス新品種「クワトロ TK-5」 13:40-14:20
農研機構 東北農業研究センター 久保田明人

暖地・温暖地の作付体系と多毛作への取り組み 14:20-15:00
農研機構 九州沖縄農業研究センター 加藤直樹

休憩 15:00-15:20

不耕起対応トウモロコシ高速播種機の改良と現地試験事例 15:20-16:00
農研機構 農業技術革新工学研究センター 松尾守展

総合討議 (座長：農研機構 畜産研究部門 飼料連携調整役 上山泰史)
16:00-17:00

第2日目 12月6日(火)

研究・技術・事例紹介 (座長：農研機構 畜産研究部門 飼料調製ユニット長 野中和久)

最近の飼料作物の栄養評価に関する研究の動向 9:00- 9:40

農研機構 畜産研究部門 永西 修

高糖分 WCS 用稲品種向け添加剤「畜草2号」の開発 9:40-10:10

農研機構 畜産研究部門 遠野雅徳

休憩 10:10-10:25

「畜草2号」の添加効果と今後の展望 10:25-11:05

広島県立総合技術研究所畜産技術センター 河野幸雄

「高糖分 WCS 用稲品種を活用した微細断収穫・調製体系」 11:05-11:45

農研機構 西日本農業研究センター 高橋仁康

閉会

目 次

基調講演

- 飼料自給率向上の課題と展望 1
酪農学園大学 荒木和秋

行政報告

- 行政としての自給飼料生産支援施策について 別1
農林水産省生産局畜産部飼料課 太鼓矢修一

研究・技術・事例紹介

- 高消化性スーダン型ソルガム「涼風」の栽培と収穫・調製法 19
長野県畜産試験場 浅井貴之
- 寒冷地における二毛作とイタリアンライグラス新品種「クワトロ TK-5」 29
農研機構 東北農業研究センター 久保田明人
- 暖地・温暖地の作付体系と多毛作への取り組み 32
農研機構 九州沖縄農業研究センター 加藤直樹
- 不耕起対応トウモロコシ高速播種機の改良と現地試験事例 40
農研機構 農業技術革新工学研究センター 松尾守展
- 最近の飼料作物の栄養評価に関する研究の動向 46
農研機構 畜産研究部門 永西 修
- 高糖分 WCS 用稲品種向け添加剤「畜草2号」の開発 56
農研機構 畜産研究部門 遠野雅徳
- 「畜草2号」の添加効果と今後の展望 65
広島県立総合技術研究所畜産技術センター 河野幸雄
- 高糖分 WCS 用稲品種を活用した微細断収穫・調製体系 70
農研機構 西日本農業研究センター 高橋仁康

平成28年度自給飼料利用研究会
「飼料自給率向上の課題と展望」

酪農学園大学 荒木和秋

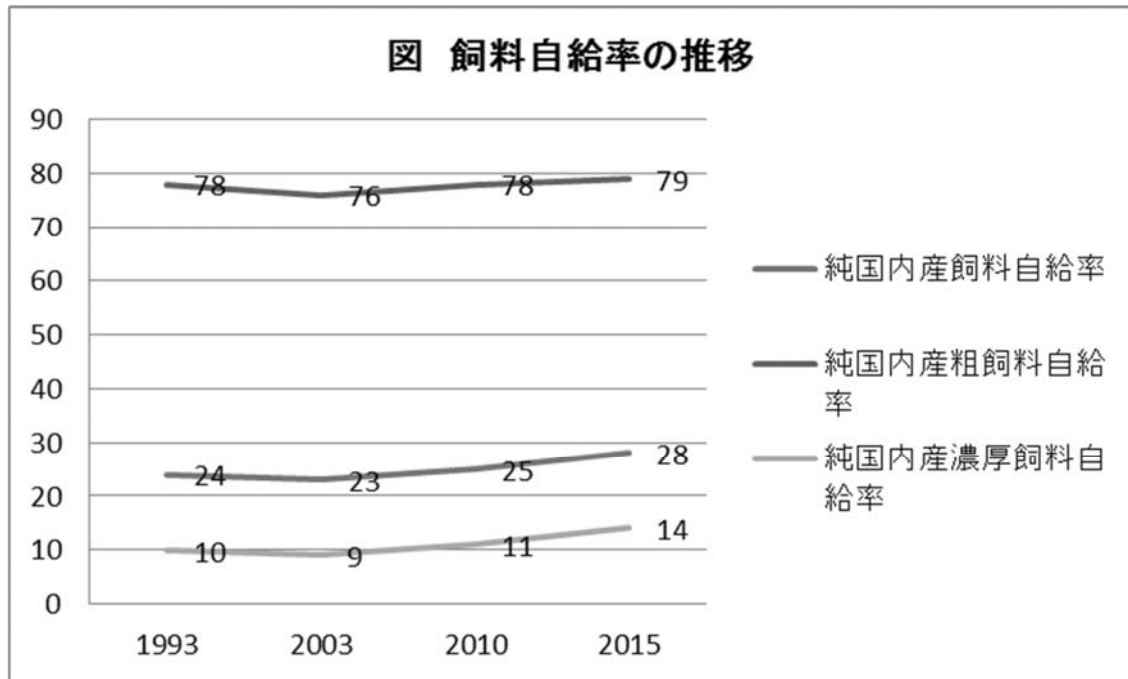
2016.12.5

講演内容

1. 飼料自給率の現状
2. 飼料自給率は何故低下したのか
3. 飼料自給率低下の影響
4. 飼料自給率向上のための方策
 - (1) 農場TMRセンター
 - (2) 細断型ロールベアーの普及
 - (3) 北海道における飼料用トウモロコシの増加
 - (4) アメリカ産トウモロコシの不安定性
5. 飼料自給率向上の展望

1. 飼料自給率の現状

濃厚飼料自給率の向上：飼料用米、エコフィード



2. 何故、飼料自給率は低下したのか

北海道における規模拡大のメカニズム

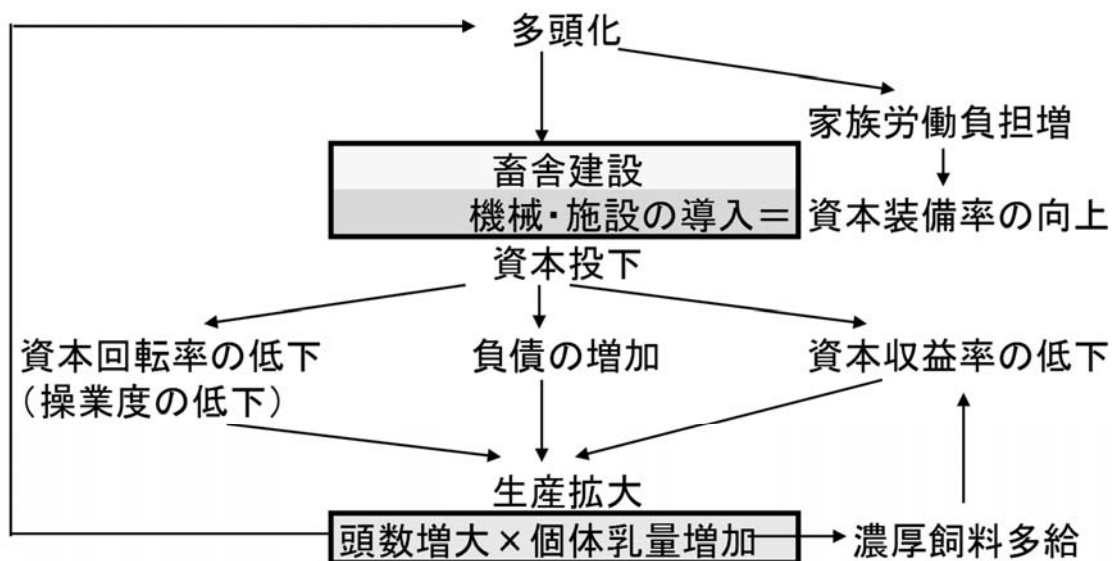


図 規模拡大のメカニズム

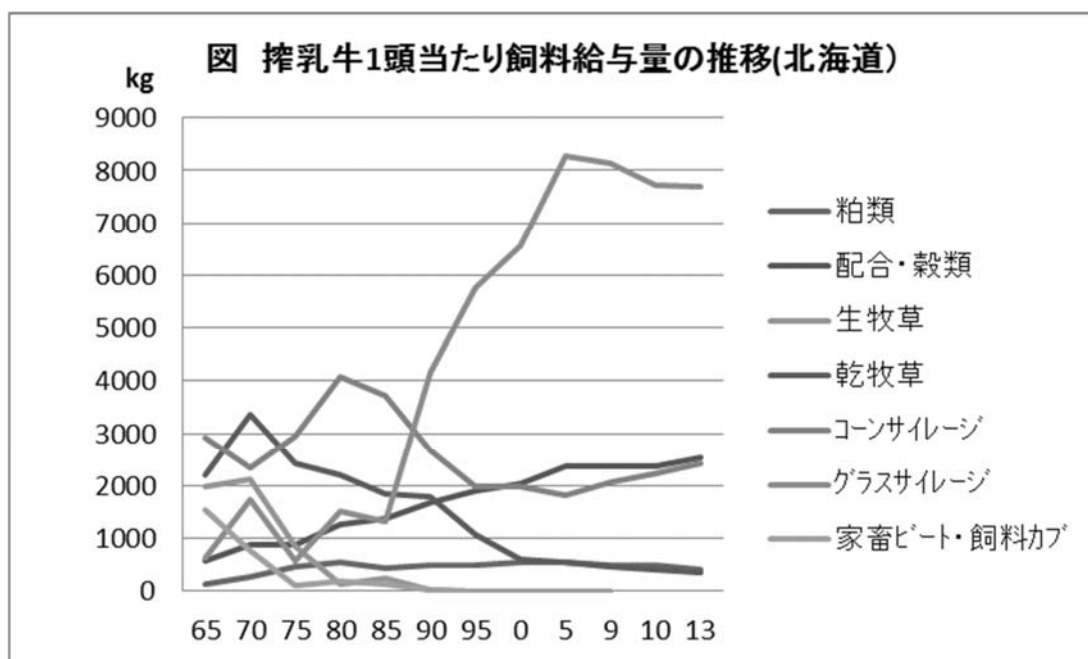
北海道酪農の展開と問題点

家畜生産性 ← 輸入穀物
 (高泌乳牛化) × 土地生産性は軽視



個体乳量 × 頭数 = 生乳生産量 / 労働・資本
 → 労働生産性・資本生産性の向上 → 収益向上
 高泌乳牛化の課題 → 乳牛の疾病増大
 繁殖成績の低下、短命
 労働過重
 飼料価格高騰による経営悪化

北海道における飼料給与量の推移(生産費調査) グラスサイレージの急増と配合・穀類の増加



北海道酪農の構造

生産規模大：個体乳量多、飼料多、除籍率大

表 出荷乳量別個体乳量と濃厚飼料給与量および入籍、除籍(2012)

産乳量階層 (トン)	乳量 (トン)	戸数	実頭数 (頭)	乳量 (kg)	濃厚飼料給 与量(kg)	加入 牛率	除籍 牛率
2000～以上	3,528.8	138	350.1	10,081	4,075	35	32
1500～1999	1,737.6	121	182.3	9,534	3,941	32	31
1000～1499	1,198.8	388	127.2	9,423	3,861	32	30
900～999	942.6	158	100.8	9,348	3,603	29	27
800～899	846.2	212	90.3	9,373	3,424	29	28
700～799	751.7	315	80.4	9,350	3,497	29	28
600～699	646.9	417	70.3	9,201	3,390	29	27
500～599	547.6	600	61.8	8,855	3,203	27	27
400～499	447.8	794	53.4	8,387	2,967	26	26
300～399	351.7	812	43.8	8,033	2,765	25	25
200～299	257.1	506	34.5	7,448	2,529	24	26
100～199	159.7	171	23.7	6,741	2,408	22	26
99～以下	67.4	39	11.1	6,071	2,105	20	27

資料：「2012年年間検定成績」(社)北海道酪農検定検査協会

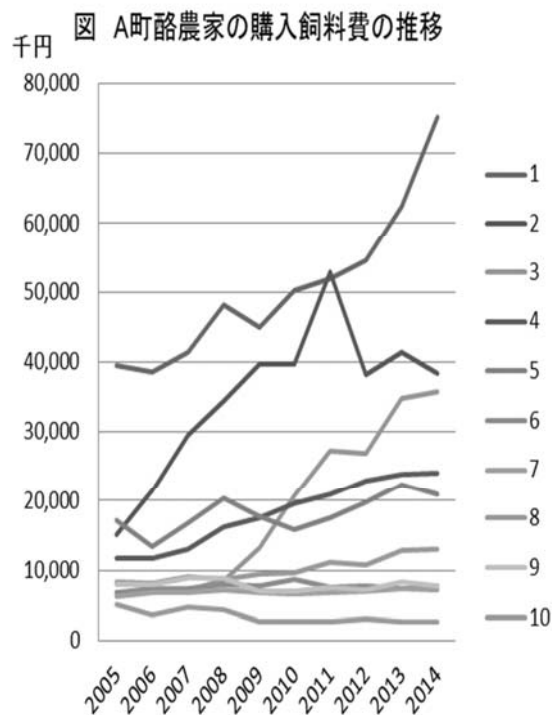
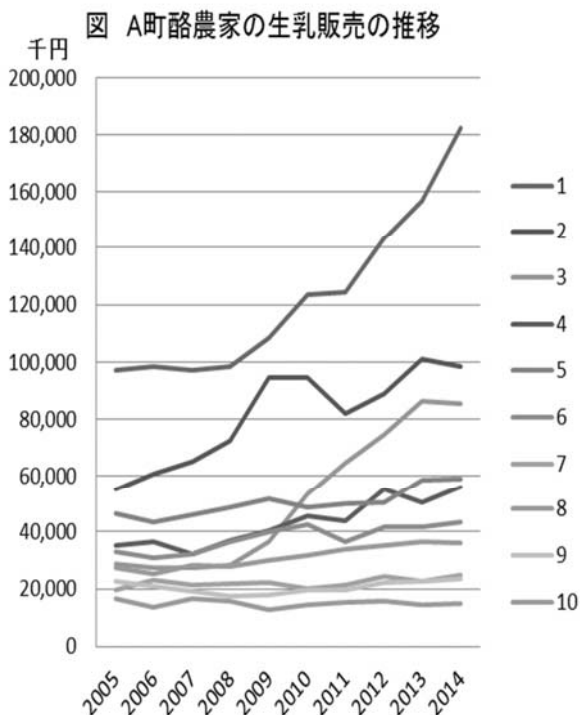
通年舎飼農家(1～5)と夏期放牧農家(6～10)を比較

表 北海道A町における飼養形態別酪農家の経営概況

飼養 形態	番 号	搾乳牛頭数(頭)		係留方式	農地面積(2014)(ha)				農地面積(2006)(ha)			
		2014	2006		計	採草	兼用	放牧	計	採草	兼用	放牧
通年 舎飼	1	254	185	フリーストール	102	102	-	-	92.3	92.3	-	-
	2	144		フリーストール	171	171	-	-				
	3	111	55	スタンション	79.5	79.5	-	-	65	65	-	-
	4	102	75	フリーストール	78	78	-	-				
	5	83	83	フリーストール	105.7	102.6	3.1		114.7	111.6	-	-
夏期 放牧	6	89	78	フリーストール	80	41.8	23	15.2	82	21	23	38
	7	59	59	スタンション	68.9	48.7	-	20.2	60	60	-	-
	8	57	51	タイストール	103.8	91.8	-	12	66	51	-	15
	9	55	53	スタンション	58	46.6	5	6.4	56	44	4	8
	10	26	25	スタンション	62.5	45.4	4	13.1	62.5	50.5	4	8

資料：A町農協資料より

通年舎飼農家の生乳販売と購入飼料費の伸びが顕著である一方、夏期放牧農家は伸びが小さい



3. 飼料自給率低下の影響 酪農経営の収支構造の変化

「営農類型別経営統計」(北海道農政事務所統計部)をもとに、北海道酪農経営の収支構造の変化を明らかにした。

- ①収支構造の年次変化
- ②規模別収支構造の変化

農家経済の所得と「実質農業所得」

農業粗収益－農業経営費＝農業所得

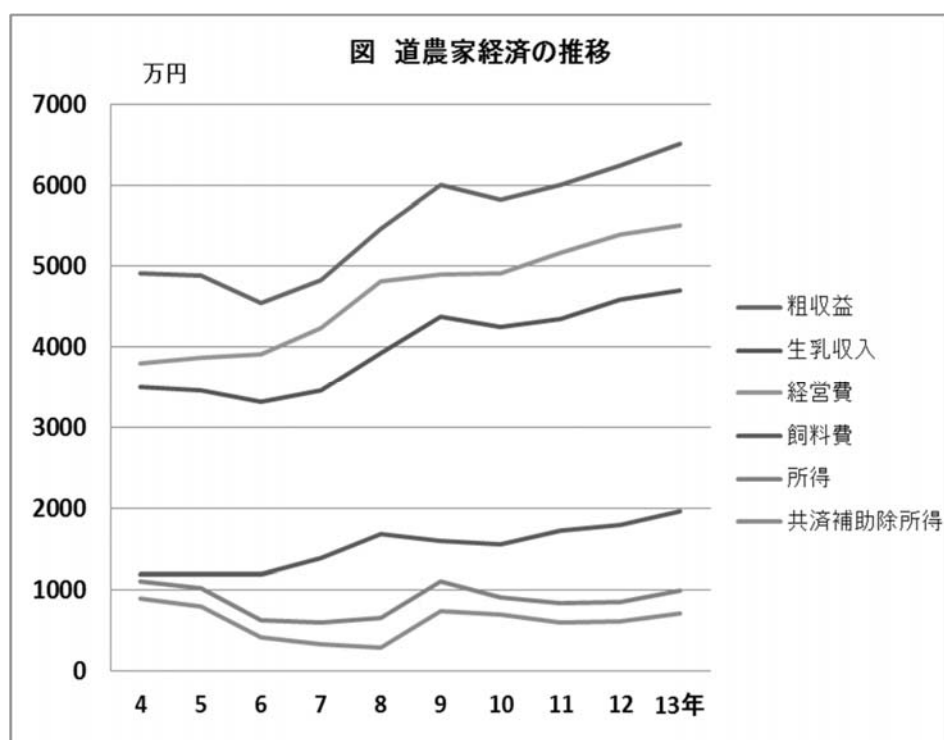
共済・補助金等を除く農業収支

農業粗収益－共済・補助金等受取金

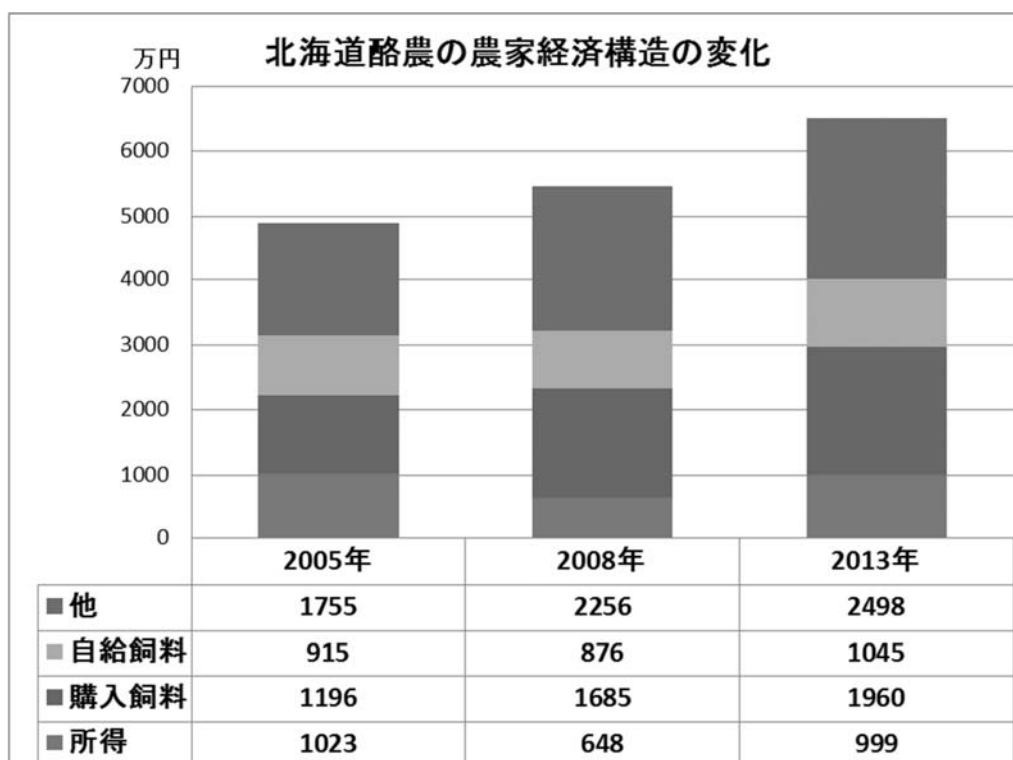
－(農業経営費－共済掛金・補助金積立金等)

＝「実質農業所得」

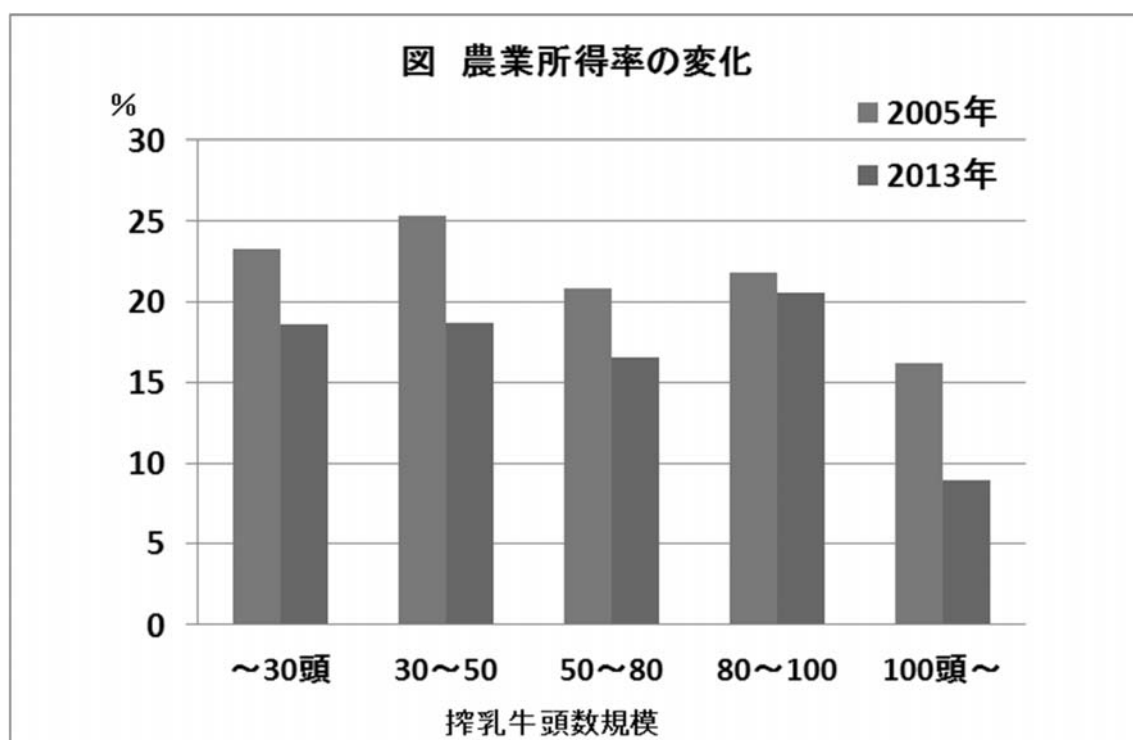
北海道の酪農家の経済は、粗収益は増加、
しかし所得は停滞



購入飼料費は倍増



農業所得率は2005年においては規模が大きくなるにつけて低下していたが、2013年には80～100頭層が最大(20.5%)になる。また、100頭以上層では大きく低下(9%)している。



農業所得では2005年においては、100頭以上層が最大であったが、2013年では80～100頭層が最大であり、実質農業所得では、100頭以上層の倍以上の額になっている。

図 道酪農経営の所得の変化

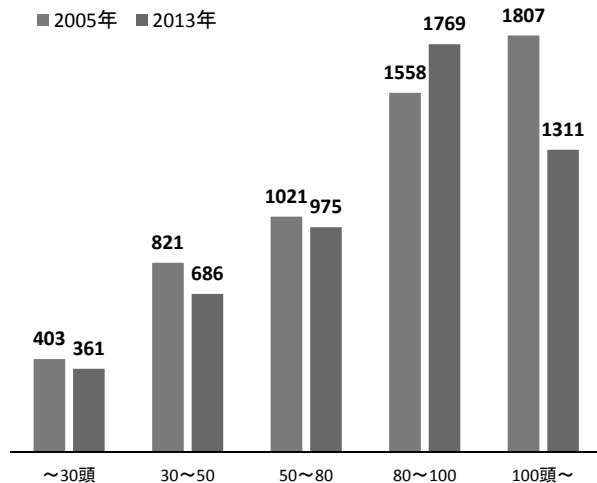
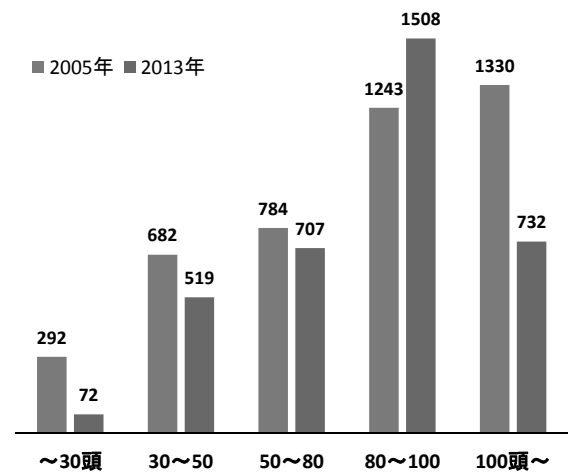
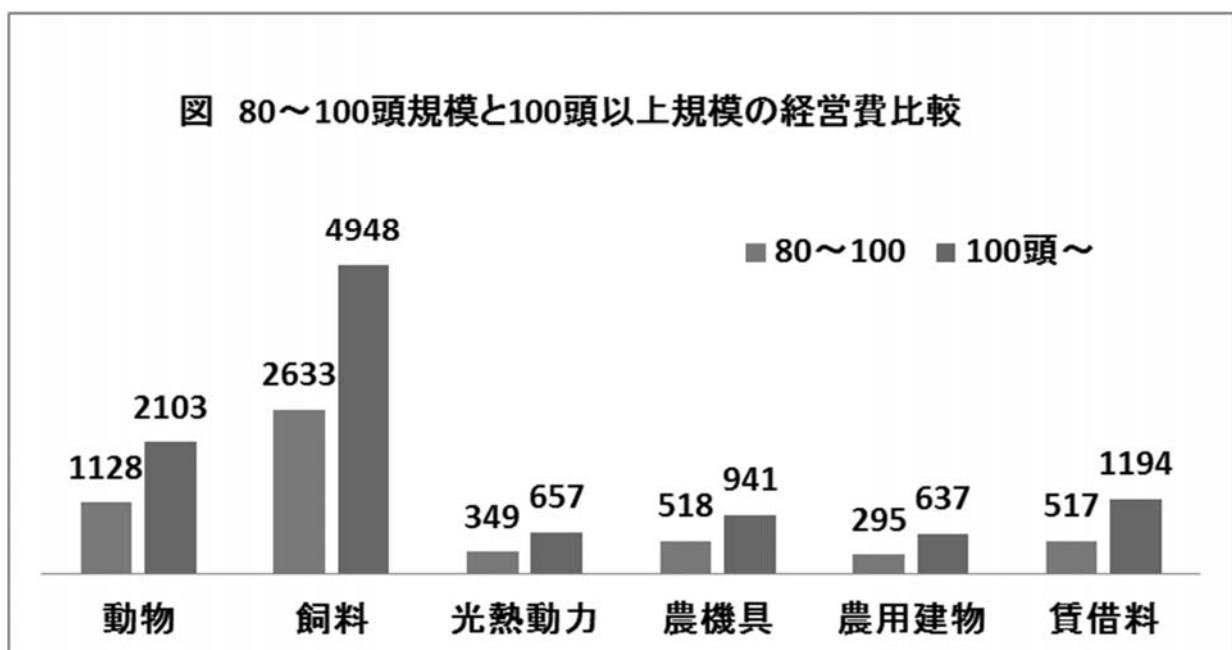


図 実質農業所得の変化



80～100頭 VS 100頭以上では、飼料費で大きな差が生じている（2315万円）。これは生乳生産量の規模は762tと1,295tであることから4476万円であるべきが、472万円の過剰投入となっている。

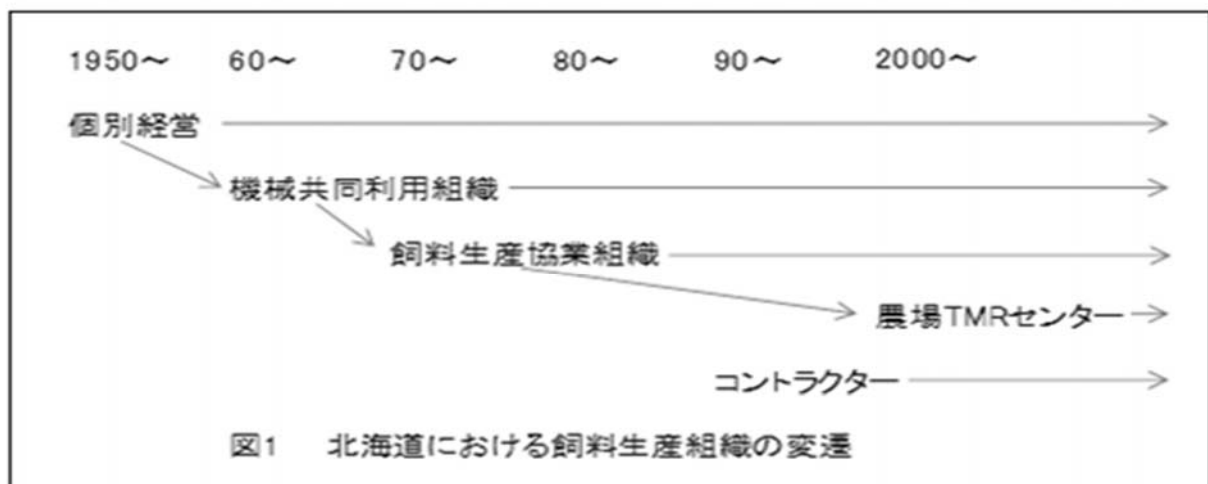
図 80～100頭規模と100頭以上規模の経営費比較



結論

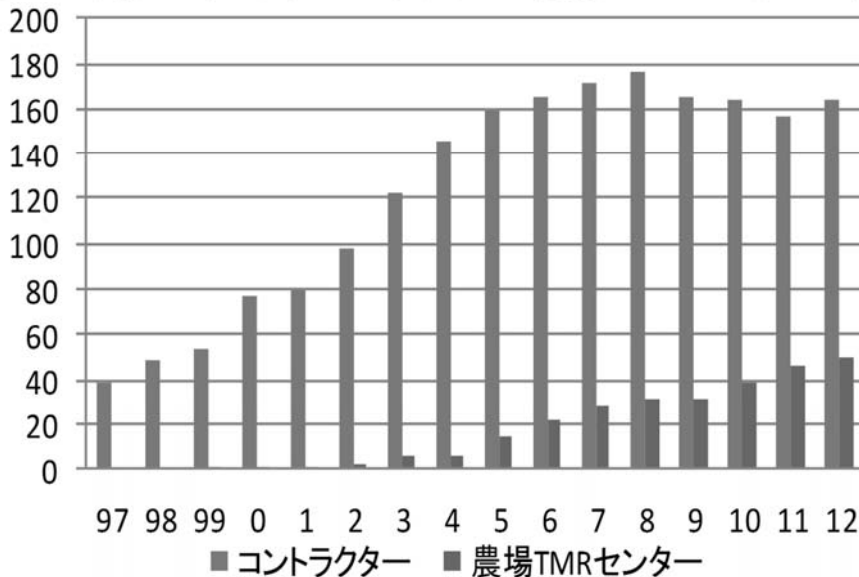
- ①農家経済は拡大しているが、所得は停滞
- ②飼料費が1196万円(05年)から1960万円(13年)に激増
- ③搾乳牛100頭以上層の落ち込みが顕著
所得:1807万円(05年)→1311万円(13年)
- ④搾乳牛0~100頭層の経営が好調
所得:1558万円(05年)→1769万円(13年)

4. 飼料自給率向上のための方策 (1) 自給飼料生産組織の展開



コントラクターは160前後で推移 農場TMRセンターは急増、60を超える

図7 北海道におけるコントラクターと農場TMRセンターの推移



資料：北海道畜産振興課

農場TMRセンターの機能 地域の関連産業と密接に関係

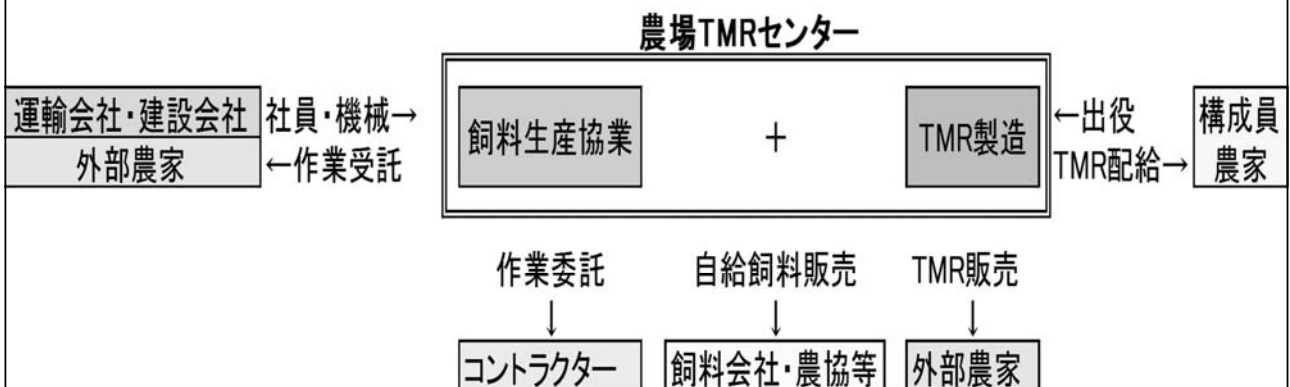
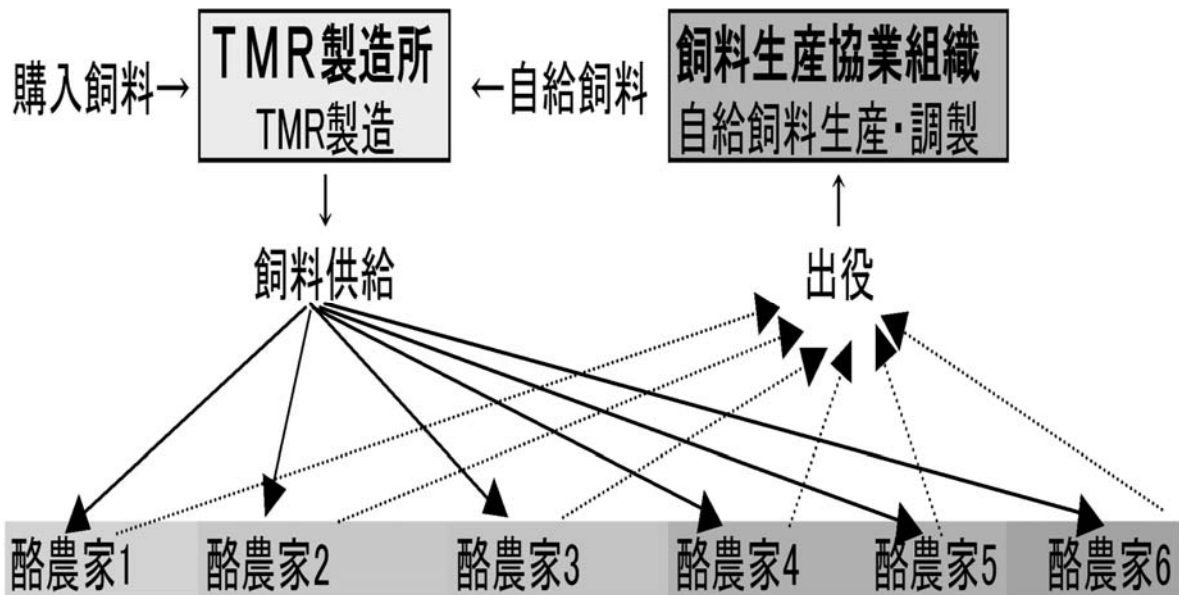


図1 農場TMRセンターの機能図

農場制型TMRセンターの仕組み



北海道のTMRセンター構成農家の頭数と乳量の推移 生産乳量の拡大は個体乳量の増大＝TMR(配合飼料)の増大による

図 STMRセンター構成員の経産牛頭数の推移

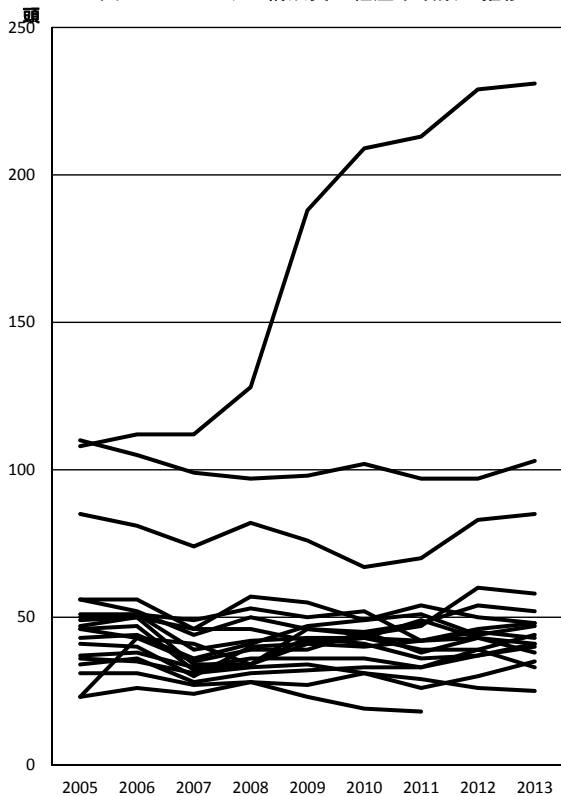
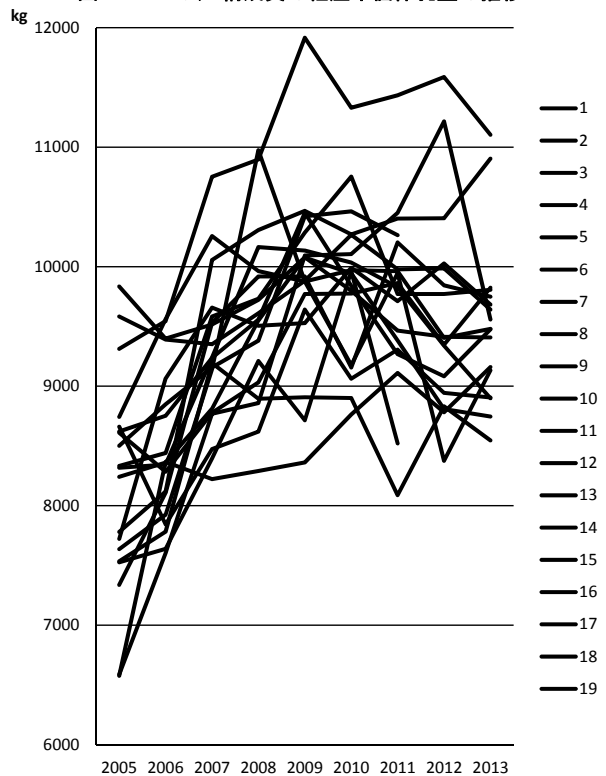


図 STMRセンター構成員の経産牛個体乳量の推移



農場TMRセンターの効果

表 農場TMRセンター効果(複数回答)

項目	回答数	比率
個体乳量増加	27	93%
所得増加	9	31%
飼料労働が楽になった	19	66%
給餌労働が楽になった	16	55%
飼料の無駄がなくなった	21	72%
作業効率の上昇	18	63%
離農の抑止	9	31%
仲間意識の向上	10	34%
その他	1	3%

組織数29

農場TMRセンターの問題点

表 農場TMRセンターが抱える問題点

項目	回答数	比率
TMR製造コスト上昇	27	93%
構成員減少	4	14%
全体乳量頭打ち	7	24%
労働力不足	6	21%
サイレージ調製の失敗	1	3%
原料草の余剰	9	31%
資金繰り	5	17%
乳牛の病気	4	14%
所得向上困難	7	24%
農地の分散	8	28%
運搬費	2	7%
その他	3	10%

組織総数: 29

TMRセンターの経済状況

表 農場TMRセンターの経営収支と減価償却費の積立

項目		回答数	比率
経営 収支	毎年黒字になっている	6	21%
	赤字回避TMR価格に反映	14	48%
	年により赤字(欠損)	7	24%
	毎年恒常的赤字	1	3%
	NA	1	1%
	計	29	100%
減価 償却 費の 積立	機械、施設で積み立て	4	14%
	機械のみ積み立て	1	3%
	積み立てていない	22	76%
	NA	2	7%
	計	29	100%

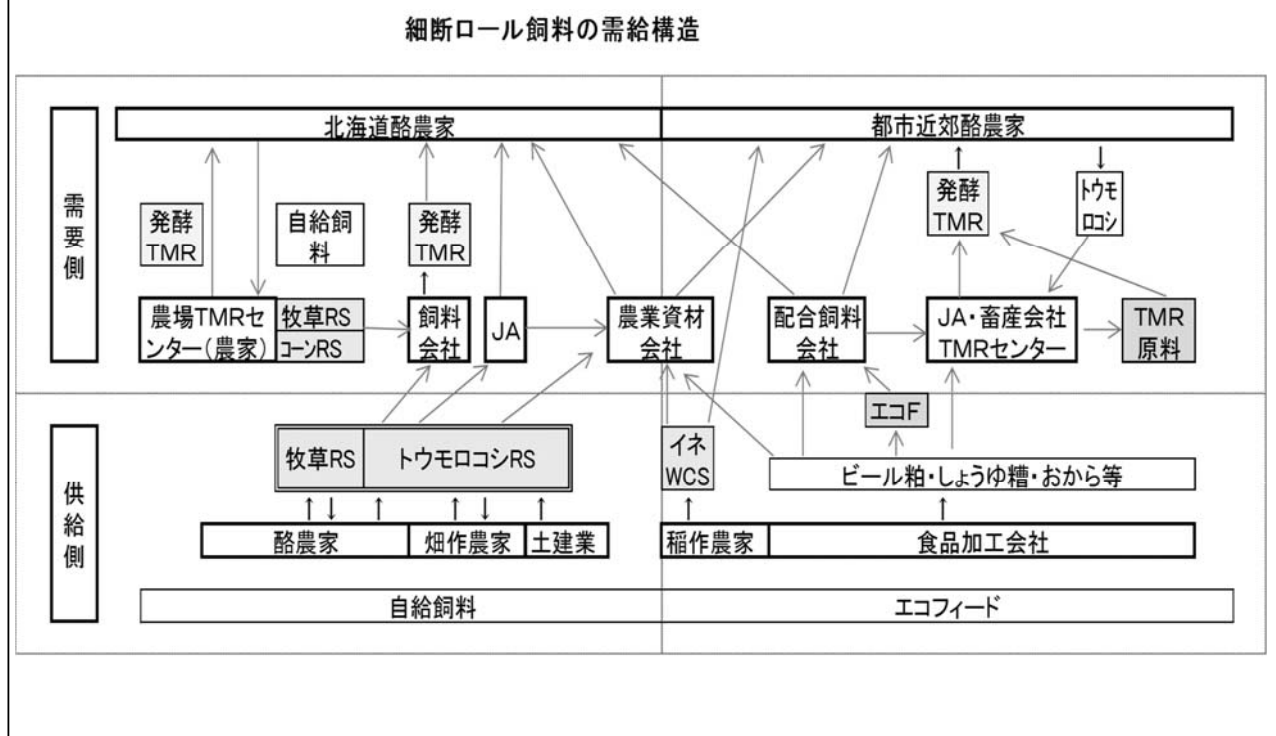
注: 組織数29

農場TMRセンターは個別経営と会社経営の複合体
コントラクターは酪農経営とは独立した経営体



図8 各経営体と個別経営の関係図

(2) 細断型ロール飼料の需給構造



(3) 北海道における飼料用トウモロコシの伸展

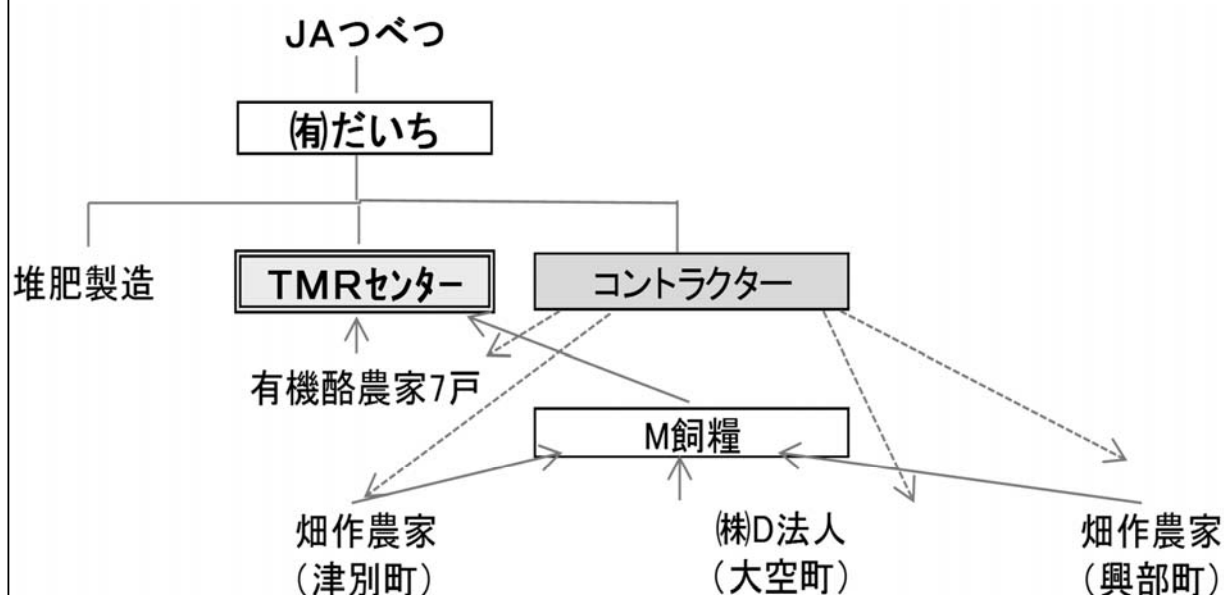


図 津別町TMRセンターと有機イアコーンの委託栽培状況

図 有機イアコーン栽培面積の変化

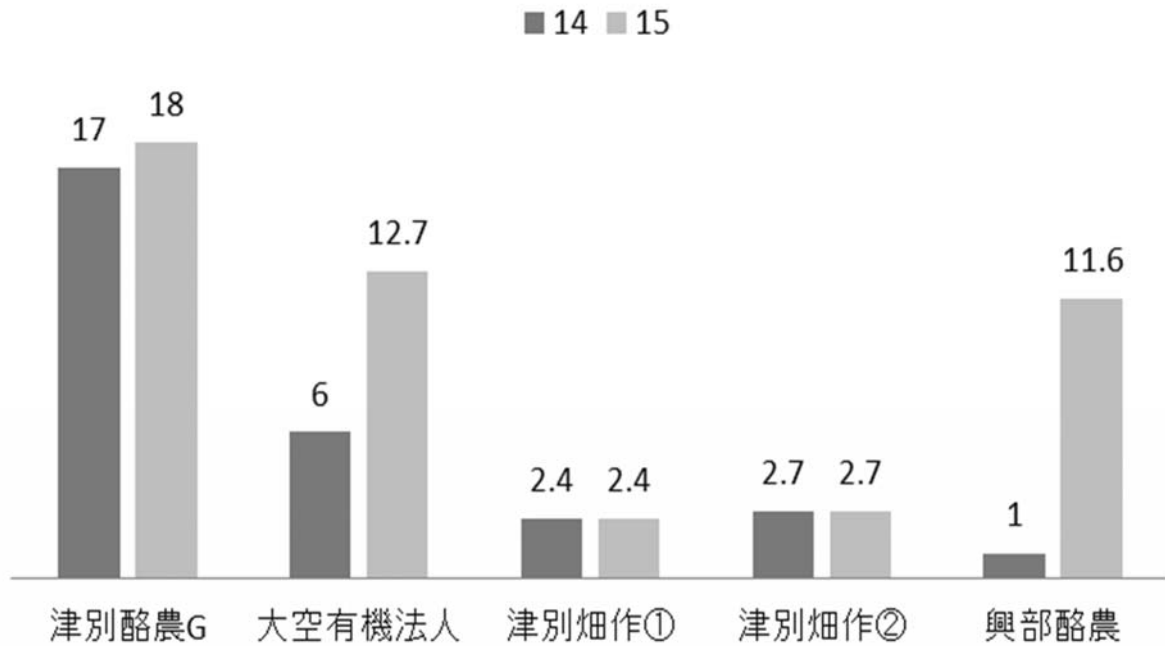


表 有機イアコーンの生産コスト(10a)当たり

費目		大空町	十勝
共通	種苗費	2,880	18,000円/50,000粒+税→8,000粒/10a
有機	有機肥料(鶏糞)	5,250	10,500円/500kg→250kg/10a
	有機肥料(豚糞)	8,640	2,800円/トン→3トン/10a
共通	光熱動力	3,480	免税軽油752L×104=78,208円÷22.5
	賃借料	6,460	機械利用組合
有機	収穫費	4,440	総計10万円÷22.5
	調製費用	7,330	165R×1,000=165,000円÷22.5
共通	生産管理費	2,052	総額(除く地代)5%=43,090÷22.5
	労働費	2,558	2.81時間/10a×910円
	地代	7,000	標準小作料7000円/10a
慣行	化成肥料費		11,231
	農薬費		1,142
	建物費		710
	自動車費		1,545
	農機具費		3,888
	資本利子		588
		50,090	34,147

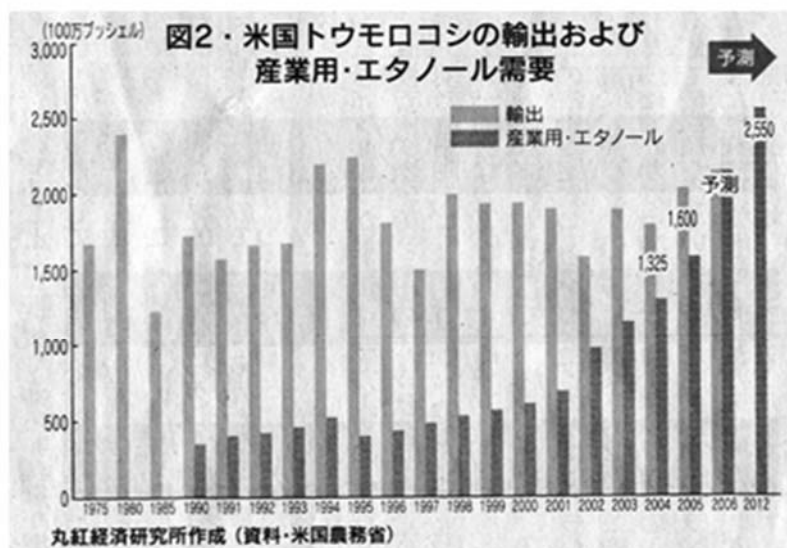
有機TMR＝自給率(重量)89%

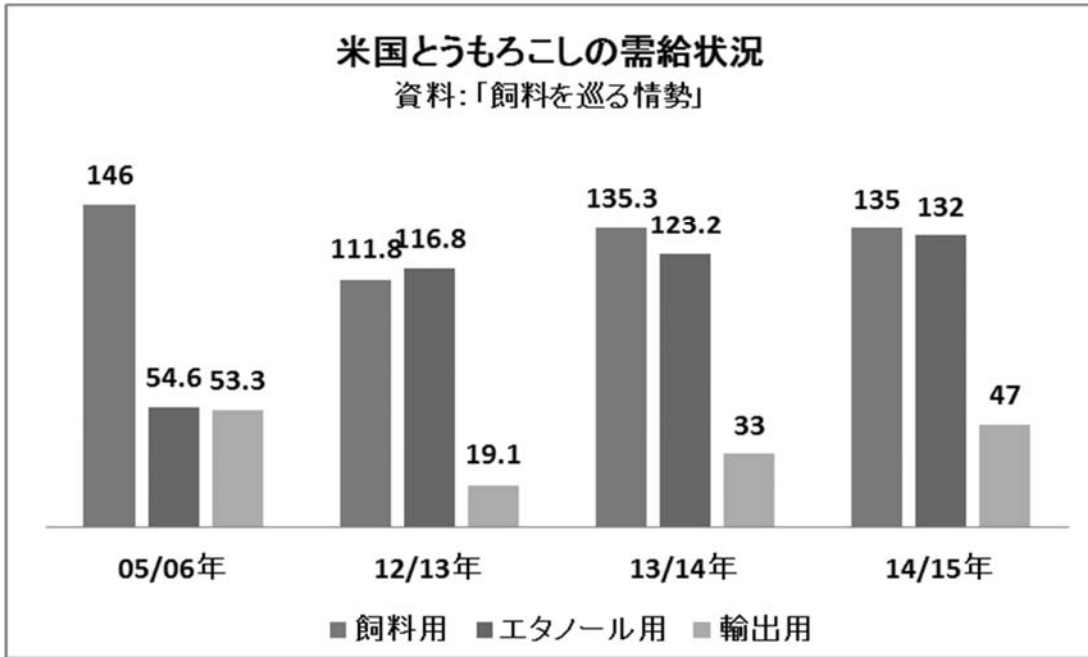
表 有機TMRの構成内容 (kg)

	飼料名	夏期(27.6.9)		冬期(28.1.15)	
		1頭分	(構成比)	1頭分	(構成比)
1	NonGM大豆粕	2.9	5.67%	1.7	2.95%
2	有機コーン	0.5	0.98%	2.4	4.17%
3	有機コーン(等外)	0.5	0.98%		1.74%
4	有機ふすま	1	1.95%	1	2.61%
5	OG大豆粕	—	—	1.5	2.61%
6	有機タンカル	0.23	0.45%	0.22	0.38%
7	グラスサイレージ1番	14.3	27.94%	15.1	26.22%
8	コーンサイレージ	26.5	51.78%	35.5	61.65%
9	イアコーン	5	9.77%	—	—
10	塩	0.15	0.29%	0.1	0.17%
11	ビタミン	0.04	0.08%	0.03	0.05%
12	アゾマイト	0.06	0.12%	0.03	0.05%
	計	51.18	100%	57.58	100%
	単価(円)	27円43銭/kg		27円85銭/kg	

(4)アメリカ産トウモロコシ輸出の不安定性

輸出用が漸減し、エタノール用が急増





2008年にピーク、その後漸増(500kg)



トウモロコシの価格は為替レートと相殺する形で推移



5. 飼料自給率向上の展望

- ① 海外の飼料穀物高騰時には円高が影響
- ② 配合飼料価格の高止まり現象
- ③ 将来の財政危機(円の下落)に備えが必要
- ④ 農場TMRセンターの飼料自給率の両面
- ⑤ 細断型ロールベアによる自給率向上
- ⑥ 輸出用トウモロコシの供給不安定性
- ⑦ 国内産トウモロコシの可能性
- ⑧ 放牧の活用(農場TMRセンターへの導入)

飼料をめぐる情勢と自給飼料生産 支援施策について

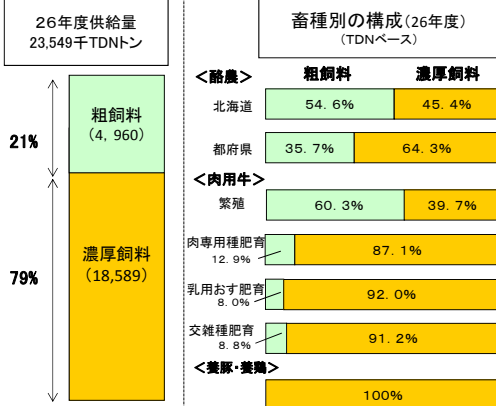
平成28年12月5日

畜種別の経営と飼料

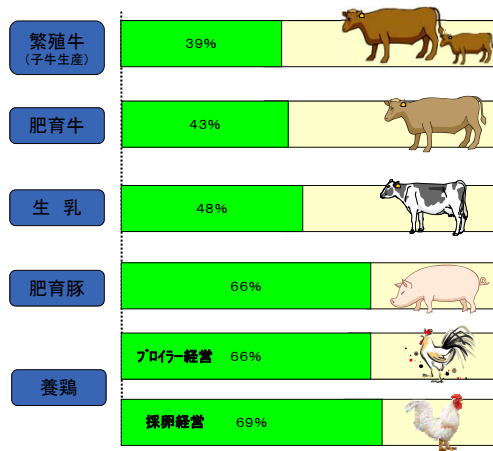
- 我が国の畜産における飼料供給は、主に国産でまかなわれている粗飼料が21%、輸入に依存している濃厚飼料が79%の割合(TDNトーンベース)となっている。
- 飼料費が畜産経営コストに占める割合は高く、粗飼料の給与が多い牛では4~5割、濃厚飼料中心の豚・鶏では6~7割。

粗飼料と濃厚飼料の割合(TDNベース)

注: TDN(Total Digestible Nutrients): 家畜が消化できる養分の総量。
カロリーに近い概念。1TDNkg≒4.41Mcal



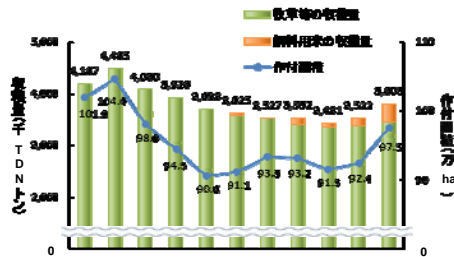
経営コストに占める飼料費の割合



国産飼料の生産動向

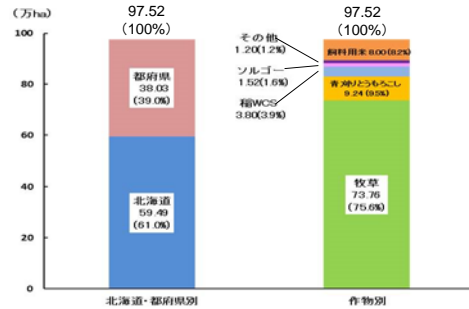
- 近年は農家の高齢化による労働力不足等により、作付面積は平成19年まで減少傾向で推移。
- 平成18年秋からの配合飼料価格の高騰を踏まえ、関係者が一体となり、飼料増産に取り組んだ結果、飼料用米や稲発酵粗飼料の作付拡大などから、飼料作物の作付面積が拡大。平成27年の作付面積は、飼料用米の作付面積が拡大したこと等により、前年に比べ6%増加。
- 平成27年産牧草の10aあたり収量は3,540kgで、前年に比べ4%上回った。これは、北海道等において概ね天候に恵まれ生育が順調であったこと等による。

○ 全国の飼料作物作付面積及び収穫量の推移



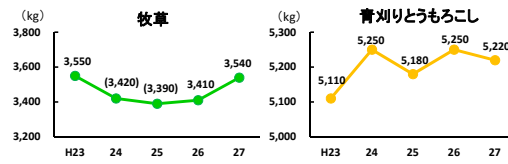
資料：農林水産省「作物統計」、「耕地及び作付面積統計」を基に飼料課で推計。

○ 飼料作物作付面積の内訳(平成27年)



資料：「耕地及び作付面積統計」
注：飼料用米と稲WCSは新規需要米認定面積

○ 10a当たり収穫量の推移



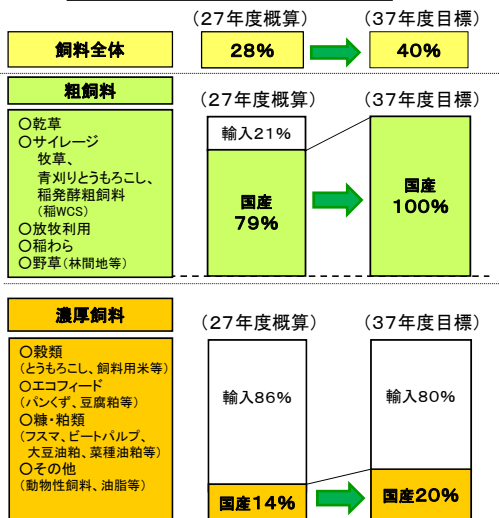
資料：「作物統計」
注：()内の数値は主産県の合計値。

②

飼料自給率の現状と目標

- 飼料自給率は、近年、微増傾向で推移しており、27年度(概算)は、全体で28%、粗飼料が79%、濃厚飼料が14%。
- 農林水産省では、飼料自給率について、粗飼料においては水田での稲WCSや畑地での飼料作物の作付拡大等を中心に、濃厚飼料においてはエコフィードの利用や飼料用米作付の拡大等により向上を図り、飼料全体で40%(37年度)を目標としている。

飼料自給率の現状と目標



近年の飼料自給率の推移

	平成22年度	平成23年度	平成24年度	平成25年度	平成26年度	平成27年度(概算)
全 体	25%	26%	26%	26%	27%	28%
粗 飼 料	78%	77%	76%	77%	78%	79%
濃 厚 飼 料	11%	12%	12%	12%	14%	14%

・飼料自給率(全体)は、近年微増傾向で推移し、27年度は前年度比1ポイント増の28%となった。

・粗飼料自給率は、76~78%の間で推移していたが、27年度は飼料作物の作付面積及び単収の増加により、国産粗飼料の供給量が増加したことから、前年度比1ポイント増の79%となった。

・濃厚飼料自給率は、近年、飼料用米やエコフィードの増加により増加傾向で推移。27年度は、飼料用米の増加があった一方、他の国産米の飼料仕向け量が減少したことなどにより、国産濃厚飼料の供給量が前年度と同程度であったことから、前年度同の14%となった。

③

国産飼料基盤に立脚した生産への転換

○ 水田や耕作放棄地の有効活用等による飼料生産の増加、食品残さ等未利用資源の利用拡大の推進により、輸入原料に過度に依存した畜産から国産飼料に立脚した畜産への転換を推進。

○ 飼料増産の推進

①水田の有効活用、耕畜連携の推進



②草地等の生産性向上の推進



③放牧の推進



○ エコフィード※4等の利用拡大

・食品加工残さ、農場残さ等未利用資源の更なる利用拡大



利用拡大

生産増加

○ 飼料生産技術の向上

・高品質飼料の生産推進



○ コントラクター※2、TMRセンター※3による飼料生産の効率化

・作業集積や他地域への粗飼料供給等、生産機能の高度化を推進



国産飼料基盤に立脚した畜産の確立

飼料自給率

27年度(概算) → 37年度(目標)

飼料全体 28% → 40%
粗飼料 79% → 100%
濃厚飼料 14% → 20%

注1 稲発酵粗飼料: 稲の実と茎葉を一体的に収穫し発酵させた牛の飼料 注2 コントラクター: 飼料作物の収穫作業等の農作業を請け負う組織

注3 TMRセンター: 粗飼料と濃厚飼料を組み合わせた牛の飼料(Total Mixed Ration)を製造し農家に供給する施設 注4 エコフィード: 食品残さ等を原料として製造された飼料

4

稲発酵粗飼料の生産・利用の拡大

- 稲発酵粗飼料(稲WCS)は、水田で生産できる良質な粗飼料として、耕種農家・畜産農家の双方にメリットがあり、平成27年度には作付面積が約3.8万haに達するなど、順調に拡大。
- 水田活用の直接支払交付金や収穫機械のリース導入に対する支援等により、稲WCSの生産・利用の拡大を推進。
※ 稲WCSとは、稲の穂と茎葉を丸ごと乳酸発酵させた粗飼料(ホールクロップサイレージ: Whole Crop Silage)のことをいう。

【27年度補正・28年度】水田活用の直接支払交付金

戦略作物助成として、8万円/10aを助成。
耕畜連携(資源循環)の取組に対し、1.3万円/10aを助成。

【27年度補正】畜産・酪農収益力強化整備等特別対策事業

畜産クラスター計画に位置づけられた地域の中心的な経営体(畜産農家、飼料生産受託組織等)が稲WCSの収穫に必要な機械のリース整備や調製・保管施設整備等を支援。(補助率: 1/2以内)

【28年度】強い農業づくり交付金

稲WCS等国産粗飼料の調製・保管施設の整備等を支援。(補助率: 1/2以内)

○ 稲WCSの作付面積(ha)

H20	H21	H22	H23
9,089	10,203	15,939	23,086
H24	H25	H26	H27
25,672	26,600	30,929	38,226

資料: 新規需要米の取組計画認定面積

■茎葉多収・高糖分の水稲品種の開発

栄養価の高い稲WCS用品種「たちあやか(中生)」、「たちすずか(晩生)」を開発



特徴:
・茎葉が多収で籾が少ない
・糖分量が高い
・倒れにくい

生産現場における導入事例(広島県)

稲WCS(給与年)	305日乳量	乳販売額
クサノホシ+輸入乾草(H23)	10,070kg/頭	926,440円/頭
たちすずか(H24)	10,739kg/頭	987,988円/頭
差(H24-H23)	669kg/頭	61,548円/頭
対前年比増加率(%)	6%	6%

メリット	課題
<ul style="list-style-type: none"> ・連作障害がない。 ・良好な栄養価を有し、牛の嗜好性も高い。 ・長期保存が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・低コスト栽培技術の導入や多収品種の開発によるコスト低減。 ・安定した供給。 ・効率的な保管・流通体制の確立。 ・品質の向上・安定化が必要。

5

飼料用米の利活用の推進

- 飼料用米は、水田で生産できる濃厚飼料として、とうもろこしとほぼ同等の栄養価を有しており、耕種側の生産要望と畜産側の需要を背景に、平成27年度には作付面積が約8万haに達するなど、順調に拡大。
- 耕種側と畜産側とのマッチング活動を推進するとともに、耕種側における水田活用の直接支払交付金による生産助成やカントリーエレベーターなどの整備、畜産側における飼料用米の利用に必要な機械のリース導入や施設の整備に対する支援等により、飼料用米の生産・利用の拡大を推進。

【27年度補正・28年度】水田活用の直接支払交付金

戦略作物助成として、収量に応じ、5.5～10.5万円/10aを助成。
 耕畜連携(わらの飼料利用)の取組に対し、1.3万円/10aを助成。
 多収品種の取組に対し、1.2万円/10aの産地交付金を追加配分。

【28年度】米活用畜産物等ブランド化推進事業

飼料用米を活用した豚肉、鶏卵等の畜産物のブランド化の取組を支援。
 (補助率:定額)

【27年度補正】畜産・酪農収益力強化整備等特別対策事業

畜産クラスター計画に位置づけられた地域の中心的な経営体(畜産農家、飼料生産受託組織等)が飼料用米の保管・加工・給餌等に必要な機械のリース整備や調製・保管施設整備等を支援。(補助率:1/2以内)

【28年度】強い農業づくり交付金

飼料用米の乾燥調製施設や保管・加工施設の整備等を支援。
 (補助率:1/2以内)

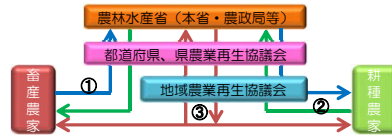
○ 飼料用米の作付面積 (ha)

H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26	H27
1,410	4,123	14,883	33,955	34,525	21,802	33,881	79,766

資料:新規需要米の取組計画認定面積

○ マッチング活動の取組体制

- ① 新たに飼料用米の供給を希望する畜産農家の連絡先や希望数量・価格等の取引条件を聞き取り、需要者情報としてとりまとめ、産地側(地域再生協・耕種農家等)へ提供
- ② 地域(再生協)における飼料用米の作付面積や数量を聞き取り、産地情報として取りまとめ、利用側(畜産農家等)へ提供
- ③ 各関係機関が連携し、マッチング活動を推進



○ 適正な農業使用(粳米のまま給与する場合)

粳米は玄米に比べて農薬の残留濃度が高いため、出穂期以降に農薬の散布を行う場合は、安全が確認されている農薬を使用する必要。

〔玄米で給与する場合は、稲に適用がある農薬を適切に使用。〕

※「飼料用米の生産・給与技术マニュアル」参照



⑥

<参考> 水田活用の直接支払交付金による飼料用米生産等への助成

対象作物	交付単価
麦、大豆、飼料作物	35,000円/10a
WCS用イネ	80,000円/10a
加工用米	20,000円/10a
飼料用米、米粉用米	収量に応じ 55,000～105,000円/10a

◆ 二毛作助成

水田における主食用米と戦略作物助成の対象作物、又は戦略作物助成の対象作物同士の組み合わせによる二毛作を行う場合、15,000円/10aを交付。

飼料用米との二毛作のパターン(例)	交付単価(10a当たり)
飼料用米+麦	5.5～10.5万円+1.5万円
飼料用米+飼料作物	5.5～10.5万円+1.5万円

◆ 耕畜連携助成

・ 飼料用米を畜産農家へ供給するとともに、稲わらを畜産農家へ供給することにより、13,000円/10aを交付。

◆ 産地交付金の追加配分等

・ 多収品種の取組に対し、12,000円/10aの産地交付金を地域に追加配分。

・ 国から配分する資金枠の範囲内で、都道府県、地域農業再生協議会が飼料用米の生産性向上等の取組に対し、助成単価を設定し、交付額を上乗せすることが可能。

⑦

【トピックス】 飼料用米を活用した畜産物の高付加価値化に向けた取組

- 飼料用米の活用には、単なる輸入とうもろこしの代替飼料として利用するのみならず、その特徴を活かして畜産物の高付加価値化を図ろうとする取組が見られる。
- 国産飼料であることや水田の利活用に有効であること等をアピールしつつ、飼料用米の取組に理解を示す消費者層等から支持を集めつつある。

こめ育ち豚

- 畜産経営：平田牧場(養豚、山形県酒田市)
- 飼料用米生産：山形県遊佐町、酒田市
栃木県那須塩原市、宮城県加美町等
- 畜産物販売者：生活クラブ生活協同組合等
- 特徴：
産直提携で平成8年から実験取組を開始。平牧三元豚で10%、金華豚で15%飼料用米を配合した飼料を給与。



こめたま

- 畜産経営：トキワ養鶏(養鶏、青森県藤崎町)
- 飼料用米生産：青森県藤崎町
- 畜産物販売：地元デパート、直売所、
パルシステム生活協同組合連合会等
- 特徴：
飼料用米を最大68%配合した飼料を給与し、卵黄が「レモンイエロー」の特徴ある卵(「こめたま」)を販売。トキワ養鶏のインターネットサイトでも販売を開始。



やまと豚米らぶ

- 畜産経営：フリーデン(養豚、神奈川県平塚市(岩手県大東農場))
- 飼料用米生産：岩手県一関市(主に大東地区)
- 畜産物販売者：阪急オアシス(関西)、明治屋・ヨシケイ埼玉(関東)
- 特徴：
中山間地域の休耕田で生産する飼料用米を軸に、水田と養豚を結びつけた資源循環型システムを確立。飼料用米を15%配合した飼料を給与し「やまと豚米らぶ」として販売。



豊の米卵

- 畜産経営：鈴木養鶏場(養鶏、大分県日出町)
- 飼料用米生産：大分県内全域
- 畜産物販売：地元百貨店、直売所等
- 特徴：
飼料用米を20%配合した飼料を給与し、生産した卵を大分県産の米を活用した「豊の米卵(とよのこめたまご)」として販売。



8

草地等の生産性向上について

- 草地は、善良な管理に努めても雑草の侵入や裸地化により10年程度で生産性が低下。
- 一方、近年、規模拡大等により草地管理にかかる時間が減少し、草地改良率の低下や難防除雑草[※]の繁茂が課題。
- このため、草地難防除雑草駆除対策と草地生産性向上対策において、生産性の高い草地等へ転換する取組を支援。
- 優良品種の導入、マメ科牧草や簡易更新技術の活用により、草地改良の低コスト化と良質粗飼料の確保が可能。

※難防除雑草とは根茎等の繁殖が旺盛で、除草剤がききにくく、単一の手法での防除が困難な雑草

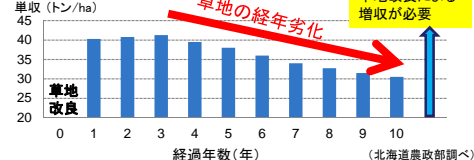
【27年度補正】草地難防除雑草駆除等緊急対策

難防除雑草駆除計画を策定し、その計画に基づく高位生産草地への転換や駆除対策の活用・普及の取組を支援
補助率1/2以内(17万円/ha以内)等

【28年度】草地生産性向上対策

地域に適した牧草やトウモロコシ等の優良品種の導入や、土壌分析に基づく草地改良を支援
補助率1/3以内(10万円/ha以内)等

○草地改良の必要性



○草地改良の実施状況

区分	2年	12年	22年	26年
牧草作付面積(万ha) A	59.6	57.6	55.4	54.2
草地改良・整備面積(万ha) B	3.4	2.6	1.6	1.8
草地改良率(%) B/A	5.7	4.6	2.8	3.3

(北海道農政課調べ)

※10年間隔で草地改良を行うモデルを100とした場合の充足率は、
H2年:57% → H12年:46% → H26年:33%と低下している。

優良品種の導入

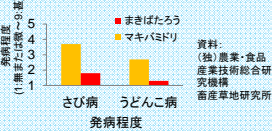
○倒伏に強い、耐病性に優れる等の特徴をもった地域に適した優良品種を導入することにより、粗飼料の収量や品質が向上。

・倒伏に強く、マメ科牧草との混播適性が高い早生チモシー品種「なつちから」



1番草における倒伏状況
資料：(地独)北海道立総合研究機構 北見農業試験場

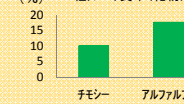
・多収で耐病性に優れる中生オーチャードグラス品種「まきばたろう」



草地改良の技術

○マメ科牧草の活用
アルファルファなどのマメ科牧草の活用によりタンパク質が豊富で良質な粗飼料を確保。配合飼料給与量の削減も可能。

粗タンパク質率(乾物)



○簡易草地更新機(作清法)の活用
施肥・播種・鎮圧等の草地改良作業が一工程で完了(省労力・低コスト化)

	1ha当たり
耕起・砕土・整地	5時間51分
施肥・播種・鎮圧	2時間26分
所要時間計	8時間17分
簡易更新機	1時間18分

資料：(独)家畜改良センター宮崎牧場調べ

9

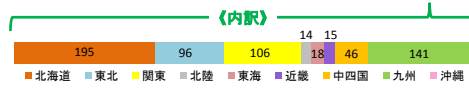
コントラクターの普及・定着

- 飼養規模の拡大による自給飼料生産や飼料調製にかかる労働力不足を背景に、自給飼料生産を外部(コントラクター)に委託する動きが加速。平成15年の317組織から平成27年には636組織に増加。
- 高性能機械の活用、専門技術者による作業、農地の利用集積による作業の効率化、低コスト化や適時適正な生産管理による収穫量(単位あたり収量)の増加、栄養価の改善に貢献。
- 飼料生産用機械の導入や高度化の取組への支援により、良質な国産粗飼料の生産・利用拡大を推進。

コントラクター組織数の推移、地域別組織数

○コントラクターの組織数は、平成27年には636組織に増加。北海道で3割、九州で2割を占める。

地域	H15	H20	H25	H27
全国	317	522	581	636

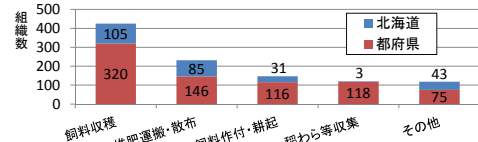


【28年度】飼料増産総合対策事業

- ・コントラクター等が地域の飼料生産の担い手として機能の高度化を図るため、国のガイドラインに則し、飼料生産作業の集積等により生産機能の強化を図る取組を支援。(補助率:定額、1/2以内)
- ・コントラクター等による青刈りとうもろこし、アルファルファ等の栄養価の高い良質な粗飼料の作付・利用拡大等の取組を支援。(補助率:定額)
- ・コントラクター等の飼料生産技術者の資質向上を図る取組を支援。(補助率:定額)

受託作業

○コントラクターの約8割が飼料収穫作業を受託し、約4割が堆肥運搬・散布作業を受託。



注)回答数:522組織(北海道141、都府県381)、複数回答あり

【27年度補正】畜産・酪農収益力強化整備等特別対策事業

畜産クラスター計画に位置づけられた地域の中心的な経営体(飼料生産組織等)が自給飼料の増産等を図るために必要な施設の整備及び機械のリース導入等を支援。

(補助率:1/2以内)

【28年度】強い農業づくり交付金

国産粗飼料や飼料用米の保管・調製・供給施設の整備等を支援。(補助率:1/2以内)

10

TMRセンターの普及・定着

- 飼養規模の拡大や飼料調製にかかる労働力不足を背景に、近年、飼料調製を外部化する仕組みとしてTMRセンターの設立が加速。平成15年の32組織から平成27年には129組織に増加。
- 成分分析に基づく、良質混合飼料の通年供給により、畜産農家の飼料調製にかかる労働力の軽減や乳量増加が期待される。また、飼料の生産・調製にかかる高度な知識等が不用となるため、新規就農者の参入も容易。
- TMRセンターの施設整備等への支援により、労働力不足への対応や国産粗飼料の生産・供給体制の構築を推進。

TMRセンター組織数の推移、地域別組織数

○コントラクターの組織数は、平成27年には129組織に増加。北海道で約半数を占める。

地域	H15	H20	H25	H27
全国	32	85	110	129
うち北海道	7	35	51	65



【27年度補正】畜産・酪農収益力強化整備等特別対策事業

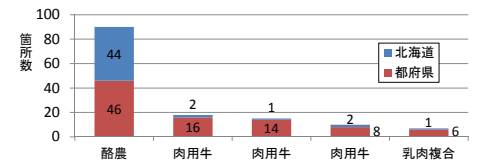
畜産クラスター計画に位置づけられた地域の中心的な経営体(飼料生産受託組織等)が自給飼料の増産や品質の向上等を図るために必要な機械のリース整備、施設整備等を支援。(補助率:1/2以内)

【28年度】強い農業づくり交付金

国産粗飼料や飼料用米の保管・調製・供給施設の整備等を支援。(補助率:1/2以内)

供給先農家の経営

○TMRセンターの9割以上が酪農に供給。都府県では北海道と比較し、肉用牛に供給するTMRセンターの割合が高い。



注)回答数:96箇所(北海道44、都府県52)、複数回答あり

TMRセンターの施設・機械



11

粗飼料の広域流通の推進

- 粗飼料の利用拡大を図るためには、粗飼料が生産された地域内での利用に加え、広域流通を促進していく必要。
- このため、国産粗飼料の供給機能の強化や保管・調製・流通施設の整備等を支援し、広域流通拠点を育成。

【28年度】国産粗飼料増産対策事業

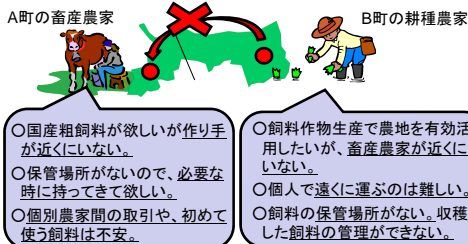
コントラクター等が、自給飼料生産が困難な地域への飼料供給機能の強化(飼料供給用機械のレンタル費、調製用資材費等)を支援。
(補助率:1/2以内)

【27年度補正】畜産・酪農収益力強化整備等特別対策事業

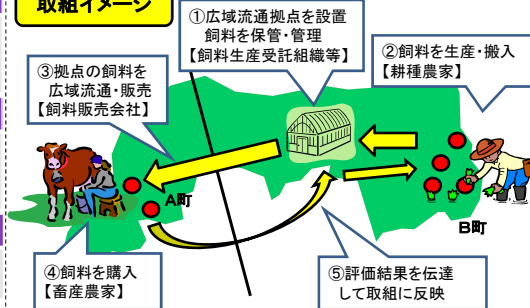
畜産クラスター計画に位置づけられた地域の中心的な経営体(畜産農家、飼料生産受託組織等)が国産粗飼料の広域流通を図るために必要な機械のリース整備や施設整備等を支援。(補助率:1/2以内)

【28年度】強い農業づくり交付金

国産粗飼料の保管・調製・流通施設の整備等を支援。
(補助率:1/2以内)



取組イメージ



畜産農家のメリット

- 近くに耕種農家がいなくても、**国産粗飼料の安定確保**が可能
- 飼料**保管場所が不要**
- 産地で飼料の生産・管理に取り組むため、**均質な国産飼料を安定的に取引可能**

耕種農家のメリット

- 近くに畜産農家がいなくても飼料作物生産による**農地の有効活用が可能**
- 耕種農家個々での飼料の**保管・管理・運搬・販売事務手続きが不要**

12

放牧の推進

- 飼料費節減や飼養管理、飼料生産作業の省力化の観点から放牧への取組が有効。
- 近年、低コストなソーラー電気牧柵等を活用した肉用繁殖牛の耕作放棄地への放牧が増加。
- 酪農では、放牧地を複数に区分し効率的に牧草を利用する集約的な放牧が一部で実施。
- この他、ふれあいの場の提供や鳥獣害対策、景観維持等の多様な目的で放牧が行われている。

水田放牧(山口県)

- ・放牧の開始にあたり、地域住民の理解を得るため、行政が積極的に関与。
- ・放牧経験牛の貸出制度を創設し牛の導入経費など初期投資を軽減。
- ・国の事業、県単事業等を組み合わせて実施。
- ・地域住民の理解、協力により、脱糞時などにスムーズな連絡体制を構築。



<概況>

○規模 886頭、草地面積 254.1ha (H26年)

公共牧場(鳥取県大山牧場)

- ・県内畜産農家から子牛を預かり、放牧場を利用した育成を実施。
- ・その他に放牧場の有する豊かな緑資源や、放牧風景を来訪者へ提供。



<概況>

○規模 乳用牛450頭、草地面積 92ha (H26年)

北海道八雲町A牧場の取組

- ・平成8年より放牧主体の飼養管理に転向。
- ・乳量は減少したが、飼料費や衛生に要する費用の低減により収益を確保。



<概況>

○飼養頭数 67頭うち産乳牛46頭 草地面積 60ha (H25年)

放牧の様々な取組

- ・放牧には、鳥獣被害対策や放牧景観を利用した地域振興等、畜産物の省力的生産以外にも幅広い価値。



ヤギの放牧で里山の視界が良くなり、地域ぐるみで羊の放牧景観を活用、有害鳥獣が忌避。(長野県、北海道士別市)

13

公共牧場の利用状況

- 経済の高度成長を背景に、急増する畜産需要に対応するために「畜産農家に代わって飼養管理をお手伝いする」、「不足する草資源を補完する」という両観点から、昭和40～50年代にかけて全国的に公共牧場の整備が進み、昭和55年には、1,179か所の公共牧場が設置された。
- 近年の公共牧場数は減少傾向で推移しており、預託頭数の減少による休止や、統廃合による廃止が見られ、平成27年度は724牧場となっている。
- 公共牧場の利用頭数は、平成17年度以降減少傾向で推移しており、27年度の利用頭数(夏期:7月1日時点)は、134千頭となっている。

○公共牧場数、利用頭数及び牧草地面積等の推移

	昭45	55	平2	7	17	19	20	21	22	23	24	25	26	27
牧場数	914	1,179	1,146	1,053	915	883	862	842	833	816	761	735	736	724
利用頭数(千頭)(7月1日時点)	113	213	214	187	165	147	145	143	146	141	129	133	133	134
乳用牛	69	129	119	120	104	89	83	85	94	94	90	91	91	90
肉用牛	43	84	95	67	61	57	62	59	52	47	39	42	42	44
牧草地面積(千ha)	48	97	108	110	102	95	92	90	91	91	81	85	86	85
野草地面積(千ha)	46	61	69	35	42	39	38	38	37	41	31	36	37	36
利用頭数(頭)(7月1日時点)	123	181	187	178	180	166	168	170	176	173	169	181	181	185
牧草地面積(ha)	52	83	94	104	111	107	106	107	109	111	106	116	117	117
1ha当たり頭数(頭)	2.35	2.19	1.98	1.70	1.62	1.54	1.58	1.59	1.62	1.56	1.60	1.57	1.55	1.58

注1: 牧場数は、稼働している公共牧場の数であり、休止または廃止している牧場は含まない。

注2: 牧草地面積は、採草地や放牧地等の実面積であり、飼料畑面積は含まない。野草地面積は、放牧等に供した野草地及び林地の合計面積。

注3: 平成12年度までは都道府県の認定した公共牧場のデータのみを集計。14年度より調査手法を変更。

14

公共牧場の利用状況

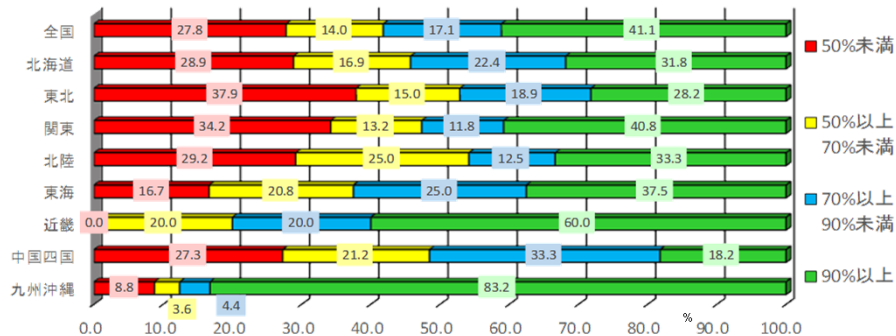
- 公共牧場の利用率(7月1日現在の「受入頭数/受入可能頭数」)は全国で約8割となっている。
- また、公共牧場における利用率別の割合は、全国では、利用率90%以上の牧場が約41%、利用率50%未満の牧場が約28%となっている。地域別では九州沖縄の利用率が高くなっている。

○公共牧場の地域別の利用率(夏期:7月1日)

(単位: %)

	全国	北海道	東北	関東	北陸	東海	近畿	中国四国	九州沖縄
利用率	79.9	80.6	72.3	77.3	80.7	92.1	89.9	64.3	96.4

○全国の公共牧場における夏期の利用率別の割合



15

公共牧場の新しい取組①

- 公共牧場における乳用哺育牛の預託は、若齢期の疾病や事故などのリスクが高いことから、預託を敬遠されてきたが、ここ数年増加傾向にある。
- 乳用哺育牛を預託する公共牧場は、平成21年に56か所であったが、26年では64か所となっている。これは酪農家が哺育業務について委託し、乳量の向上や空胎期間の短縮など、搾乳牛の飼養管理に特化することへの要望に応えたものと推察する。

○公共牧場における乳用哺育牛の受入状況

区分	乳用哺育牛を飼養管理する公共牧場数 ①	乳用牛を飼養管理する公共牧場数 ②	哺育牛を飼養管理する牧場の割合 ①/②
平成21年	56か所	326か所	17.2%
平成26年	64か所	291か所	22.0%

注：乳用哺育牛を飼養管理する牧場数は、6か月齢未満の預託を行う牧場数として推計した。

16

公共牧場の新しい取組②

<事例紹介> (株)むらびと本舗（高知県）

- 昭和61年、肉用牛の放牧を目的として村営牧場「白滝」をスタート。

〔 牧草放牧地 49ha
受入頭数 55頭 〕

- 大川村和牛生産組合は、地域内の農家から肉用牛を受入れ、受託による育成等を行っていたが、肉用牛農家戸数の減少等により、利用率が低下していた。

- 大川村和牛生産組合の解散により、平成23年度から、(株)むらびと本舗(大川村が97%出資の第三セクター)が事業を承継した。
指定管理者として公共牧場としての機能を維持しつつ、自ら黒毛和種の一貫経営に取り組んでいる。



肉牛生産



肉の販売

17

公共牧場の新しい取組③

受精卵移植の和子牛

平成28年6月27日(月)
日本農業新聞より抜粋

酪農家負担を軽減

長野県木曾町にあるJA全農長野三岳牧場は、酪農家で生まれた受精卵移植(ET)の和子牛を、全国でも珍しい即日買い取りし、農家負担の軽減や、不足するもとの増産に効果을上げている。リスクが高い和子牛の飼育を同牧場が肩代わりすることで、酪農家が搾乳に専念。和子牛の管理が心配だった酪農家でもETに取り組める利点がある。(柴谷臨太郎)

JA全農長野三岳牧場



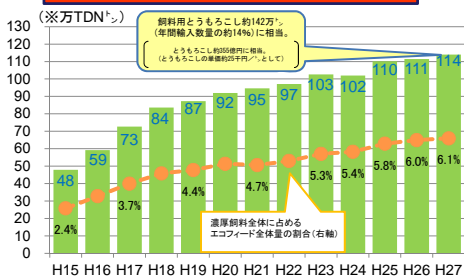
出産当日に買い取り

農家から生まれたばかりの子牛を引き取り畜舎へ運ぶ牧場職員(長野県木曾町)

未活用資源の飼料としての活用推進

- 飼料の自給率向上のため、エコフィード(食品残さ利用飼料)を推進。エコフィードの利用量はこれまで着実に増加。平成27年度(概算)のエコフィード利用数量は114万TDN[※]であり、とうもろこし約142万^トに相当。
- 食品残さを排出した食品関連事業者とエコフィード製造事業者等との連携により、エコフィードによって生産された畜産物を販売し、リサイクルループを構築する取組も行われている。
- エコフィードの生産・利用拡大の取組への支援等により、更なるエコフィードの生産・利用拡大を推進。

エコフィードの利用状況



※ TDN(Total Digestible Nutrients): 家畜が消化できる養分の総量。カロリーに近い概念。

【28年度】エコフィード増産対策事業(1.7億円)

- ・ エコフィード利用畜産物の差別化のための生産技術、流通・販売に係る実証調査・普及を支援。【補助率:定額】
- ・ 関係者の連携による食品残さ等の飼料利用体制の構築を支援。【補助率:定額】
- ・ 活用が進んでいない食品残さ等を原料としたエコフィードの増産を支援。【増産:3千円/トン、分別の実施:6千円/トン、含水率の削減:1千円/トン、国産飼料作物等との混合:1千円/トン等】

エコフィード利用の取組事例



【トピックス】 エコフィードを活用した特色ある畜産物生産の取組

○ エコフィードの原料となる食品残さの特徴を活かすとともに、食品リサイクルによって環境にやさしいことをアピールするなど、エコフィード利用畜産物の差別化を図る取組みについて、優良事例を表彰することにより、差別化の取組を推進。
(平成27年度エコフィード増産対策事業のうちエコフィード先進事例普及事業(事業実施主体:中央畜産会))

最優秀賞<堀江ファーム> 千葉県富里市 ★養豚

外食事業者「とんかつまい泉」で発生するパン残さを使用したエコフィード「V-Mix」を購入し、中ヨークシャー種に給与。その肉は「とんかつまい泉」のオリジナルブランド「甘い誘惑」として提供されており、食品リサイクルループを形成。

- 原料:米飯類、パンくず、野菜くず、加工食品、惣菜類など
- エコフィード配合割合: 20~30%
- 飼料費削減率: 6%
- エコフィード利用畜産物認証



優秀賞<榊松永牧場> 鳥根県益田市 ★肉用牛、酪農

自ら収集・サイレージ化したエコフィードを肉用牛、搾乳牛に給与。エコフィードを給与して生産した牛肉を「まつなが生」としてブランド化し、近隣スーパー等で販売する他、都内の焼き肉店等にも供給。また、搾乳牛にも給与することで低コスト酪農を展開。

- 原料:おから、焼酎粕、フルーツ、みかんジュース絞り粕など
- エコフィード配合割合: 乳牛50%、肥育牛10~40%
- 飼料費削減率: 20~40%



優秀賞<㈱日本フードエコロジーセンター> 神奈川県相模原市 ★養豚

関東近郊から食品残さを収集し、養豚用の発酵リキッド飼料を農家に販売。この飼料により生産した豚肉を、食品残さ排出事業者等で、「優とん」「旨香豚」として販売することで食品リサイクルループを形成。

- 原料:パンくず、製麺くず、米飯、牛乳、野菜くずなど
- エコフィード製造量: 14,000ト/年
- エコフィード認証: 取得
- エコフィード利用畜産物認証(利用農家)



特別賞<㈱関紀産業> 大阪府泉佐野市 ★養豚

自ら収集した食品残さを自家配合により、リキッドタイプとドライタイプ2種類のエコフィードを製造。肉質向上の勉強会等の実施により格付けにとらわれない豚肉生産を行い、「犬鳴豚」としてブランド化に成功。

- 原料:パンくず、麺くず、洋菓子、麦茶粕など
- エコフィード配合割合: 99%
- 配合飼料をほとんど給与せず、飼料費を大幅に削減



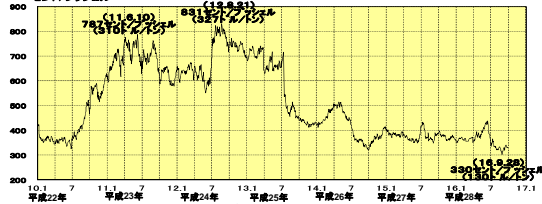
※飼料費削減率=(エコフィードを利用しなかった場合の飼料費-エコフィードを利用した場合の飼料費)/エコフィードを利用しなかった場合の飼料費

20

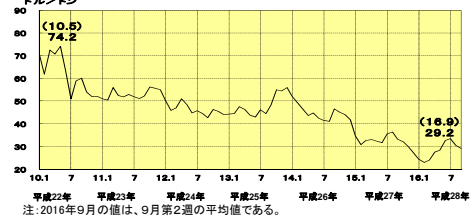
配合飼料価格に影響を与える要因の価格動向

- とうもろこしの国際価格(シカゴ相場)は、2015/16年度までの3年連続の米国の豊作、世界的に豊富な在庫等を背景に、3ドル/ブッシェル(118ドル/トン)台半ば~後半で推移。直近では、南米の悪天候、投機資金の流入等により、4ドル/ブッシェル(157ドル/トン)台まで上昇したが、米国での4年連続豊作見込みにより3ドル/ブッシェル(118ドル/トン)台前半で推移。
- 大豆油かすは、300ドル/トン台前半で推移していたが、直近では、南米の悪天候による大豆生産量の減少等から400ドル/トンまで上昇した後、米国産の良好な生育状況を反映し、300ドル/トン台前半で推移。
- 海上運賃(フレート)は、20ドル/トン台後半の過去最低水準で推移してきたものの、直近では需要回復、原油価格の上昇等により底打ち感。
- 為替相場は、平成24年11月中旬以降円安が進展し、良好な米国経済指標等を背景に平成27年には、1ドル当たり120円前後で推移。平成28年1月末以降、世界同時株安、欧州情勢の混乱等により円高傾向で推移。

＜とうもろこしのシカゴ相場の推移(期近物)＞



＜海上運賃の推移(ガルフ~日本)＞



＜大豆油かすのシカゴ相場の推移(期近物)＞



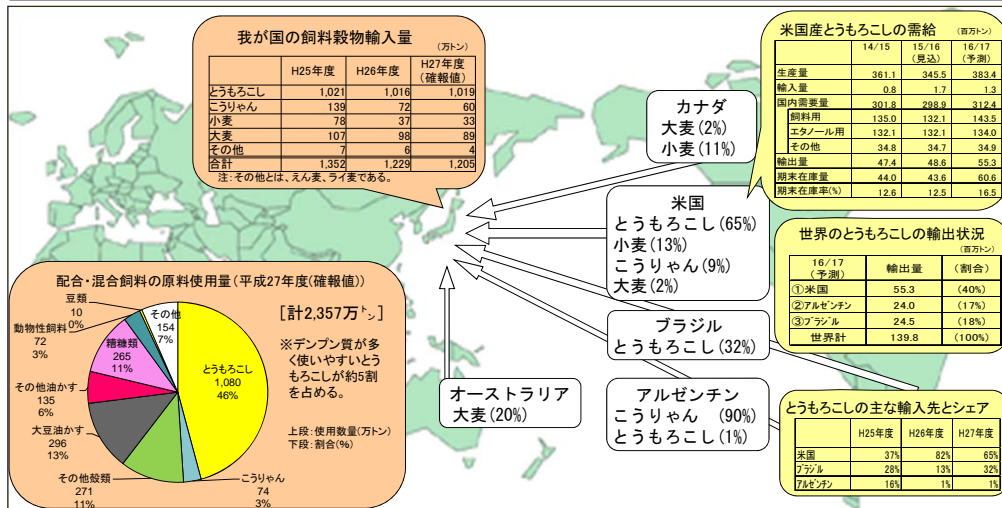
＜為替相場の推移＞



21

近年の飼料穀物の輸入状況

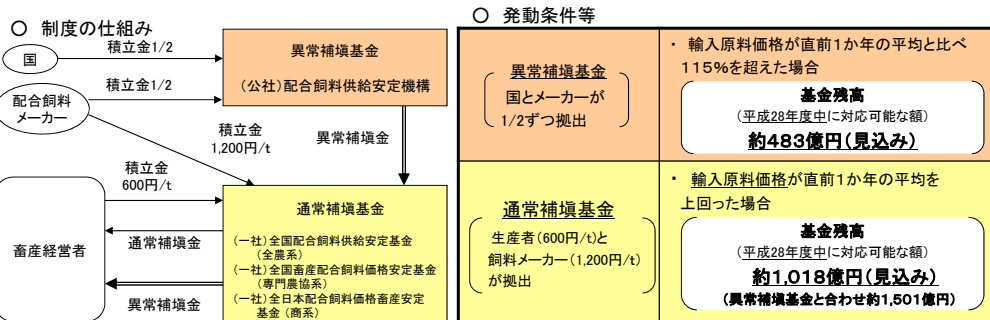
- 飼料穀物の輸入量は、近年12～14百万トン程度で推移。主な輸入先国は、米国、ブラジル、アルゼンチン、カナダ、オーストラリア。
- 飼料穀物のほとんどは輸入に依存しており、特に、米国・ブラジルに大きく依存。とうもろこしは24年6月以降の米国産とうもろこしの価格高騰を受け、25年度は南米等に移行。26年度は価格の低下とともに米国に回帰したものの、27年度はブラジル産がシェアを拡大。



22

配合飼料価格安定制度の概要

- ・ 配合飼料価格安定制度は、配合飼料価格の上昇が畜産経営に及ぼす影響を緩和するため、
 - ① 民間(生産者と配合飼料メーカー)の積立による「通常補填」と、
 - ② 異常な価格高騰時に通常補填を補充する「異常補填」(国と配合飼料メーカーが積立)の二段階の仕組みにより、生産者に対して、補填を実施。
- ・ 平成25年12月に制度を見直し、平成26年度から異常補填については、従来よりも発動しやすくなるよう特例基準を規定(半年前の基準価格から年率115%相当(123.3%)を超えた場合に補填)。
- また、通常補填の発動指標を配合飼料価格(メーカー建値)から輸入原料価格へ変更。
- ・ 本制度の運営強化のため、平成27年度に返済予定であった通常補填基金の市中銀行からの借入残高(約135億円)全額を(独)農畜産業振興機構(ALIC)に借換え(平成27年度畜産振興事業)。
- ・ 異常補填基金の通常補填基金への貸付金約333億円のうち、約146億円を平成27年度末に返済。

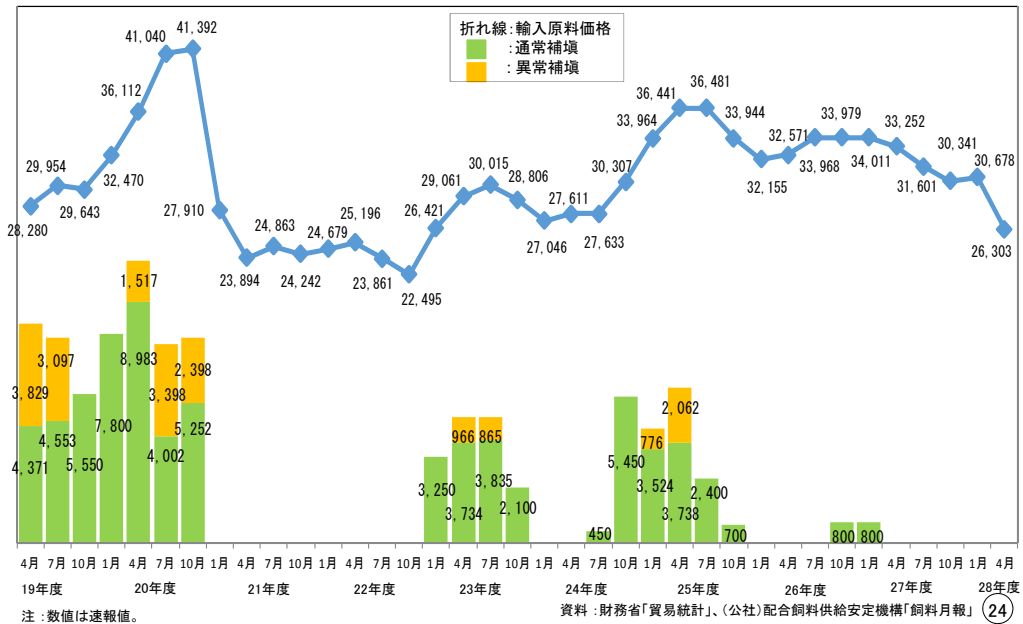


(注) 通常補填基金は、平成20年度に約1,192億円の借入れを行っており、毎年度の積立金から計画的に返済(平成27年度末時点での累計返済額は約675億円、借入金残高は約517億円)。このほか、平成24年度に異常補填基金から約333億円の借入れを行っており、毎年度の積立金から計画的に返済(平成27年度末時点での累計返済額は約146億円、借入金残高は約187億円)。この結果、平成27年度末借入金残高は、合計約704億円。

23

輸入原料価格の推移と配合飼料価格安定制度の補填の実施状況

単位：円/トン



飼料生産基盤利活用促進緊急対策事業

【平成28年度補正予算】 予算額 900百万円

◆ 草地難防除雑草駆除対策事業

- 計画の策定等
難防除雑草駆除計画の策定や調査分析に支援します。
- 草地改良
計画に基づき行う高生産性草地への転換(除草剤散布、耕起、砕土、整地、施肥、土壌改良資材の投入、優良品種の導入等による施工)の取組を支援します。
- 対策の活用・普及等に必要データ収集、研修会等に支援します。



◆ 公共牧場活用生産基盤強化支援事業

地域の「生産基盤強化計画」を策定し、計画に基づく以下の取組を実施する際に必要な施設、機械、家畜の導入等に支援します。

- 夏期預託から周年預託への転換
- 地域を越えた広域的な預託
- 預託月齢の早期化による預託期間の延長
- 公共牧場自ら行う肉用子牛生産や乳用後継牛の供給等



◆ 国産粗飼料広域流通体制整備事業

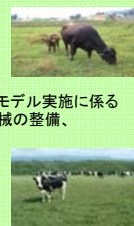
- 広域供給利用協定の締結
広域供給利用協定の締結等、国産粗飼料の広域的な供給・利用を推進するための検討会等に支援します。
- 広域供給・利用のための整備
国産粗飼料の広域流通の拡大を図るため、農協、コントラクター、TMRセンター、農業集団(3戸以上)等の供給側、需要側それぞれに必要な施設・機械の整備等に支援します。



◆ 日本型放牧モデル普及推進事業

肉用牛の周年親子放牧及び乳用牛の集約放牧に係る条件整備等に支援します。

- 放牧利用推進
計画の策定、放牧地確保に係る調整会議の開催、疾病予防対策の実施等に支援します。
- モデル実施に係る条件整備
肉用牛の周年親子放牧及び乳用牛の集約放牧のモデル実施に係る放牧地整備、牧柵や飲水施設等設置、草地管理機械の整備、放牧牛導入等に支援します。
- 日本型放牧モデルの全国普及
専門家による現地指導、地域指導者の育成、優良事例の収集・分析等に支援します。



畜産クラスターを後押しする草地整備の推進(公共)

- 「総合的なTPP関連政策大綱」に即し、我が国畜産の競争力の強化を図るため、地域ぐるみの高収益型畜産体制(畜産クラスター)の取組を加速することが重要。
- このため、各地域で作成する畜産クラスター計画により、地域ぐるみで効率的な飼料生産を一層進めるため、**大型機械化体系に対応した草地・畑の一体的整備、草地の大区画化等の基盤整備を推進。**

1. 事業内容

①大型機械化体系に対応した草地整備

大型機械による効率的な飼料生産を一層推進するため、草地・畑の一体的整備、草地の大区画化、排水不良の改善等を推進

内容: 区画整理、暗渠排水等
国費率、補助率: 2/3、1/2等

②家畜ふん尿を活用した肥培かんがい施設の整備

家畜ふん尿を発酵スラリーとして有効活用するための肥培かんがい施設等の整備を推進

内容: 肥培かんがい施設、排水施設等
国費率: 4/5(北海道)

③泥炭地帯における草地の排水不良の改善

土壌の特殊性に起因する地盤の沈下による草地の湛水被害等に対処する整備を推進

内容: 整地、暗渠排水、排水施設等
国費率: 3/4(北海道)

<整備前>



現況の自然水路(24)を以て整備

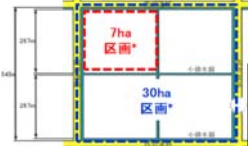


個人所有の農業機械による作業



山成に合わせて整備

<整備後>



大区画による効率的な飼料生産



大型作業機械による作業

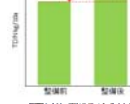


生産性向上のため、緩傾斜に整地

※小排水路が必要な地区は30ha区画、小排水路が必要な地区は7ha程度の区画

<効果>

大区画化による作業効率向上の結果、適期収穫が可能となることや、基盤整備を通じた排水不良の改善等により、飼料作物の単位面積当たりの収量を25%以上増加



飼料生産コストの削減
地域ぐるみの取組件向上に大きく貢献

2. 実施要件

飼料作物の単位面積当たり収量が25%以上増加することが見込まれること。

3. 実施主体

- ・国
- ・都道府県、事業指定法人(26)

飼料増産総合対策事業

<平成29年:度概算要求額1,011百万円>

- 輸入飼料原料への依存体質から脱却し、国内の飼料生産基盤に立脚した畜産経営を実現するため、国産飼料の生産・利用を拡大
- 飼料作物の増産に向けて、作付拡大、生産性向上及び生産体制の強化等を推進

草地生産性向上対策 (277百万円)

- 生産性向上のための草地改良
- 優良飼料作物種子の活用・放牧技術等の向上
- 飼料作物種子・飼料用稲種子の調整保管
- 自給飼料生産技術向上の支援(イアコン等の技術実証等、公共牧場の新たな活用方法の検討等)
(補助率: 定額、1/2以内、1/3以内)

注: イアコンとは、子実、芯、穂皮からなるトウモロコシの雌穂(しすい)



高位生産草地



飼料生産技術者の技術向上



種子の調整保管



濃厚飼料原料(イアコン等)の技術実証等

(27)

国産粗飼料増産対策（564百万円）

- コントラクター等が飼料生産の担い手としての役割を発揮するための生産機能を高度化する取組への支援
- 飼料生産組織による栄養価の高い良質な粗飼料（とうもろこし等）の生産・利用を拡大する取組への支援
- 省力化・低コスト化を図るための地域一体となった放牧の取組への支援
（補助率：定額、1/2以内、1/3以内）



コントラクターの高度化



乳用牛の集約放牧



肉用繁殖牛の放牧

エコフィード増産対策（170百万円）

- エコフィードの品質向上及びエコフィード利用畜産物の差別化促進
- 地域の関係者の連携による食品残さ等の飼料利用体制の構築
- 活用が進んでいない食品残さ等によるエコフィードの増産
（補助率：定額、1/2以内）



エコフィードの品質向上



エコフィード利用畜産物の差別化



(27)

○ 財政制度等審議会の動き

日本経済新聞 2016年11月4日 19:06 (電子版)

財務省は4日、財政制度等審議会（財務相の諮問機関）を開き、農業の生産性向上策を議論した。生産が消費を上回るコメについて、収益性の高い野菜に生産を転換するよう提言した。農道や水路を整備する「土地改良予算」はコスト削減を前提とする農家に限って配分すべきだとした。

財務省によると、コメ農家が10アールあたりの水田から得る収入は補助金を含め12万3500円。露地タマネギは約32万円とコメの2.6倍にのぼると示し転作を求めた。さらに飼料米や小麦の生産では補助金に過度に頼る収入構造が「売れるものをつくる」という経営マインドの発揮を阻害している」と指摘した。

土地改良事業については「農業の生産性向上を実現する意思と取り組みが明確な場合に限定する」ように求めた。

毎日新聞 2016年11月5日 東京朝刊(web版)

財務省は4日、財政制度等審議会（財務相の諮問機関）を開き、主食用米から飼料用米への転作を助成する国の交付金制度を見直すよう提言した。交付金の支払いが増加して財政の負担になっていることから、交付金を引き下げ、野菜など収益性の高い作物への農家の転作支援を強化することなどを求めた。

主食用米からの転作助成交付金は、主食用米の過剰生産と値崩れを防ぐのが目的。しかし飼料用米は収益性が低く、農家の収入が大きく減るとして、転作した農家に10アール当たり5・5万～10・5万円の交付金が支払われ、麦や大豆（10アール当たり3・5万円）よりも高く設定されている。収益性の高い野菜は交付金の対象外だ。

財務省は「栽培の手間が少なく、助成金が多い飼料用米への転作ばかり進んでいる」（幹部）と主張。現状の制度を維持すれば、必要な予算額は、2016年度の676億円から、25年度には最大1660億円に膨らむと試算し、交付金の引き下げを求めた。

ただ、農家の収入減につながりかねず、農林水産省の反発は必至で、調整は難航しそうだ。

(29)

転作助成のあり方の点検・見直しに当たっての論点・視点

- ① 農業の競争力強化・生産性向上を図っていくためには、収益性の低い転作作物(飼料用米など)に対して主食用米並みの所得を確保するように助成するよりも、野菜などの高収益作物への転換を支援していく方が望ましいのではないか。
- ② 未開拓の海外の需要を獲得していくためには、生産コスト削減を加速する必要がある、その努力を阻害することのないように、助成のあり方を見直すべきではないか。
- ③ 国内の中食・外食の需要を取り逃さないようにするためには、転作作物に対して主食用米並みの所得を確保するように助成して主食用米の生産を抑制するという考え方から脱却して需要に対応した生産を促すように、助成のあり方を見直すべきではないか。
- ④ 予算執行調査における指摘事項を踏まえた見直しを行うべき。

高消化性スーダン型ソルガム「涼風」の栽培と収穫・調製法

長野県畜産試験場

浅井 貴之

1. はじめに

乳牛のルーメン内発酵を安定させ、健康に飼うためには、消化性の高い粗飼料が求められる。スーダン型ソルガム「涼風」は2012年3月に品種登録された品種で、高消化性遺伝子“bmr-18”を持ち、茎葉部の繊維の消化性が高い。適期に収穫した「涼風」は1番草、2番草ともにTDN含量が60%DM以上で採食性も良好であるため、濃厚飼料の節減とルーメンアシドーシスを防ぐ効果が期待できる（図1）。

また、「涼風」は高温を好む暖地型作物であるので、温暖化による寒地型牧草の生産力低下を補うことができる。さらに、イタリアンライグラスやムギ類との二毛作が可能であり、収穫・調製作業は牧草の機械体系で一貫して省力的に行うことができる。

ソルガム類はクマ、イノシシ、ニホンジカの被害を受けにくいことが明らかにされており、獣害によりトウモロコシの栽培や採草地の維持管理が困難となった地域での新たな導入作物としても「涼風」は有効と考えられる。

このような「涼風」のメリットを活かすため、本稿では最近の研究で明らかになった栽培と収穫・調製法のポイントについて紹介する。

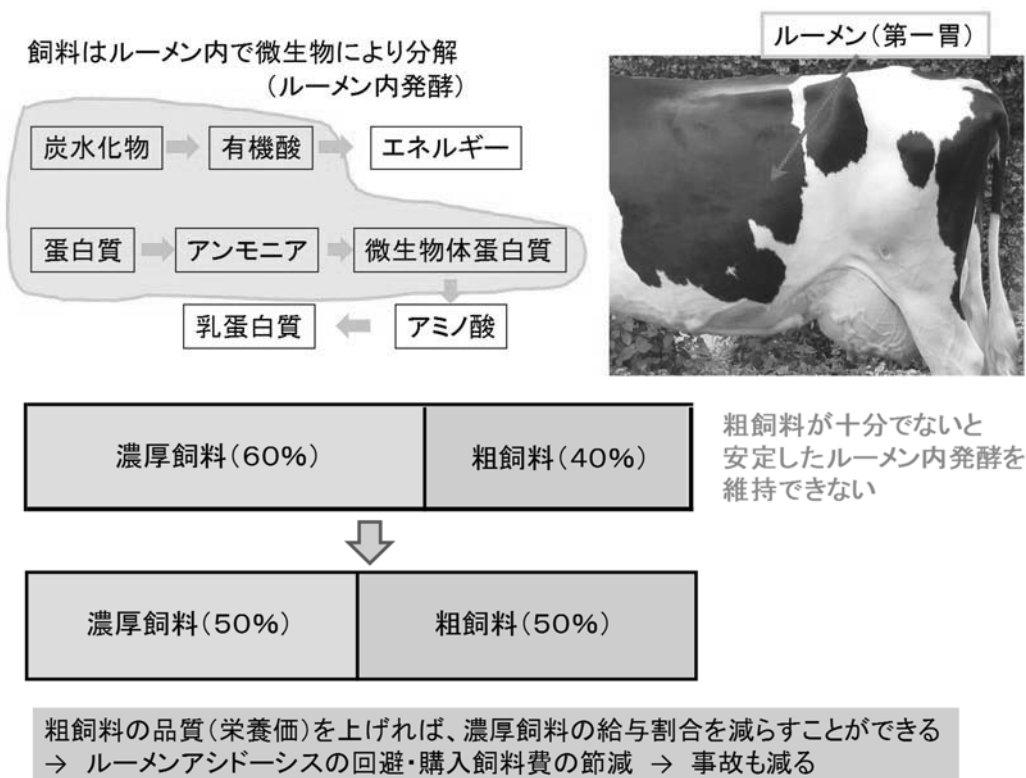


図1 乳牛の消化生理と高品質粗飼料の意義

2. 土づくりと施肥

家畜ふん堆肥の連用量が多いほど、「涼風」の硝酸態窒素濃度は高まる傾向にある。年間5t/10aの家畜ふん堆肥を3年間連用してソルゴー型ソルガム・ムギ類の二毛作を実施した圃場の跡地において、春播きエンバクと「涼風」の二毛作を行い、堆肥の連用量と1番草の硝酸態窒素濃度との関係を検討した(表1、図2)。「涼風」作付け時に家畜ふん堆肥5t/10a以上の施用(年間施用量で8t/10a以上)で硝酸態窒素濃度が0.1%DM(1000ppm)を超えたことから、場産家畜ふん堆肥の適正な施用量は3t/10a程度と考えられた。

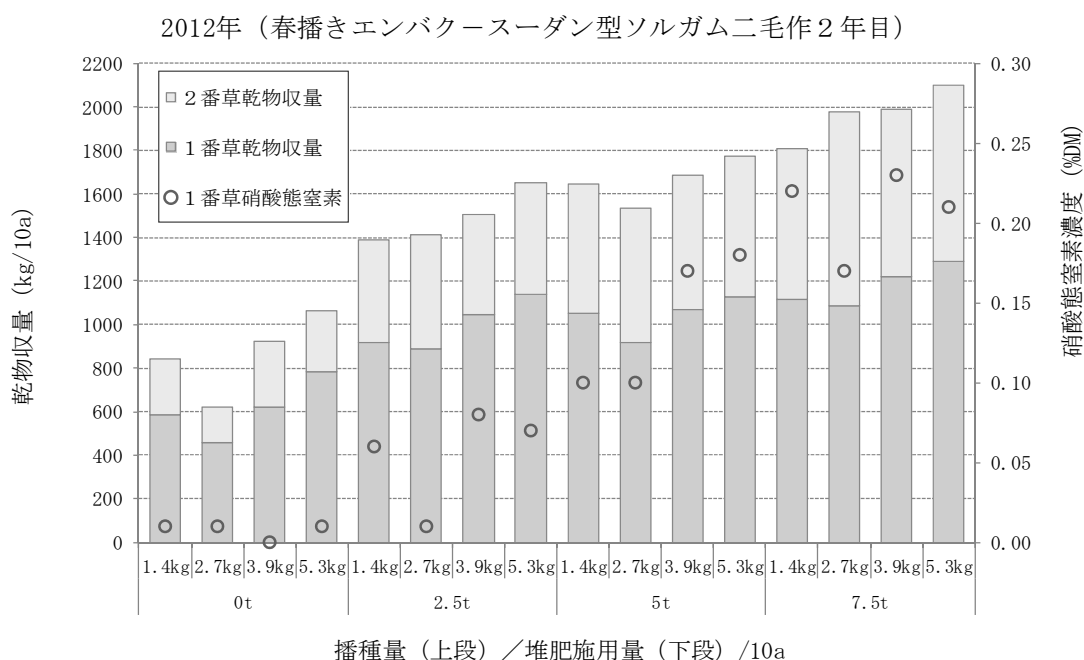
このようにスーダン型ソルガムの栽培では、堆肥の連用量が多いと地力窒素の発現量が多くなり、作物体の硝酸態窒素濃度が安全基準を上回りやすい。

通常、窒素肥料、リン酸肥料およびカリ肥料は堆肥からの養分供給(表1)を見込んで施用しなくてよい。苦土石灰は10a当たり50kgを標準施用量とし、休閑期の土壌診断に基づいて施用量を調節する。

表1 試験に供した場産堆肥の成分量

	水分 (%)	AD可溶 ¹ 有機物 mg/g (乾物)	全窒素 kg/堆肥1t (現物)	0.5M塩酸抽出				
				CaO	MgO	K ₂ O	P ₂ O ₅	無機態窒素 kg/堆肥1t (現物)
平均(n=3)	70.7	176	5.86	20.8	5.0	15.7	23.0	0.59
標準偏差	2.1	7	0.38	7.0	0.6	0.6	4.4	0.05

¹AD可溶有機物：酸性デタージェント可溶有機物



前作：エンバク(堆肥3t/10a施用、3月22日播種、5月30日刈取り)
 品種：「涼風」 播種：6月8日(ロータリーシーダー条間20cm)
 収量調査：1番草8月10日、2番草10月9日、化学肥料窒素は無施用 各組み合わせ4反復
 堆肥は2年連用

図2 堆肥連用量と「涼風」の硝酸態窒素濃度の関係

3. 播種

播種適期は関東甲信越地域の温暖地で5月中旬、積雪地や高標高地で5月下旬である。ロールベアラで収穫するためには密植栽培する必要があり、散播による厚播き、あるいはロータリシーダによる密条播を行う。作業精度が高く、大面積の作業に向くのはロータリシーダによる方法である。

(1) 散播による厚播き

10a 当たり 6~8kg の種子をブロードキャスタか散粒機を用いて散播する。播種直後に直装式のディスクハローやロータリの表層攪拌により薄く覆土を行う。作業時間を節約するために覆土の工程を省略する事例が見られるが、適度な覆土は出芽を均一にするために不可欠である(図3)。土壌表面が乾いたら、速やかにカルチパッカをかけて鎮圧を十分に行う。

5月中~下旬は降水量が少なく、土壌が乾燥しやすいため、出芽を揃えるためには、降雨を予想して播種の日程を決めること、薄めの覆土(トラクタの後輪タイヤ痕を削らない程度、鎮圧後の目標種子深度3cm)を行い、十分に鎮圧することが作業のポイントである。

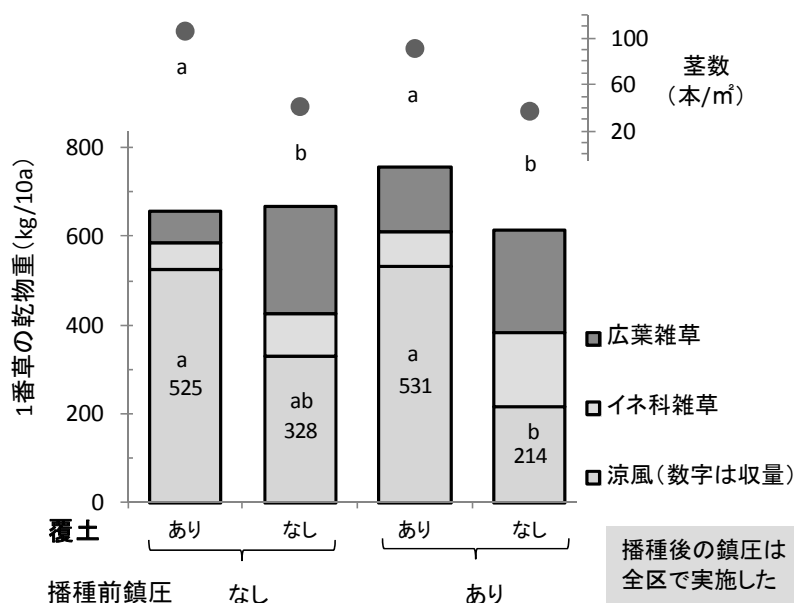


図3 播種法が「涼風」の1番草生育・収量に及ぼす影響
異文字間に有意差あり (P<0.05、Tukey 法)

(2) ロータリシーダによる密条播

ロータリシーダを活用することで、仕上げ耕起と播種を1工程で行うことができる(写真1)。播種量は10a 当たり 6kg が適正で、目標の播種深度は2cm である。

種子の繰り出し量の調整はトラクタに装着したロータリシーダ部を持ち上げて、鎮圧ローラを回転させて種子を受け、一定の回転数(走行距離)で繰り出した量を測ることで適正なロール孔の開度を決定して行う。実圃場では鎮圧ローラのスリップが発生するため、

実繰り出し量は調整した量よりも低下する（図4）。土壌表面が乾いたら、速やかにカルチパッカをかけて鎮圧を十分に行う。



写真1 ロータリシーダによる密条播（後部の鎮圧ローラの回転に連動して種子が繰り出す）

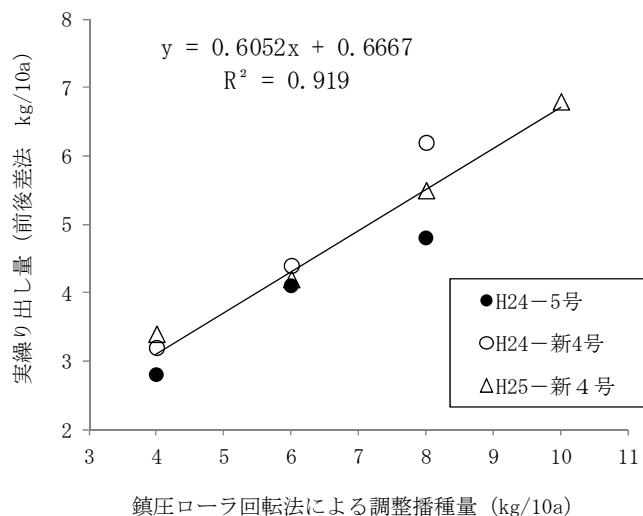


図4 ロータリシーダの調整播種量と実繰り出し量の関係

（3）雑草防除

密植栽培により雑草を抑制できるが、アオゲイトウ、シロザ等の広葉雑草の発生量が多い圃場では、播種後雑草の出芽前～出芽始めにブームスプレーヤーでアトラジン水和剤（10a 当たり 100～200ml・水量 100L）を散布する。

4. ロールベール収穫

（1）収穫適期

生育ステージと TDN 含量（全ふん採取法による実測値）との関係から、1 番草は止葉期～出穂始期、2 番草は出穂始期～穂揃期が収穫適期と考えられる（図5、表2）。同一生育ステージで比較すると、「涼風」の TDN 含量はノーマルタイプのスーダン型ソルガム「KowKandy」よりも1 番草で4%、2 番草で6%高かった（図5）。この主な要因は「涼風」の繊維（aNDFom）の消化率が「KowKandy」よりも高かったことによると考えられる（表3）。

表2 「涼風」サイレージの生育ステージと飼料成分の関係

番草	生育ステージ	飼料成分 (%DM)				TDN (%DM)
		CP	EE	NFC ¹	NDF	
1 番草	止葉期	10.3	2.0	19.5	60.5	62.4
	出穂始期	7.1	1.8	23.6	60.2	60.5
	開花終期	6.4	1.6	23.4	59.1	55.7
2 番草	出穂始期	9.3	2.1	23.7	57.9	64.7
	穂揃期	7.5	1.4	25.6	59.4	61.2

¹NFC=100- [(aNDFom-ND不溶CP)+CP+EE+粗灰分]

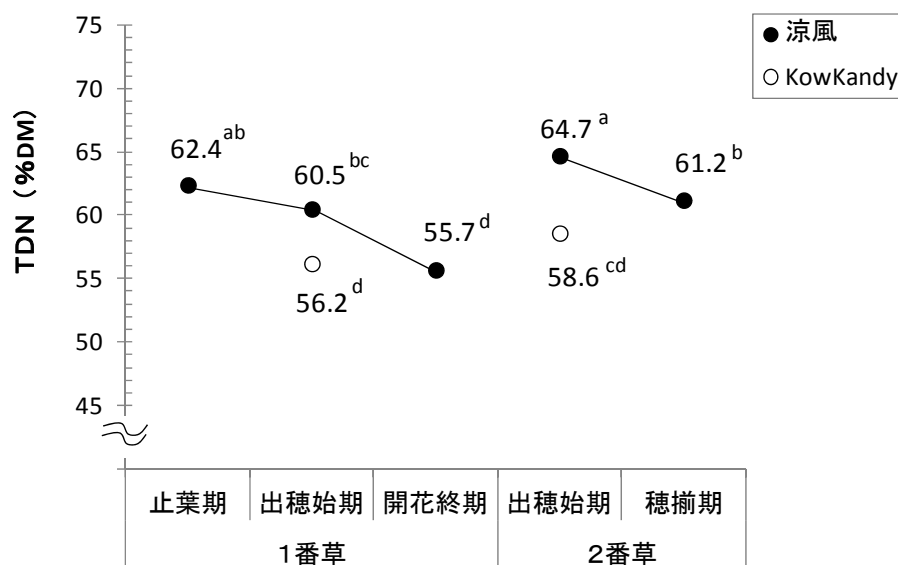


図5 「涼風」サイレージの生育ステージとTDNの関係
黒毛和種繁殖雌牛（維持期）4頭の平均
異文字間に有意差あり（P<0.05、Tukey法）

表3 「涼風」サイレージにおける生育ステージと消化率¹の関係

	涼風 (bmr)					Kow Kandy (ノーマル)	
	1番草			2番草		1番草	2番草
	止葉期	出穂始期	開花終期	出穂始期	穂揃期	出穂始期	出穂始期
消化率 ² (%)							
有機物 (OM)	67.4 ^{ab}	64.7 ^{bcd}	61.5 ^d	68.8 ^a	65.1 ^{bc}	61.2 ^d	62.5 ^{cd}
CP	56.3 ^a	43.4 ^b	43.7 ^b	53.8 ^a	45.5 ^b	54.5 ^a	53.3 ^a
EE	71.9 ^{ab}	69.6 ^b	69.6 ^b	75.2 ^a	70.7 ^b	71.4 ^b	73.1 ^{ab}
aNDFom	72.2 ^a	70.1 ^{ab}	64.0 ^{cd}	71.5 ^a	66.7 ^{bc}	60.9 ^d	63.3 ^{cd}
ADFom	68.6 ^{ab}	64.6 ^{bc}	62.2 ^{cd}	70.1 ^a	63.8 ^{bc}	54.2 ^e	57.9 ^{de}
セルロース ³	76.6 ^{ab}	73.7 ^{bc}	70.1 ^{cd}	78.5 ^a	72.3 ^{cd}	64.9 ^e	68.2 ^{de}
ヘミセルロース ⁴	78.7 ^{ab}	80.6 ^a	67.4 ^c	74.2 ^{abc}	72.4 ^{bc}	74.0 ^{abc}	73.5 ^{abc}

¹黒毛和種繁殖雌牛（維持期）4頭の平均。異文字間に有意差あり（P<0.05、Tukey法）。

²繊維画分の消化率はスーダン型ソルガムと大豆粕を含む値である。³ADFom-ADL。⁴aNDFom-ADFom。

1番草の収穫期は気温が高い時期であり、生育の進行が早いいため、適期を逃さないように収穫することがポイントである。また、生育ステージの早い時期で収穫することは作業機への負荷が軽減でき、予乾が容易であること等のメリットもある。

関東甲信越地域の温暖地では、1番草の収穫が7月中～下旬頃（止葉期～出穂始期）、2番草の収穫が9月中～下旬（出穂始期～穂揃期）頃に、高標高地と積雪地では1番草の収穫が7月下旬頃（止葉期）、2番草の収穫が9月下旬～10月中旬頃（出穂始期～穂揃期）頃になる。

(2) 刈取り時の注意点

1 番草の収穫に当たっては、刈取り後の再生を良好にするため、刈取る高さを地際から10cmとし、土壌水分が低い時期に収穫作業を行う。また、株を傷めないように圃場内でトラクタの急ハンドルを切らないようにする。

(3) モーアコンディショナとロールベアラによる収穫体系

従来、スーダングラスやスーダン型ソルガムのロールベアラ収穫体系では予乾促進のための反転作業が行われてきた。一方、われわれの研究では、「涼風」をモーアコンディショナで刈取れば、茎を圧碎して予乾を促進するだけでなく、原料草を帯状に排出することができ、反転・集草作業を行わなくてもロールベアラで収穫することができることを明らかにした(写真2)。

発酵品質やカビの発生状況から判断して目標水分は60~65%と考えられ、晴天が続けば夏季は刈取りの翌日午後、秋季は2日目に収穫できる。この方法は反転集草作業を行わないので土砂の混入を抑えることができ、その結果、従来の作業体系では酪酸が生成されやすいとされていた水分域においてもロールベアラの発酵品質が良好となるものと考えられる(表4)。なお、この体系で収穫した2番草では刈取りの当日に収穫した高水分ロールベアラサイレージにおいても、酪酸、プロピオン酸が生成されず、発酵品質が良好であった(表4)。

モーアコンディショナで刈取り

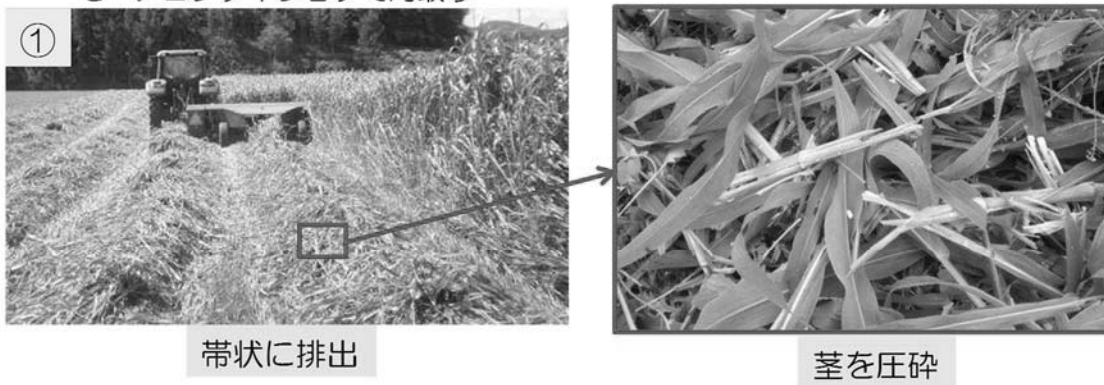


写真2 モーアコンディショナによる「涼風」の収穫体系

表4 モーアコンディショナで刈取って反転作業を省略したロールペーラ収穫体系における水分調整がロールペールの品質に及ぼす影響 (2014年)

	1 番草 (収穫日時)			2 番草 (収穫日時)	
	翌日15:05	翌々日8:30	翌々日13:15	当日14:00	翌々日9:00
ロール数	6	5	5	4	7
ロール重 (kg)	286	265	248	385	333
水分 (%)	66.2	60.5	50.5	77.2	71.8
乾物密度 (kg/m ³)	123	134	156	103	117
pH	4.7 ^b	4.8 ^b	5.2 ^a	4.3 ^b	5.0 ^a
有機酸 (%FM)					
乳酸	0.77	0.87	0.71	0.90	0.75
酢酸	0.31	0.30	0.22	0.21	0.21
プロピオン酸	0	0	0	0	0
酪酸	0.01	0	0	0	0
VBN (%TN)	8.8 ^a	7.9 ^a	6.5 ^b	5.7 ^b	7.9 ^a
V-SCORE	91 ^b	93 ^b	97 ^a	99 ^a	94 ^b
カビによる 廃棄割合 (%)	0.40	0.43	0.88	0	0

同一番草の異文字間に5%水準で有意差あり (Tukey-Kramer法)

1 番草: 止葉期, 2 番草: 止葉期

カビによる廃棄割合 (%): 廃棄重量/ロール重 × 100 (表層の観察から取り除いた量)

(4) ディスクモーアとロールペーラによる収穫体系

モーアコンディショナによる刈取りができない場合は、ディスクモーアにより刈取る。この場合、予乾促進のため反転作業を行う必要があるが、作業時の土砂の混入を防ぎきることが難しい。酪酸が生成されないようにするためにはロールペールの目標水分を50%以下にする必要がある (図6)。

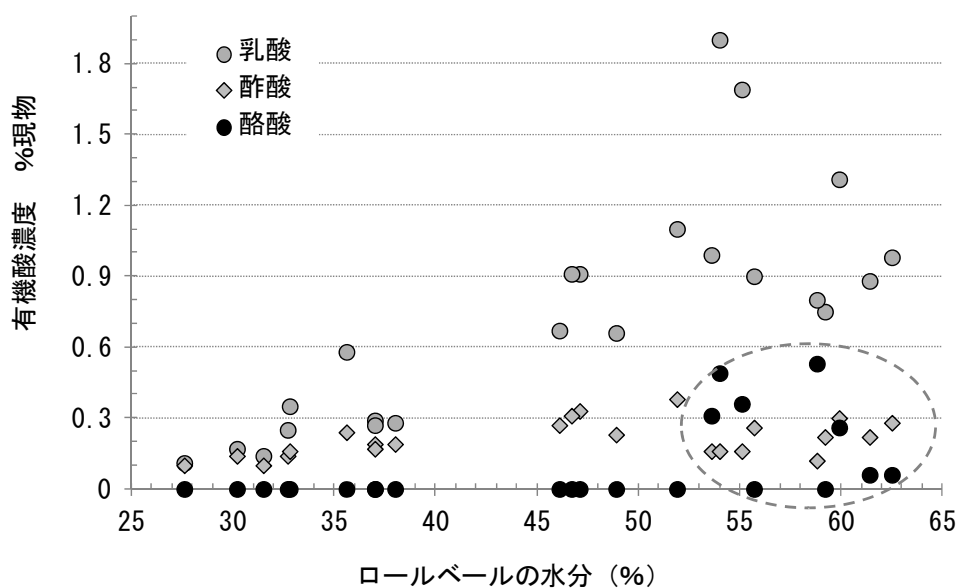


図6 反転・集草作業を行って調製したスーダン型ソルガムサイレージの水分と有機酸濃度の関係 (供試品種: ブラントウミツ)

この収穫体系において反転・集草作業時の作業機への負荷を軽減する方法として、ディスクモアによる2段刈りを行う方法がある（写真3）。

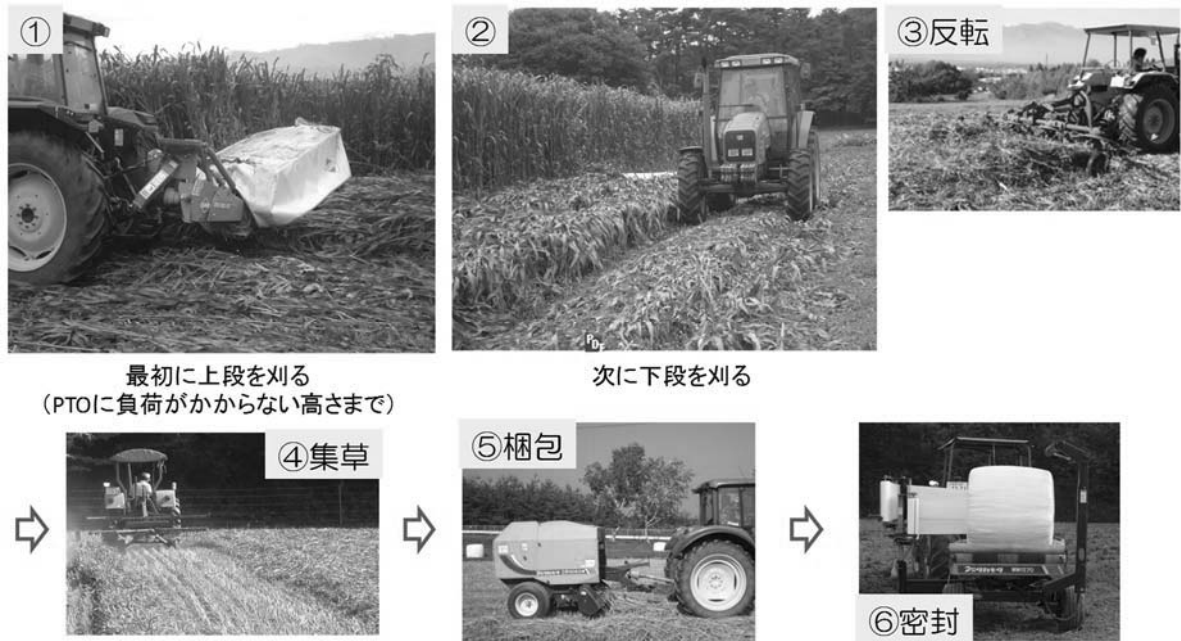


写真3 ディスクモアによる「涼風」の収穫体系

(5) モーアコンディショナとフォーレイジハーベスタ・細断型ロールベアラによる収穫体系

この収穫体系はピックアップヘッドを装着したフォーレイジハーベスタを所有しているコントラクター組織に向く。モーアコンディショナで刈取り、反転・集草作業を行わずに予乾し、フォーレイジハーベスタと細断型ロールベアラの組作業で「涼風」サイレージを調製することができる（写真4）。

モーアコンディショナで刈取り



帯状に排出して、そのまま予乾

フォーレイジハーベスタ（手前）と細断型ロールベアラ（奥）による組作業



ピックアップ、細断、梱包

写真4 モーアコンディショナとフォーレイジハーベスタによる「涼風」の収穫体系

この収穫体系によれば、広範囲の水分域で発酵品質が良好となる（図7）が、ハンドリング等を考慮した場合の目標水分は65～70%程度で、刈取った翌日に収穫する。

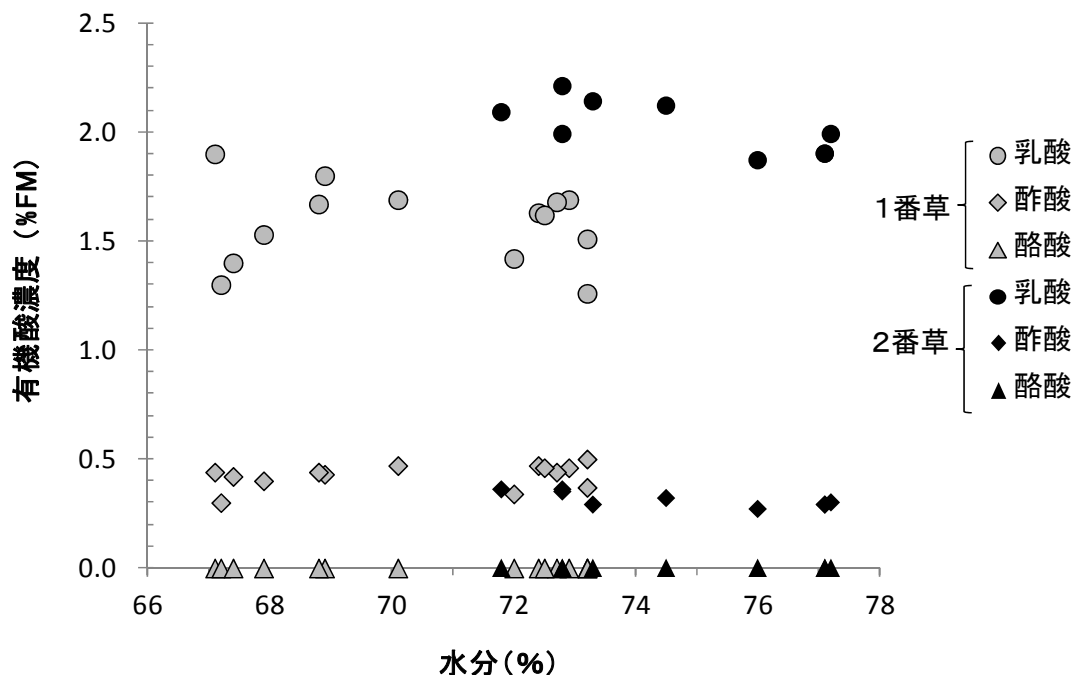


図7 モーアコンディショナとフォーレージハーベスタによる収穫体系で反転・集草作業を行わずに予乾して調製した「涼風」サイレージの発酵品質

5. 牛への給与

スーダン型ソルガムの「ながもの」に慣れている牛群に「涼風」を給与した場合の例を写真5に示した。この酪農家からは、暑熱時の「涼風」の食い込みが良好との評価を受けている。



写真5 スーダン型ソルガムの「ながもの」に慣れている牛群での給与例

スーダン型ソルガムの「ながもの」に慣れていない牛群に「涼風」を給与する場合は、ロールバールサイレージをバールカッタ等で細断して給与した方がよい（写真6）。

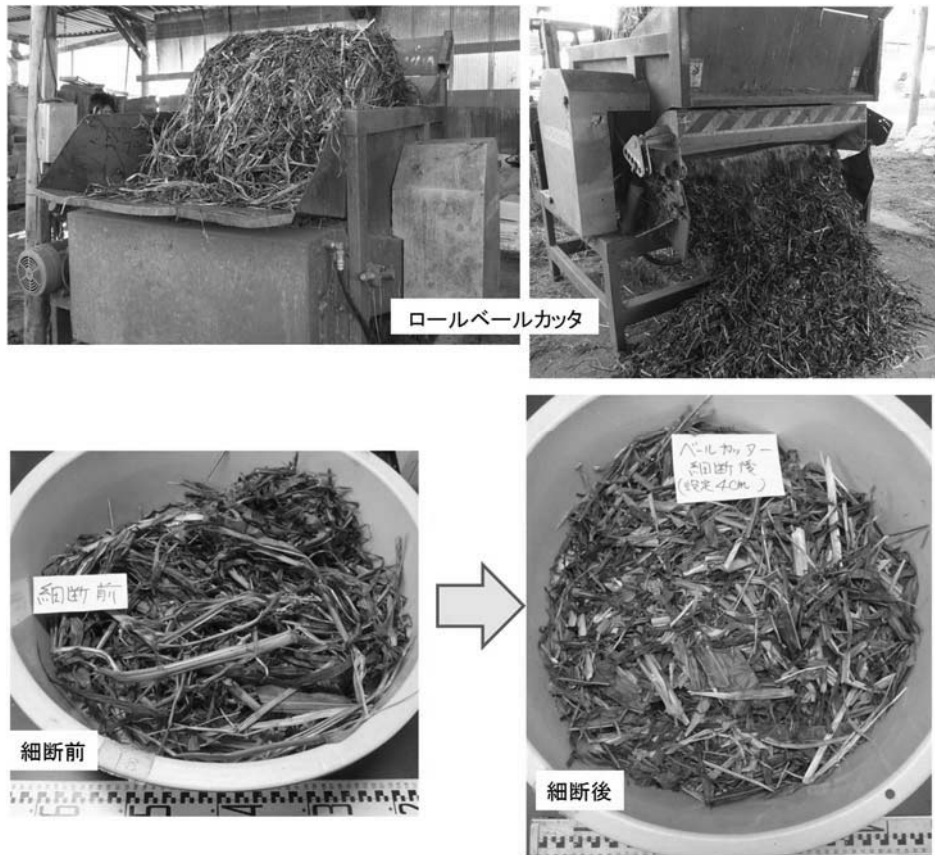


写真6 ロールベールカッタによる「涼風」の細断

6. 最後に

本稿で紹介した内容は2013～15年度に実施した農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業（実用技術開発ステージ）委託課題「関東甲信越地域の気象資源とソルガム新品種を活用した省力多収飼料作物栽培技術の開発」、並びに2011～2013年度に実施した県単プロジェクト研究「春播きエンバクと高消化性スーダン型ソルガムを組み合わせた年3回刈り体系による高品質粗飼料増産技術の開発」で得られたデータに基づく。課題実施に当たりご尽力・ご協力いただいた皆さまに感謝する。

また、研究成果に基づき、「スーダン型ソルガム新品種『涼風』および『峰風』を活用した粗飼料生産マニュアル（関東甲信越地域向け）2016年版」が作成され、農研機構の下記webサイトで公開されている。

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/pub2016_or_later/pamphlet/tech-pamph/072075.html

本マニュアルでは、本稿で紹介しきれなかった、①「涼風」とイタリアンライグラスの組み合わせによる二毛作のTDN収量と適地判定、並びに経営評価（農研機構ほか共同研究機関）、②SPAD値による「涼風」の硝酸態窒素濃度推定法（新潟畜研）、③フレール型ハーベスタやフォーレージハーベスタによる「涼風」のダイレクト収穫法（群馬畜試）等についてもまとめられている。

これらの研究成果の普及により酪農経営が安定することを願っている。

寒冷地における二毛作とイタリアンライグラス新品種「クワトロ-TK5」

農研機構 東北農業研究センター

久保田明人

1. はじめに

東北地域は全国の乳用牛飼養頭数の一割弱を担っており、酪農が盛んである。牧草の作付け面積は 90,000ha と北海道についで多い。飼料用トウモロコシ作付面積も 10,000ha と多く、岩手県は北海道に次ぐ面積の 5,000ha を栽培している。しかし、国内の主要な牧草であるイタリアンライグラスの作付面積は 3,000ha 程度であり、同程度の乳用牛を飼養する九州地域の 40,000ha に比べると一桁少ない。関東以西で行われているイタリアンライグラスとトウモロコシの二毛作体系で飼料生産を行っている生産者は、宮城県と福島県の一部であり、極めて限定的である。寒冷地である東北地域においては、根雪期間が長く雪腐病の被害が大きいため、イタリアンライグラスの栽培が難しいことと、イタリアンライグラス後のトウモロコシの栽培可能期間が短いため、収穫－播種等の農作業が過密になってしまうため、二毛作体系での飼料生産は困難であった。同じく寒冷地である長野県や山梨県でも同様の状況と考えられる。

2. 寒冷地における二毛作飼料生産の研究

岩手県畜産研究所では、不耕起播種機を利用したライムギトウモロコシの二毛作技術を開発した。耕起して行うトウモロコシ単作よりもコストが 13,500 円/10a 増えるが、ライムギの TDN 収量が 250kg/10a 得られるため、チモシー乾草 (TDN 単価 134 円/kg) 購入費に換算すると 33,500 円となり、差し引き 20,000 円/10a の増収となる。

また、農研機構では、飼料用イネ専用収穫機を利用した飼料用稲麦二毛作技術を開発した。年間の乾物収量で 1,600kg/10a が得られる。

しかし、いずれの技術とも、新たな機材の購入が必要であり、このことが普及の妨げとなっていると考えられる。

3. イタリアンライグラス新品種「クワトロ-TK5」

農研機構・東北農業研究センターでは、根雪期間 80 日程度までの積雪地で栽培できる、早生のイタリアンライグラス新品種「クワトロ-TK5」を開発した。「クワトロ-TK5」を導入することによって、これまで二毛作での飼料生産ができなかった岩手県南や東北日本海側沿岸部でも二毛作が可能となる。

「クワトロ-TK5」の乾物収量は、雪腐病が問題となる根雪期間 80 日までの積雪地では「ワセアオバ」よりも 10%以上多収であり、雪腐病が問題とならない少雪地においては「ワセアオバ」と同程度であった。100 日以上積雪地では、「ワセアオバ」に対

する優位性はみられるが低収となり、栽培には向かない（図および表）。

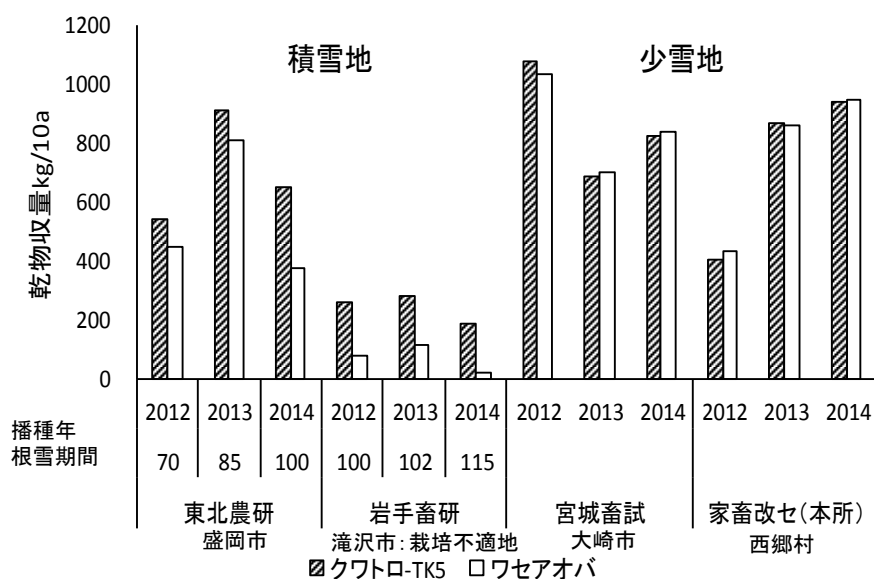


図 積雪地および少雪地におけるクワトロ-TK5 とワセアオバの乾物収量

表 各試験地における「クワトロ-TK5」の耕種スケジュール

	所在地	播種日	収穫日	根雪期間	備考
東北農研	盛岡市	9月20日	5月24日	85	
岩手畜研	滝沢市	9月19日	5月19日	106	栽培不適地
宮城畜試	大崎市	9月28日	5月7日	-	
家畜改良セ(本所)	西郷村	9月30日	5月7日	-	

播種日、収穫日、根雪期間は3か年平均

4. 「クワトロ-TK5」を利用した二毛作体系の試算

トウモロコシ単作の場合、東北農業研究センターでは乾物収量 2,000kg/10a 程度である。通常栽培しているトウモロコシ品種では作期がとれないため、RM80~90 の早生品種を用いることによって、トウモロコシで1,500kg/10aの乾物収量を見込んでいる。これに「クワトロ-TK5」の乾物収量 800kg/10a が加わり、年間収量では 2,300kg/10a となり、トウモロコシ単作に比べて 15%の反収増を見込んでいる。トウモロコシとイタリアンライグラスともにサイレージにするとし、同等の TDN 含量と仮定する。流通しているトウモロコシサイレージは 20 円/kg（現物）とすると、水分 40%として 50 円/kg（乾物重）となり、年間乾物収量で 300kg/10a の増収は 15,000 円/10a に相当する。イタリアンライグラスの栽培は除草剤が不要であるため、新たに発生するコストは 10,000 円/10a 程度（種子代 2,000 円、資材費 5,000 円、燃料 3,000 円）であり、差し引き 5,000 円/10a の増収となる。水田であればさらに二毛作の補助金 15,000 円が上乘せされる。

牧草とトウモロコシを生産している生産者であれば新たな機材の購入は不要であり、トウモロコシの早生品種を利用することで、トウモロコシ単作との収穫作業を分散させることができる。また、不耕起播種機を保有していれば、中生品種（RM90~95）の栽

培も可能となり、トウモロコシの減収を抑えることができる。

5. 「クワトロ-TK5」の普及対象地域

普及対象地域は、日本海側を含めた東北地域の沿岸部、岩手県南。これまで二毛作体系での飼料生産ができなかった地域において新規需要を掘り起こす。長野県や山梨県の根雪期間 80 日までの地域も該当すると考えられる。

北陸、山陰、北関東の既存二毛作地域でも、異常気象による突発的な多雪年に備えるためには、既存早生品種から「クワトロ-TK5」への乗り換えは有効と考えられる。これらの地域で、多雪年に備えて止むを得ず雪腐病に強い中晩生品種を利用している生産者にとっても、早生品種である「クワトロ-TK5」は多様な作付け体系に対応できることから、新たな選択肢となる。

また、現在九州において現地圃場試験を行っており、暖地での適応性も評価しているところである。

6. 「クワトロ-TK5」栽培上の留意点

千粒重が大きいいため、播種量は 3～4kg/10a とする。収量を確保するためには適正な施肥が必要（基肥 8kg/10a、早春の追肥 5kg/10 程度）。試験用の種子については家畜改良センター茨城牧場長野支場から供給できるため、演者までご連絡いただきたい。

暖地・温暖地の作付体系と多毛作への取り組み

農研機構 九州沖縄農業研究センター
畜産草地研究領域 加藤直樹

1. はじめに

多毛作は耕地を効率的に利用する手段であり、限られた耕地面積で飼料を増産する方法として有効である。多毛作に取り組むにあたっては、栽培地の環境に適応し、安定的に多収となる飼料作物・品種の組合せや、季節的な作業の集中を緩和できる作業体系の検討が必要になる。そこで、前半では代表的な飼料作物を取り上げ、温暖地、暖地で取り込まれる作付体系を紹介し、後半では多毛作の例として、暖地での2年5作体系や、3毛作について紹介する。

2. 主要な飼料作物の作付体系

1) 飼料用トウモロコシ

飼料用トウモロコシは栄養価が高く、自給飼料の基幹となる作物である。播種適期の目安は平均気温が10℃を越える時期である。温暖地では冬作と組み合わせた2毛作が行われており、温暖地の標準的な体系では前後作との関係から、5月に播種し、9月頃に収穫する。暖地では3月下旬～8月上旬までトウモロコシの播種が可能であり、作付体系は4つに分けられる(図1)。具体的には、3月～4月に播種し、7月～8月に収穫する早播き体系、5月～6月に播種し、8月～9月に収穫する晩播体系、7月～8月に播種し、11月～12月に収穫する夏播き体系、そして早播き体系と夏播き体系を組み合わせた二期作体系である。暖地では作付時期により、気温や発生する病害虫が異なるため、それぞれ特徴の異なる品種が利用されている。例えば、早播き体系では早生～中生品種、晩播体系では中生～晩生品種、夏播き体系では晩生品種が作付されている。さらに、暖地での晩播体系や夏播き体系では、南方さび病やワラビー萎縮症などが発生する場合があるため、これらに抵抗性を持つ品種が利用されている。また、二期作体系では1作目の収穫作業と、2作目の播種作業の時期が重なり、過重な作業負担が発生するため、効率良く作業を行うことが必要になる。この点を解決するため、二期作が普及している熊本県菊池地域では、2作目に不耕起栽培が取り入

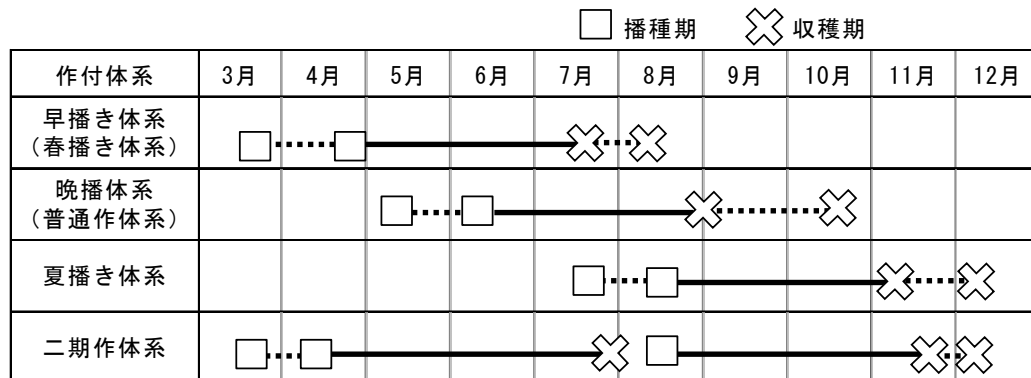


図1. 飼料用トウモロコシの作付体系例

れられている（古閑 2008、加藤 2011）。近年では関東地方でもトウモロコシ二期作が試みられており、品種の検討や栽培適地の判定が行われている（菅野ら 2011、2014）。

2) ソルガム類

国内で利用されているソルガムは 5 つのタイプに分類される。穂重割合が高く、短稈の子実型ソルガム、穂重割合が高く、稈長 2m 前後と中稈の兼用型ソルガム、2.4m 以上の長稈で茎が太く、茎葉収量の高いソルゴー型ソルガム、やや茎が細く、青刈りの他、ロールベールサイレージとしても利用できるスーダン型ソルガム、細茎でロールベールサイレージとして利用されるスーダングラスである（後藤 2007）。ソルガム類の播種適期は平均気温が 15℃を越える時期である（魚住 1998）。また、年間平均気温が 14℃を越える地域では 2 回刈り栽培が可能であり（魚住 1998）、1 番草を糊熟期前後に収穫し、その後、再生する 2 番草を利用する。ソルガム類では様々な早晩性の品種が育成されていることや、出穂前に収穫するスーダングラスなど、作付する品種によって栽培期間は大きく異なる。一般的な 2 回刈り体系では 5 月～6 月を目安に播種し、8 月頃に 1 番草を収穫し、10 月に 2 番草を収穫する（図 2）。また、幅広い播種適期を持つ作物で、1 回刈り利用の場合では、暖地では 8 月中旬まで播種が可能である。収穫にあたっては、収穫期に生じる労働ピークの分散や、乾物率の向上を目的とし、晩秋から冬季にかけて立毛貯蔵が行われる場合もある。立毛貯蔵時に乾物収量は減少していくが（小林ら 1995、加藤ら 2008）、収穫期を 1 ヶ月程度延長しても飼料品質に問題はないことが報告されている（小林ら 1995）。

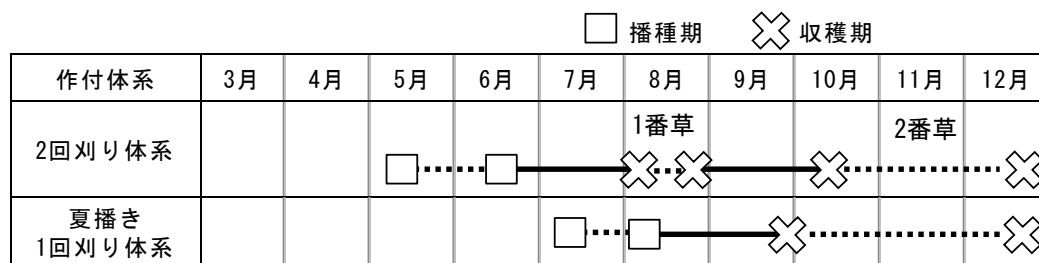


図 2. ソルガムの作付体系例

3) イタリアンライグラス

1 年生の寒地型牧草で、冬作に利用される代表的な牧草である。耐湿性が高く（加藤 2014）、水田での作付面積も多い。生育の下限温度は 5℃と言われており（池田ら 1967）、一般的な冬作では 10 月～11 月にかけて播種し、越冬後、4 月～5 月にかけて、1、2 番草を収穫する体系が中心である（図 3）。前述のトウモロコシ、ソルガム等と組合せ 2 毛作利用される例が多い。暖地では 9 月に播種し、年内に 1 番草を収穫し、翌春に再生草を収穫する体系や、2 月～3 月にかけて播種し、5 月に収穫する春播き体系なども行われている。一般的な冬作体系と比べ、収量はやや低下するが、作期の分散を目的とする場合や、前後作との関係で、通常の冬作体系を行えない場合に、補完する体系として利用されている。

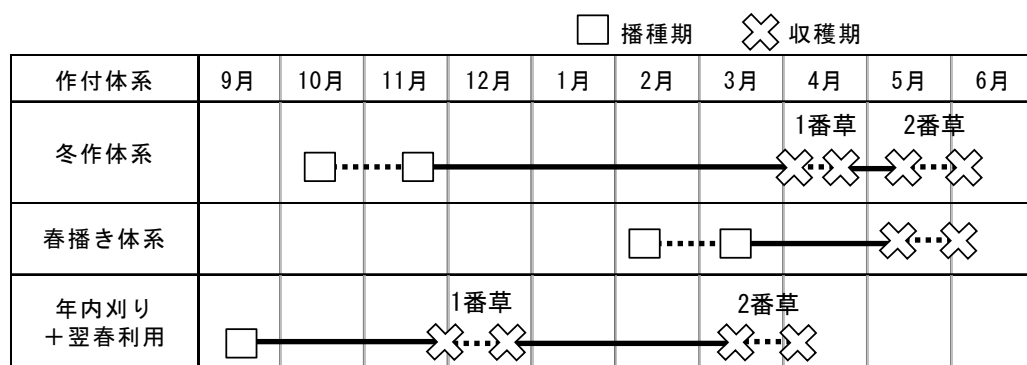


図 3. イタリアンライグラスの作付体系例

4) 飼料用麦類

代表的な飼料用麦類としてエンバク、オオムギ等があげられる。エンバクは生育の下限温度は 4~5℃（星川 1996a）、オオムギは 3~4℃と言われており（星川 1996b）、冬作として利用する場合には、エンバクよりもオオムギの方が春先の生育が早く、早く収穫できる。また、オオムギは登熟が進むとともに水分が低下し、糊熟期以降にはダイレクトカットでも収穫できる（農研機構 2013）。一方でオオムギは酸性土壌では生育が不良になることや、湿害に弱いため、栽培にあたっては土壌 pH の矯正や排水が良好なことが必要になる。これに対し、エンバクはオオムギよりも酸性土壌に対する適応性が高い。また、湿害に対してもオオムギよりもやや強いと言われているが、イタリアンライグラスには及ばないため（加藤ら 2014）、いずれも排水不良の条件では湿害対策が必要になる。エンバク、オオムギとも一般的な冬作では 10月~11月に播種し、越冬後、4月~5月に収穫する体系が中心となっており（図 4）、イタリアンライグラス同様にトウモロコシ、ソルガム等と組合せ 2毛作利用される例が多い。また、8月下旬から 9月に播種し、年内に収穫することを目的に晩夏播き体系や、2月~3月にかけて播種し、5月に収穫する春播き体系などがある。イタリアンライグラスと同様に、一般的な冬作体系と比べ、やや収量が低下するものの、作期分散を目的とする場合や、前後作との関係で、一般的な冬作体系を行えない場合に、補完する体系として利用されている。

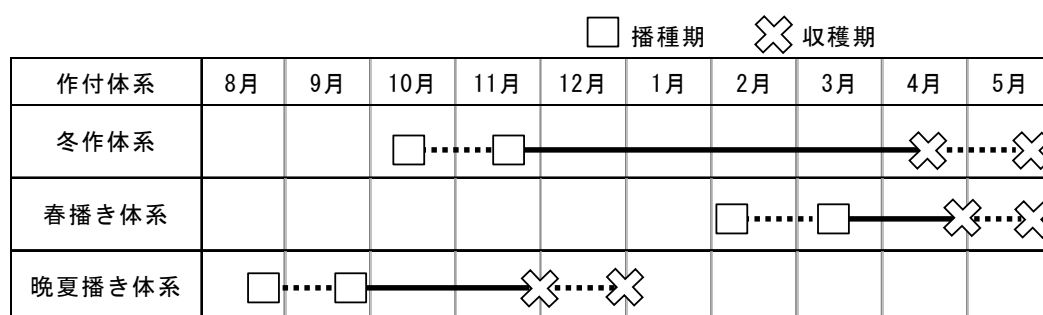


図 4. 飼料用麦類の作付体系例

5) 混播栽培

播種作業の省力化や、収量向上を目的として、複数の作物を混播して作付けする体系も取り組まれており、代表的なものを紹介する。

(1) 飼料用トウモロコシ、ソルガム混播栽培

本作付体系は飼料用トウモロコシ主体とした栄養価の高い1番草を収穫後、ソルガムの再生草を収穫する体系である(図5)。1度の播種で2回収穫できるため、夏季の播種作業の省力化を目的として行われる。年平均気温15℃以上の地域で導入が可能であり(魚住2014)、西南暖地で利用されている。最近では、関東甲信越地域でも積算気温を基にした栽培適地の判定が行われている(菅野ら2015)。播種時期の気温がトウモロコシとソルガムの比率に影響し、播種時の気温が高いとソルガムの比率が高くなる。トウモロコシの比率を高めるためには、トウモロコシの播種適期に入った後、ソルガムの播種適期よりもやや早めに播種を行う。

(2) イタリアンライグラス、飼料用麦類混播栽培

イタリアンライグラスと飼料用麦類の混播栽培は、イタリアンライグラス年内刈り+翌春利用の体系に導入されることが多く、飼料用麦類と混播することで、年内草の収量高め、翌春の再生草も確保する作付体系である(図5)。この他、イタリアンライグラスの倒伏防止を目的として飼料用麦類と混播栽培する例も見られる。

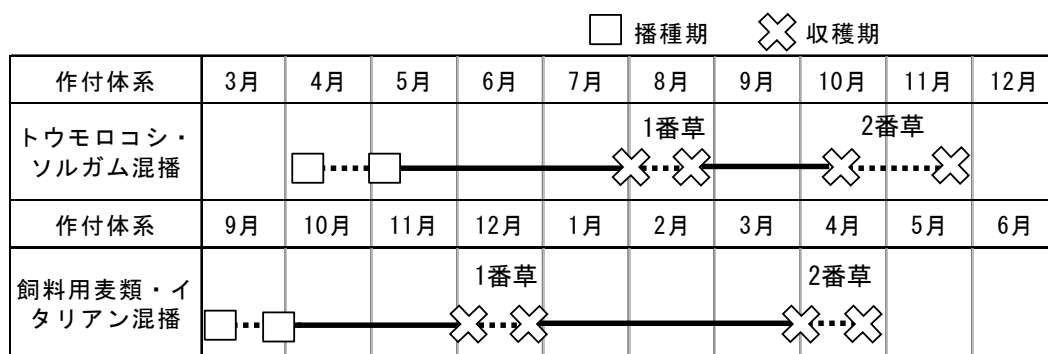


図5. 混播栽培の作付体系例

6) 作付体系の組み立てについて

ここまでは、主要な飼料作物の作付体系を紹介した。圃場を周年利用するあたっては、単に多収となる組合せを設定するのではなく、気象条件も考慮し、過度な作業負担を避け、安定して持続的に栽培できる作付体系を選択することが重要である。特に、新たに多毛作に取り組むにあたっては、作付回数増加に伴う、作業負担の増加が課題となりやすいため、簡易耕や不耕起栽培のような省力的な栽培技術の導入もあわせて検討していくことが望ましい。後半は九州での多毛作の取り組みについて紹介する。

3. 暖地での多毛作の取り組み

1) 飼料用トウモロコシを中心とした2年5作体系

暖地では、栄養価の高い飼料生産体系として、飼料用トウモロコシ—イタリアンライグラス2毛作の他、トウモロコシを2回作付けする二期作などが普及している。しかし、大面積に作付けする場合、作付体系が単一の場合には、播種や収穫などの作業競合が生じることや、台風などの気象災害が発生した際には被害が大きくなりやすい。そこで、作業分散や、気象災害等の影響を緩和し、かつ栄養価の高い飼料作物を生産することを目的として、図6の様にトウモロコシ二期作、イタリアンライグラス、トウモロコシ晩播、飼料用麦類等の晩夏播きを組み合わせ、圃場を周年利用する2年5作体系の開発に取り組んだ。2年5作体系では、圃場の管理を2つに分け、1年目と2年目の作付を同時に行い、作期を分散できる。当センターでの試験（熊本県合志市）では、2年間のTDN収量が慣行の2毛作と比べて約22%、トウモロコシ二期作と比べて約6%向上した（図7）。また、本作付体系をもとに行った現地試験では、2年間のTDN収量が九州北部では慣行の2毛作と比べて約33%向上した（図8）。また、原田ら（2013）が九州南部で行った2年5作体系の試験では、トウモロコシ二期作と比べて2年5作体系では、TDN収量が約10%向上すると報告している（図9）。

2年5作体系	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
1年目：トウモロコシ二期作—イタリアン冬作				□	—	—	—	×	□	—	×	□
2年目：イタリアン冬作—トウモロコシ晩播—飼料用麦類晩夏播き	□	—	—	×	×	×	□	—	×	□	—	×

図6. 飼料用トウモロコシを中心とした2年5作体系の例

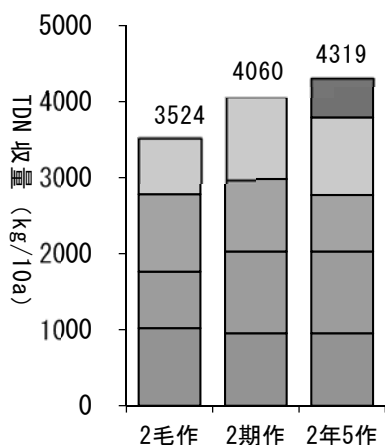


図7. 九州沖縄農研センター圃場（熊本県合志市）での各作付体系のTDN収量の比較（2年間）（加藤ら2013）

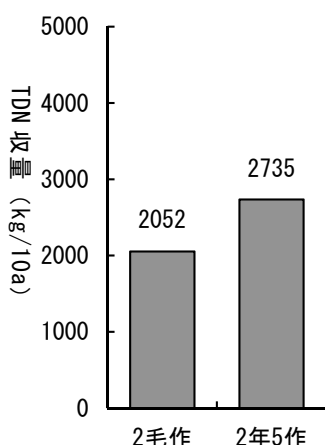


図8. 九州北部（大分県豊後高田市）での各作付体系のTDN収量の比較（2年5作は2年間、2毛作は1年間の値を2倍した）

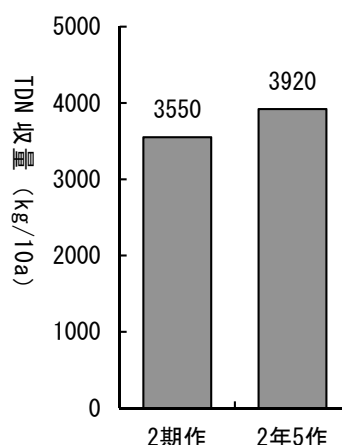


図9. 九州南部での各作付体系のTDN収量の比較（2年間）（原田ら2013）

2) 不耕起栽培を利用した3毛作体系

当センターでは2014年より、年間乾物収量の向上を目的とした3毛作体系の現地実証試験を、鹿児島県大隅地域の繁殖牛向けの大規模飼料生産組織（以下、協力組織）と行っている。協力組織の飼料畑での慣行の作付体系はスーダングラス－イタリアンライグラスの2毛作であった。しかし、気象条件から、当地域では3毛作などの多収体系の導入が可能と考えられた。そこで、スーダングラスを収穫した後、冬期にイタリアンライグラスを播種するまでの間を利用し、エンバクの晩夏播き栽培を取り入れたスーダングラス－エンバク－イタリアンライグラスの3毛作体系を提案した（図10）。しかし、協力組織では飼料畑作の他、カンショ収穫後の圃場を利用したエンバクの晩夏播き栽培、飼料用イネを中心とした水田飼料作等、複数の作付体系を並行して行っており、作業負担の軽減のため、作付体系の見直しには省力化が必須であった。そこで、スーダングラス、エンバクの作付は不耕起栽培とし、播種作業を省力化した（図11）。その結果、不耕起栽培の導入により、播種作業時間は慣行の42%に減少した。1作当たりの播種から収穫までの作業時間を平均すると、慣行の1.27h/10aに対し、3毛作では1.03h/10aと、慣行体系と比べ19%の省力化ができ、3毛作体系の導入が可能になった。年間の実乾物収量は慣行の2毛作体系の989kg/10aに対し、3毛作体系では1363kg/10aとなり、38%増収した。作付回数の増加に伴う作業量の増加を、省力栽培技術によって軽減し、作付体系の見直しが可能になった事例の1つである。

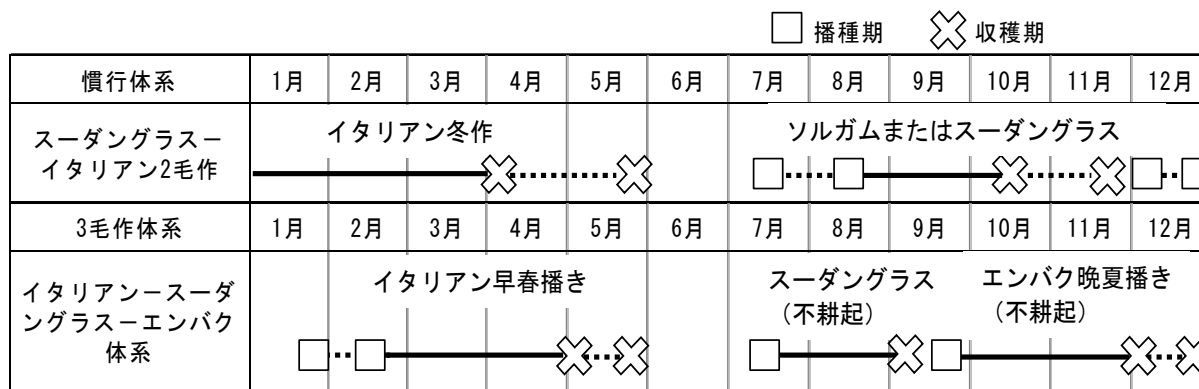


図10. 慣行の2毛作体系と新たに導入したスーダングラス－エンバク－イタリアンライグラス3毛作体系
スーダングラス、エンバクの作付時には不耕起栽培を導入。



図11. 不耕起播種作業の様子と不耕起栽培したスーダングラス、エンバクの苗立ち
(左：不耕起播種機、中：スーダングラス、右：エンバク)

4. おわりに

近年では気温が上昇傾向にあり、暖地以外でも飼料用トウモロコシ二期作が取り組まれるなど、温暖化に対応した作付体系の見直しが全国的に行われている。作付体系の見直しにあたっては不耕起栽培や簡易耕等の省力技術を導入し、作業負担を軽減していくことが必要であり、今後の技術開発が望まれる。また、様々な早晩性や、新しい特徴を持つ品種が育成されており、飼料生産の安定多収化に向けて、積極的に情報を入手し、利用していくことが必要と考えられる。

5. 謝辞

本研究の一部は農研機構生研センター「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」の支援を受けて行った。

6. 参考文献

- 後藤 (2007) 2) ソルガム. グラス&シード 21 : 16-18
- 原田 (2013) 九州南部における飼料用トウモロコシを基幹とした 2 年 5 作栽培体系. 平成 24 年度研究成果情報. http://www.naro.affrc.go.jp/karc/prefectural_results/tikusou/048573.html
- 星川 (1996a) 第 7 章エンバク. 新編食用作物. pp. 291-306. 養賢堂. 東京.
- 星川 (1996b) 第 5 章オオムギ. 新編食用作物. pp. 251-277. 養賢堂. 東京.
- 池田ら (1967) 水田裏作のイタリアンライグラスに対する豆科牧草混播に関する研究. 第 3 報 イタリアンライグラスとコモンベッチ混播の収量性と有効積算温度との関係について. 日本作物学会紀事 36 : 55-62.
- 菅野ら (2011) 関東北部のサイレージ用トウモロコシ (*Zea mays* L.) 二期作栽培における乾物収量および乾物率. 日本草地学会誌 57 : 43-46.
- 菅野ら (2014) 関東地域におけるトウモロコシ (*Zea mays* L.) 二期作適地の近年の状況と今後の変化予測. 日本草地学会誌 60 : 161-166.
- 菅野ら (2015) ソルガム類を活用した多収作付体系の関東甲信越地域における導入適地. 日本草地学会誌 61 : 202-207
- 加藤ら (2008) スイートソルガムの立毛貯蔵時における乾物収量および茎部糖含量の推移. 日本作物学会紀事 77 (別 1) : 262-263
- 加藤 (2011) 九州での飼料用トウモロコシ不耕起栽培技術の紹介. 日本草地学会誌 57 : 172-175
- 加藤ら (2013) 飼料用トウモロコシを基幹作物とした九州北部向け飼料輪作、2年5作体系. 平成24年度研究成果情報. http://www.naro.affrc.go.jp/karc/prefectural_results/tikusou/048573.html

- 加藤ら (2014) イタリアンライグラス(*Lolium multiflorum*), オオムギ(*Hordeum vulgare*)およびエンバク(*Avena sativa*)における耐湿性の生育時期別比較. 日本暖地畜産学会報 57 : 97-103
- 小林ら (1995) ソルゴー型ソルガムの品種と播種期を組み合わせた計画的栽培法. 日本草地学会九州支部会報 25 : 29-33
- 古閑 (2008) 熊本県におけるコントラクター. 日本草地学会九州支部会報 38 : 11-14
- 農研機構 (2013) 3 ダイレクト収穫による飼料用麦類の発酵品質を確保するための収穫適期. ダイレクト収穫体系による飼料用稲麦二毛作技術マニュアル<2013年度版>. 36-44. 農業・食品産業技術総合研究機構, つくば.
- 魚住 (1998) ソルガム類栽培の基礎. 農業技術体系 畜産編 7 飼料作物編. pp. 73-84. 農山漁村文化協会, 東京.

不耕起対応トウモロコシ高速播種機の改良と現地試験事例

農研機構 農業技術革新工学研究センター

総合機械化研究領域 松尾守展

1. はじめに

近年、世界的な異常気象や新興国での需要急増等により飼料や穀物の国際相場は変動が大きく、輸入飼料への依存度が高いわが国の畜産経営は不安定になりやすい。このような状況の中で経営リスクを軽減するには、飼料自給率の向上を図ることが重要となる。また、飼料の中でも青刈りトウモロコシ（以下、トウモロコシ）は、牧草類と比較して TDN 収量が高く生産拡大の意義は大きい。

トウモロコシ栽培に要する作業時間のうち、約 4 割が耕うん整地および播種作業に費やされる（農林水産省 2016）。また、都府県で多い二毛作体系や暖地の二期作体系等では前作の収穫時期とトウモロコシの播種適期は重なる場合が多く、作業が集中して適期播種が困難になる。このため、播種床造成・播種作業の省力化を図ることで、限られた播種適期内に可能な作業面積の拡大が促され、飼料増産につながると考えられる。

播種を高速化する手法の 1 つに、播種床造成にかかる耕うん整地作業の全てまたは一部を省略する不耕起播種・簡易耕播種があり、高い省力性がわかっている（森田ら 2009, 平久保ら 2010 など）。ただし、これまで不耕起に対応できる播種機は海外製の大型機しかなく、狭小な圃場が分散する都府県では農道の走行や圃場への進入が困難でメリットを出しにくかった。また、既存の播種機を改造して不耕起圃場へ応用する取組（加藤ら 2007 など）もあるが、作業速度が遅いことや、農家の自己責任で部品の加工・改良・組付を行なう必要がある等の課題があった。

そこで、農研機構・革新工学センター（開発開始時：生研センター）では、狭小な圃場でも能率的な不耕起播種が可能なトウモロコシ播種機を農機メーカーと共同開発するとともに、圃場で播種試験を行ない精度および高速性を確認した。その後、改良を加え実用化するとともに現地試験に取り組んでいる。ここでは、不耕起対応トウモロコシ播種機（以下、開発機）の概要、および現地試験等の取組状況や開発機の改良点等を紹介する。

2. 開発機の概要

開発のねらいは、狭小かつ分散した府県の飼料畑で能率的かつ高精度な播種を実現することである。当初設定した開発目標を以下に示す。

- (1) 30 馬力 (22kW) 級の小型トラクタでの作業に対応する
- (2) 不耕起圃場での作溝を可能とする
- (3) 2 m/s の作業速度で 1 粒率 98% の繰出精度を実現する

開発機は、不耕起圃場に対応可能な作溝・鎮圧機構、高速に種子を 1 粒ずつ分離・放出する

種子繰出機構，圃場の凹凸にユニットを追従させる平行リンク機構からなる（図1，表1）。

作溝・鎮圧機構は，自由回転するディスクコルタ（以下，コルタ），コルタに接する溝拡幅部，鎮圧輪，および種子誘導スリット（以下，スリット）で構成される（図2）。コルタ枚数を1枚にするとともに溝拡幅部の爪をコルタへ近接させ，軽量な開発機でも不耕起圃場での作溝や圃場表面の残渣の切断が容易になるよう配慮した。種子繰出部は，分離プレートと放出プレート，仕切り板および外枠からなる（図3）。種子の分離機能と放出機能を2枚のプレートに役割分担させているのが特長で，大きさの異なる種子に対しても，分離プレートを交換することで1粒ずつ繰出可能である（橘 2013，橘ら 2014）。種子繰出機構は接地輪駆動式で，配線損傷の影響を受けにくく電源も不要である。試作機を不耕起圃場試験に供した結果，作業速度 2.0m/s で作溝可能なこと，2.0m/s での作業において1粒率は 98%以上になることが確認できた（横澤ら 2014）。



図1 実用化された開発機の外観（イタリアンライグラス収穫跡での不耕起播種作業）

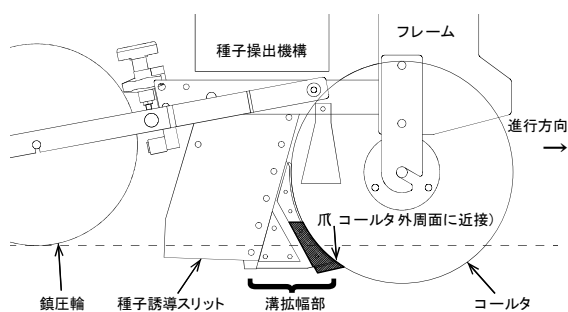


図2 作溝・鎮圧機構の概略

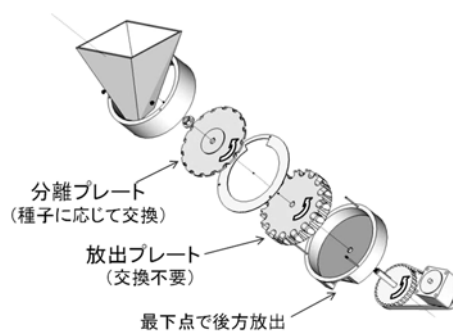


図3 種子繰出機構の概略

表1 開発機の主要諸元（2条仕様）

播種条数	2
全長×全幅×全高 (mm)	1450×1550×850
質量 (kg)	300
目皿の回転駆動	接地輪駆動式
条間調節範囲(cm)	60～80（無段階）
株間設定範囲(cm)	14～23.5 (6段階・スプロケット交換による)
種子ホッパ容量	15L（1条あたり）

3. 開発機の現地試験と開発機の改良

1) 開発機の現地試験

魚住（2011）や平久保ら（2011）はトウモロコシ不耕起栽培では耕起栽培と同等の収量性があると報告しているが、森田ら（2011・2012）は、二毛作体系における不耕起栽培では前作の残根や不十分な碎土等の影響で播種精度・苗立率が低下すると報告しており、国内でも不耕起栽培への評価は一定ではない。そこで、開発機の適応性を確認するとともに普及を図るため、また開発機のさらなる改良課題を抽出するため現地試験を行なっている。また、トウモロコシの収量は苗立率と密接な関係にあることから、開発機で苗立率を確保しやすい開発機の設定の目安を検討することとした。

これまで開発機でトウモロコシを不耕起播種試験した結果、前作がイタリアンライグラスおよびオーチャードグラスの場合、苗立率は低くばらつきも大きかった。一方で、前作がトウモロコシの場合は苗立率が高かった。また、4 cm より深く播種することで苗立率は向上し、ばらつきも少なくなった（表2）。

表2 開発機で不耕起播種したトウモロコシの苗立率

前作	播種深さ	苗立率(%)
トウモロコシ	4cm 以上	91.4±5.9
	4cm 未満	84.8±13.4
イタリアン・オーチャード	4cm 以上	83.0±12.8
	4cm 未満	72.3±15.4

現地試験の結果、播種深さが3 cm 程度より浅い場合には苗立率の低下が認められるが、播種深さを3 cm 以上、より好ましくは4 cm 以上の深さにすることで慣行の耕うん整地圃場と同程度の苗立率が得られた（横石ら 2016）。また、トウモロコシ跡の二期作目に不耕起播種したトウモロコシの苗立率・収量は高かったが、冬作牧草跡に不耕起播種したトウモロコシの苗立率・収量は低かった（横石・白田 2014, 高脇・臼坂 2015 など）。一方で、イタリアンライグラス跡でも作業速度を遅くすることで苗立率・収量を高めることができた（折原ら 2014）。

これらの現地試験結果から、前作残渣や残根の少ないトウモロコシ収穫跡へは、播種深さが4 cm より深くなるよう開発機を調整することで比較的容易に適用できると考えられる。一方でイタリアンライグラス等の収穫跡では、残渣や残根の影響により十分な深さまで作溝できない場合があるので、開発機の播種深さを深めに調整しても播種溝が浅い場合には作業速度を落とす、またはディスクハローやロータリーで浅く耕うんする等の対応が必要と考えられた。

なお、粘質土壌での不耕起栽培では発芽障害が発生しやすいとの指摘（魚住 2011, 加藤 2011 など）がある。開発機においても、粘質土では土壌硬度が高く苗立率の低下および垂直方向への根の伸張抑制による収量低下が見られたことから（山形ら 2016）、開発機での不耕起播種は粘質土では避けることが望ましいと考えられる。

ちなみに、耕うん整地圃場においても開発機の適用性を確認したところ、通常栽培と同等の収量が得られ（福井・武内 2013）、播種精度は慣行の空気加圧式播種機と同等であったことか

ら（横澤ら 2014），神奈川県等では 1 作目を耕うん整地して，二期作目を不耕起で播種する二期作体系としても開発機が活用され始めた（折原ら 2014）。なお，作業の都度，開発機の調整・確認に留意する必要があるのは不耕起圃場と同様である。

これまで現地で得られた開発機の圃場作業量は，概ね 30-80a/h の間にあった（図 4）。石が多く速度を落とした圃場や変形圃場，面積が 10a に満たない狭い圃場でも，2 条の慣行播種機における標準的な作業能率 5.2h/ha（圃場作業量に換算すると約 0.2ha/h，農林水産省 2008）を上回っている。全ての圃場で開発機による不耕起播種が可能ではないが，条件の良い圃場では不耕起で，それ以外の圃場は慣行ないし簡易耕で作業することで，適期内に播種できる面積の拡大が期待できる。

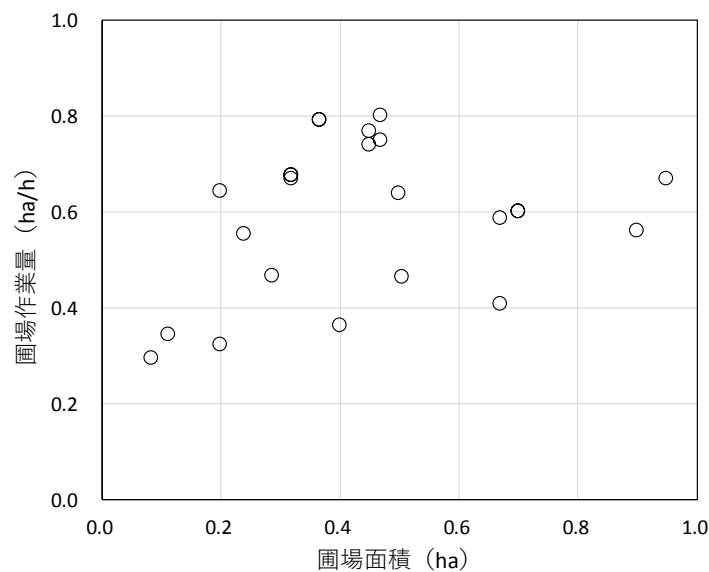


図 4 現地における開発機の圃場作業量

2) 開発機の改良

開発機を現地圃場で供試したところ，①スリット内へ土が進入し種子の経路が塞がれる，②前作収穫跡の残渣や土がコールタへ過度に付着して作溝性能が低下する，等の課題が発生する場合があったため，以下の改良を加えた。

種子誘導スリット内に土が詰まると種子が排出されず欠株区間となってしまうため，放出された種子が確実に播種溝へ投入されるよう，スリット内へ進入した土などを排出するクリーニング機構（以下，スリットクリーナー）を開発した。スリットクリーナーは，ばね線材と回転軸により構成され種子誘導スリット後部に装着できる。旋回時などトラクタにより開発機が持ち上げられた際，また開発機が接地・前進した際に種子誘導スリット内側に詰まった土を掻き出す機能を有している（図 5）。

コールタには圃場表面を切削する役割があるが，作業中にはコールタ側面に土塊や残渣等が付着する。コールタへの付着量が増える過ぎるとコールタの回転が停止することがあり作溝性能が低下する。そこで，コールタから土塊等をそぎ落とすスクレーパの強度（板厚と幅）を増し，機能および耐久性を高めた。なお，スクレーパがコールタへ十分に近接しているかについ

ても、作業の都度確認・調整することが望ましい。

当初の試作機は2条仕様のみであったが、生産者のニーズとして条数の追加や施肥ユニットへの要望が高いこと（松尾・橋 2015）から、播種ユニット増設による4条仕様（全幅 3200mm）や同時施肥およびソルガム等の混播ユニットの装着を可能にした。これら追加装備は近日中に市販予定で、さらなる改良についてもメーカーを中心に検討されている。

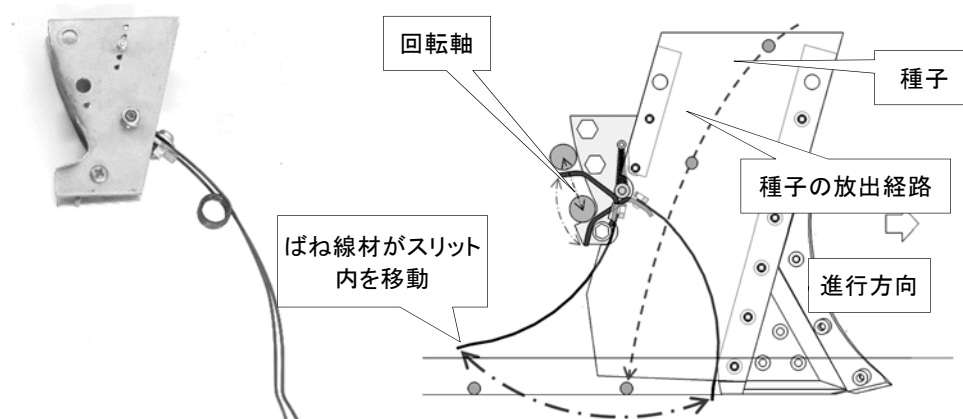


図5 スリットクリーナーの外観および装着部位

4. おわりに

不耕起圃場に対応できる播種機をメーカーと共同で実用化し、これまでの試験において播種深さを深めに設定すべき点や留意すべきポイント等が示唆されつつある。ただし、不耕起栽培は条件によって結果が大きく異なることがあり、各地の条件に応じて適切な栽培技術が検討される必要がある。今後は、このような試験事例をきっかけに、各地で不耕起栽培の導入・検討が広まることを期待する。

開発機の現地試験には、岩手県・秋田県・群馬県・神奈川県・徳島県・愛媛県等の協力を得た。共同開発メーカーであるアグリテクノ矢崎をはじめとする、関係各位に記して深謝する。

[参考文献]

- 1) 福井弘之・武内徹郎 (2013) 不耕起対応トウモロコシ播種機を用いた栽培試験—イタリアアンライグラス跡不耕起栽培【第一報】—。徳島畜研報 12. 50-52
- 2) 平久保友美・増田隆晴・多田和幸・魚住順・佐野宏明 (2010) 飼料用トウモロコシ栽培における牽引式不耕起播種機の作業性。日草誌 56(別). 152
- 3) 平久保友美・魚住順・川畑茂樹・雑賀優・佐野宏明 (2011) 東北地域北部における連続不耕起栽培が飼料用トウモロコシの収量に与える影響。日草誌 57. 73-79
- 4) 加藤直樹・佐藤健次・服部育男・植村克宏・久保田哲史 (2007) 改良播種機を用いたトウモロコシ不耕起栽培。日草九支部報 36(2)37(1)合併号. 27-29
- 5) 加藤直樹 (2011) 九州における飼料用トウモロコシ不耕起栽培技術の紹介。日草誌 57(3). 172-175

- 6) 松尾守展・橋保宏 (2015) 飼料用トウモロコシの不耕起播種および栽培に関する生産者へのアンケート調査. 農業環境工学関連 5 学会 2015 年合同大会. 28
- 7) 森田聡一郎・菅野勉・黒川俊二・佐藤節郎 (2009) トウモロコシ不耕起播種作業における費用の試算. 日草誌 55(別). 98
- 8) 森田聡一郎・中尾誠司・菅野勉・黒川俊二・佐藤節郎・吉村義則 (2011) 冬作草種とその刈高および残根がトリプルディスク方式により不耕起播種されたトウモロコシ (*Zea mays* L.) の播種精度と初期生育に与える影響. 日草誌 57. 136-141
- 9) 森田聡一郎・中尾誠司・菅野勉・黒川俊二・佐藤節郎・吉村義則 (2012) トウモロコシ (*Zea mays* L.) の不耕起播種栽培における土壌物理性が播種精度および初期生育に及ぼす影響. 日草誌 57. 190-196
- 10) 農林水産省 (2008): 高性能農業機械等の試験研究, 実用化の促進及び導入に関する基本方針 (平成 20 年 5 月 16 日告示) 参考資料—利用規模の下限・圃場作業量
- 11) 農林水産省 (2016) 平成 26 年度畜産物生産費. 94-95
- 12) 折原健太郎・齋藤直美・秋山清・坂上信忠 (2014) 新開発トウモロコシ不耕起播種機の性能実証試験. (1) 新開発トウモロコシ不耕起播種機の性能実証試験. 平成 25 年度試験成績書. 神奈川県畜産技術センター, 海老名, 35-36
- 13) 橋保宏 (2013) 高速作業が可能なトウモロコシ不耕起播種機の開発. 農機誌 75 (3). 128-129
- 14) 橋保宏・川出哲生・志藤博克・平田晃 (2014) 不耕起対応トウモロコシ高速播種機の開発. 2. 高速高精度種子繰出装置の性能. 日草誌 60. 206-212
- 15) 高脇美南・臼坂伸二 (2015) 飼料用トウモロコシ二期作体系における不耕起播種栽培方法の評価. 愛媛畜研セ研報 3. 17-22
- 16) 魚住順 (2011) 不耕起栽培の概略と東北地域への導入適性. 日草誌 57(3). 156-161
- 17) 山形広輔・松尾守展・橋保宏・尾張利行・藤原哲雄 (2016) 不耕起対応高速播種機を用いた異なる圃場条件での飼料用トウモロコシ不耕起栽培技術について. 東北畜産学会報 66(2). 31
- 18) 横石和也・白田英樹 (2014) 不耕起対応トウモロコシ播種機を用いた栽培試験—イタリアンライグラス跡およびトウモロコシ跡における不耕起栽培【第二報】—. 徳島畜研報 13. 42-45
- 19) 横石和也・馬木康隆・福井弘之・松尾守展・橋保宏 (2016) 前作および土壌水分が飼料用トウモロコシの不耕起栽培における播種深度と苗立率に与える影響. 日本暖地畜産学会報 59(1). 9-15
- 20) 横澤将美・宇敷真子・佐藤拓実 (2014) 不耕起対応トウモロコシ播種機を使った飼料作物播種の汎用利用と低コスト生産の検討. 群馬畜試研報 21. 69-78

最近の飼料作物の栄養評価に関する研究の動向

農研機構 畜産研究部門

永西 修

1. はじめに

飼料作物の飼料成分や栄養価は、品種、生育時期、施肥、気象条件、調製・加工法などによって大きく変動する。一方で、牛への粗飼料給与では栄養素の供給に加えて、物理性の確保が重要である。輸入飼料価格の高騰を背景に、自給飼料生産への取組みが加速しており、従来の牧草や飼料作物生産に加えて、飼料用イネやイアーコーンなどの国産濃厚飼料生産が注目されている。牛が必要とする栄養量を過不足なく給与することは飼料費の節減に結びつくほか、生産性の向上や健康に飼育する上でも重要な意味を持つ。また、家畜排せつ物の低減といった環境負荷面への貢献が期待できる。そのため、事前に飼料特性を正確に把握し、それに基づく飼料設計を行うことが牛を合理的に飼養するために不可欠である。一方、牛の栄養管理技術の進展により分析項目が増えるとともに、新たな分析機器が開発されている。本稿では、飼料作物を対象に最近の栄養評価法に関する研究成果を紹介する。

2. 炭水化物

飼料の炭水化物画分を図1に示した。炭水化物は非繊維性炭水化物 (NFC) と繊維性炭水化物に大別でき、牛にとっての主要なエネルギー源である。飼料の炭水化物は多くの構成成分からなり、化学的性質や有効性が異なる。一般的に NFC の消化率は中性デタージェント繊維 (NDF) よりも高い。NDF はヘミセルロース、セルロースおよびリグニンからなる。ヘミセルロースとリグニン、セルロースとリグニンの間に化学結合を有し、リグニンの型、炭水化物の種類および結合の位置により牛での利用性は異なる。有機酸は正確には炭水化物ではないが、脂質やタンパク質よりも炭水化物と関連性が深いことから NFC に含めている。

細胞内容物			細胞壁構成成分				
非繊維性炭水化物 (NFC)			繊維性炭水化物 (NDF)				
有機酸	単糖・二糖類・多糖類	デンプン	β-グルカン	ペクチン ガラクトース	ヘミセルロース	セルロース	リグニン

図1 飼料の炭水化物画分

1) 中性デタージェント繊維 (NDFom)

飼料作物の主成分は繊維で、NDF 分析は飼料の総繊維含量を測定する方法として広く用

いられている。本来 NDF 分析は粗飼料を対象に考案されたものであるため、濃厚飼料や製造副産物といったデンプンやタンパク質を多く含む飼料ではそれらの除去が不十分で NDF 含量が過大に評価される問題があった。そのため、デンプン除去として耐熱性 α -アミラーゼ、タンパク質除去として亜硫酸ナトリウムの使用が提案されている。なお、亜硫酸ナトリウムを用いたからといって全てのタンパク質が除去できるわけではないことに留意する。

NDF で灰分を含まないものを NDFom、灰分を含むものを NDF と記載し、耐熱性 α -アミラーゼを用いてデンプン除去を実施している場合には、aNDFom と記載する。また、亜硫酸ナトリウム使用の有無についても記載すべきである。

ここでは、耐熱性 α -アミラーゼを用いた NDF 分析法を記載する。基本的な手法は AOAC Official Method 2002.04 に記載されている。ビーカーを用いた分析手順は以下のとおりである。なお、Hiraoka ら (2012) は α -アミラーゼの添加法に関する検討を行なっている。

試薬

中性デタージェント溶液：エチレンジアミン四酢酸二水素ナトリウム・二水和物 18.6g、四ホウ酸ナトリウム・十水和物 6.8g、リン酸水素二ナトリウム 4.6g、n-ドデシル硫酸ナトリウム 30.0g、トリエチレングリコール 10ml に蒸留水を加えて 1L にメスアップする。NDS 溶液の pH は 6.95~7.05 であるか確認し、必要に応じて塩酸または水酸化ナトリウム溶液で pH を調整する。

測定

a) トールビーカーにサンプル 0.5g を量る (W1)。

*亜硫酸ナトリウムを用いる場合は、1 サンプル当たり亜硫酸ナトリウム 0.5g をトールビーカーに量って使用するが、吸湿により固まることから測定する直前に入れるようにする。あるいは中性デタージェント溶液に 1 サンプルあたり 0.5g となるように亜硫酸ナトリウムを溶解して使用する。

*粗脂肪含量が 5%以上含まれるサンプルはアセトンによる脱脂処理を行なう方が良い。10%以上のサンプルは必ず脱脂処理を行なう。ガラスフィルターにアセトン 40ml を入れ、サンプルを攪拌しろ過する。この操作を 2~3 度繰り返す、アセトン臭が無くなるまで風乾したものを ND 溶液でトールビーカーに移す。

b) ND 溶液 50ml を加え、沸騰後 1 時間煮沸する。ビーカー壁にサンプルが付着した場合は最小量の ND 溶液で洗い流すと良い。

*耐熱性 α -アミラーゼの添加法を以下に記載した。

c) 煮沸後、ガラスフィルター (40~60 μ m) をろ過し (軽く吸引しながら)、熱水で十分に洗浄する。

*熱水の取り扱いには十分に注意する。その他の分析でも同様である。

d) アセトンを加え脂質を除去する。通常は 2 回程度行う。

e) 十分にアセトンを飛散させた後、135°C で 2 時間あるいは 105°C で 3 時間乾燥し重量を

測定する (W2)。

f) 500℃に設定したマッフルで 2 時間灰化し、重量を測定する (W3)。

$$\text{NDFom} = (\text{W2} - \text{W3}) / \text{W1} \times 100$$

耐熱性 α -アミラーゼの添加法

耐熱性 α -アミラーゼは、Termamyl 120 (Novozyme 社) を用いる。なお、Sigma-Aldrich 社の耐熱性 α -アミラーゼ A3403 と同一のものである。1unit は pH6.9 で 20℃、3 分間で 1.0mg のマルトースをデンプンから遊離する。耐熱性 α -アミラーゼの添加量については、活性に応じて添加量が異なるため、分析前に添加量をヨウ素反応により決定する必要がある。

耐熱性 α -アミラーゼを蒸留水で 10 倍希釈し、冷蔵庫で保管する。Hiraoka ら (2012) によると、 α -アミラーゼの添加のタイミングは煮沸後直ぐ、1 時間の煮沸が終了する直前の 2 回を推奨している。また、残さは熱水で洗浄するが、デンプンの除去が十分ではない場合には、さらに耐熱性 α -アミラーゼを使用してデンプンの除去を実施する。

ヨウ素反応はヨウ素 1g、ヨウ化カリウム 2g を蒸留水 100ml に溶解し、褐色瓶に入れて保管する。なお、ヨウ素は劇薬であるため取り扱い・保管には注意する。

2) 酸性デタージェント繊維 (ADFom) および酸性デタージェントリグニン (ADL)

基本的な手法は AOAC Official Method 973.18 に記載されている。NDF 同様に灰分を含まない酸性デタージェントを ADFom と記載する。硫酸の取り扱いには十分注意するとともにゴーグル (めがね) や手袋は必ず着用し安全対策を施す。その他の分析も同様である。

試薬

72%硫酸：濃硫酸 1200g を蒸留水 440ml に加え冷却し、比重が 1,634g/L (20℃) となるように水または濃硫酸を加えて比重を調節する。

酸性デタージェント溶液 (AD 溶液)：臭化セチルトリメチルアンモニウム 20 g を 0.5 モル硫酸 1L に溶解する。0.5 モル硫酸は、98%濃硫酸を 18 モルとすると、蒸留水：98%硫酸を容積比で 35：1 に混合して作成する。

測定

酸性デタージェント繊維 (ADFom)

a) ガラスフィルター (40~60 μ m) の重量を量る (W1)。通風乾燥機を用い 105℃で 3 時間以上乾燥させる。

b) トールビーカーにサンプル約 1g を量る (W2)。

c) AD 溶液 100ml を加え、煮沸台で 1 時間煮沸する。

d) 煮沸後ガラスフィルターでろ過し (軽く吸引しながら)、熱水で十分に洗浄する。

e) アセトンを加え脂質を除去する。通常は 2 回程度行う。

f) 十分にアセトンを飛散させた後、135℃で 2 時間あるいは 105℃で 3 時間乾燥し重量を測定する (W3)。

酸性デタージェントリグニン

a) ガラスフィルターを 50ml 容のビーカーに入れる。

- b) 72%硫酸をサンプル全体が浸るまで入れる。72%硫酸の温度は15℃にする。
- c) 1時間ごとにサンプルを緩やかにかき混ぜる。72%硫酸の温度は20～23℃の範囲にあることが望ましい。
- d) ビーカーの底に溜まった硫酸を（スポイトなどで）ガラスフィルター内に戻す。
- e) 3時間経過後、熱水でサンプルを十分に洗浄する。硫酸が残っているかをリトマス試験紙などで確認すると良い。
- f) 100℃に設定した通風乾燥機で1時間乾燥させ、重量を測定する（W4）。
- g) 500℃に設定したマッフルで2時間灰化し、重量を測定する（W5）。

$$ADF_{om} = 100 \times (W3 - W5) / W2$$

$$ADL = 100 \times (W4 - W5) / W2$$

$$ADF \text{ 中の灰分} = 100 \times (W5 - W1)$$

3) デンプン

デンプンの測定は煮沸水中で80%エタノールにより低分子の糖を除去し、デンプンの抽出や加水分解を行なう前に糊化、可溶化を行なう必要がある。その中で、デンプン分析では酵素による不完全な溶解性や可触性が重要な課題である。デンプン分析法はAOAC920.40に記載されていたが、アミログルコシダーゼのRhozyme Sの販売が中止されたため、新たな分析法の開発が必要となっていた。そのため、McClearyら(1994)やHall(2015)らの飼料デンプン含量の測定法（AOAC Official Method 2014.10）が開発された。

分析サンプルは0.5～1.0mmのスクリーンを通過、カッティングミルの場合は0.5mmのスクリーンが通過できるよう粉碎する。デンプン含量の測定では、その処理過程で分析サンプルが酵素（α-アミラーゼ、アミログルコシターゼ）処理を受ける必要がある。一般分析では1mmのスクリーンを通過できるように粉碎をするが、デンプンの測定では不十分な酵素処理とならないよう0.5mmのスクリーンを通過できる粒度への粉碎が必要と思われる。

デンプンの簡易測定キット（Megazyme Total starch kit）が販売されている。詳細は添付のマニュアル（Assays per Kit）を参考にしたいが、分析操作の概要は図2のとおりである。

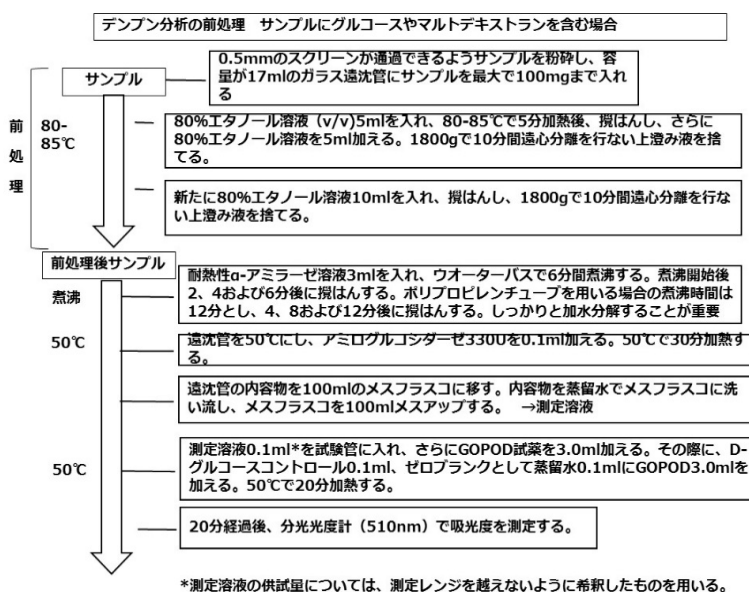


図 2. デンプン分析の手順（一例）

3. タンパク質（窒素）

飼料の窒素含量の測定法としては、ケルダール法 (Kjeldahl) と燃焼法 (Dumas) がある。燃焼法でのサンプル量は 20～500mg と少ないことから、サンプルを細かく粉砕し測定によるバラツキを小さくするほか、消耗品の交換頻度を抑えるために乾燥したサンプルを用いることが望ましい。燃焼法で測定した窒素含量はケルダール法より若干高い。これは燃焼法では硫酸で分解が困難な硝酸や有機化合物を含むからである (Lakin 1978; Petterson ら 1999)。また、Strong and Duarte (1992) は簡易かつ迅速なタンパク質測定法としてビューレット法を提案している

飼料の窒素画分を図 3 に示した。第一胃内での溶解性や分解性にに基づきいくつかに分画できる。酸性デタージェント不溶窒素は結合性窒素とも呼ばれ、第一胃微生物の利用性が低い。

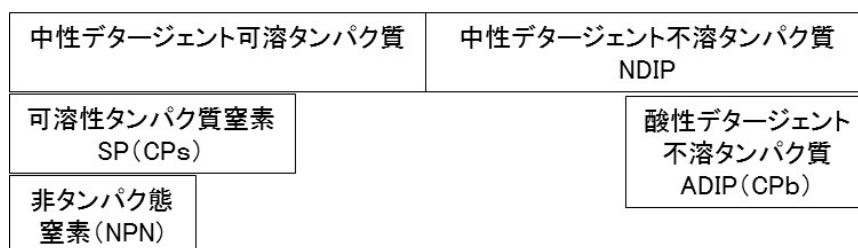


図 3 飼料の窒素画分

1) 中性デタージェント不溶タンパク質および酸性デタージェント不溶窒素タンパク質

NDFom および ADFom を測定したあとの残さの窒素含量を求める。ガラスフィルターで NDFom や ADFom を測定した場合は、ガラスろ過板に付着した残さを回収する。また、ろ紙やフィルターバックを用いて NDFom や ADFom を測定した場合は、ろ紙ごとあるいはフィルターバックごとケルダールチューブに入れケルダール法で窒素含量を測定する。その際には、ブランクとして空のフィルターバックを用いる。また、燃焼式窒素測定装置 (NC レコーダー) で窒素含量を測定する場合は、残さの一部を NC レコーダーにセットし窒素含量を測定する。その際には残さの水分含量を求め、乾物当たりの含量に補正する必要がある。

2) 可溶性タンパク質（溶解性タンパク質） Krishnamoorthy ら (1982)

リン酸ホウ酸緩衝液 (pH6.8) を調整する。サンプル 0.5g を 50ml 容の容器に量り、緩衝液 50ml を加えて 1 時間 38℃ で攪はんする。攪はん後にろ紙でろ過し、最初の洗浄は緩衝液で行ない、続いて蒸留水で洗浄する。残さの窒素含量を測定する。

リン酸 2 水素ナトリウム・1 水和物 12.2g と四ホウ酸ナトリウム・10 水和物 8.91g を蒸留水 1L に溶解する。

タンパク質の溶解性は pH との関係性を調べた報告 (De Jonge ら 2009) によると、pH の低い緩衝液 (pH5.0) を使った場合にはほとんどの飼料で低下することが知られている。

3) 非タンパク態窒素

トリクロロ酢酸を蒸留水 1L に 400g 溶解したトリクロロ酢酸溶液を作成する。トリクロ

ロ酢酸溶液 2ml を溶解性タンパク質の測定に用いたろ液（例えば 25ml）に加え攪はんして 10 分間放置する。3000g で 10 分間（20℃）遠心分離を行ない沈殿物の窒素含量を測定する。溶解性窒素から沈殿に含まれる窒素を引き算したものが非タンパク態窒素含量である。

残さの窒素含量 - 沈殿の窒素含量 = 非タンパク態窒素含量
残さの窒素含量 = (ろ液の量 (ml) / 50ml) × 沈殿の窒素含量 (%) / サンプル重量(g) × 100

4. 飼料の物理性

乳牛では飼料摂取量 (Clark and Davis 1980)、咀嚼行動(Bailey and Balch 1961)、乳脂肪(Van Soest 1963)、ルーメン発酵(Carruthers ら(1997)を正常に保つために物理性が求められる。繊維の物理性を評価するための多くの試みが行われてきた。eNDF (effective NDF) の概念は適正な乳脂肪生産が維持するための粗飼料の全般的な能力である。また、peNDF (physical effective NDF) は、咀嚼行動などを起こす物理的な繊維の特性に基づく指標である。Mertens(1997)は乳牛の第一胃内の平均 pH を 6 とするためには、乾物 1kg 当たり 220g の peNDF、少なくとも乳脂肪が 3.4%を維持するためには 200g の peNDF が必要であるとしている。牛を用いた飼料の物理性の測定は労力や時間がかかるため、日常的な測定法にするには困難である。そのため Lammers ら(1996)は粗飼料の粒度分布をスクリーン (19mm、8mm、1.18mm) で篩い分けするパーティクルセパレーター (PSPS、ペンシルバニア大学) を考案した (2002 モデル)。その後、2013 年モデルでは 4mm のスクリーンが追加され現在に至っている。スクリーンのサイズでルーメンマットの形成や咀嚼、消化性などに違いがある。また、Paul and Mika(1981)や De Boeve ら(1993)は、飼料の物理性として粉碎抵抗力を反すうや咀嚼と見なした粗飼料の構造的な特性に基づく指標を提案している。このほか、第一胃内での粗飼料の分解の程度や速度を測定する方法として、ポリエステルバックやガス培養試験による方法が提案されている。

1) 粉碎抵抗力

乾燥サンプル 200g を約 5cm に細切するために必要な電気量を測定する。さらに、乾燥粗飼料 100 g を 5mm のスクリーンが通過できるように粉碎するための電気量を測定する。電気量の測定に用いた細切機や粉碎機のメーカーが記載されている。

2) 保水力 (Ramansin ら 1994)

乾燥サンプル 5g を予め重量を測定した 50ml の遠沈管に量る。少量の蒸留水を乾燥サンプルに加え、2000g で 10 分間遠心分離を行なう。上澄み液を捨てた後に遠沈管の重量を量る。

$$((\text{遠沈管の重量} + \text{沈殿物}) - (\text{遠沈管の重量} + 5)) \div 5$$

5. 飼料の第一胃内分解率の測定

1) ポリエステルバックによる第一胃分解性の測定

Dohme らの方法 ポリエステルバックを同時にフィステルに投入

ポリエステルバック（10×20cm、53 μ m）に乾燥した粗飼料（4mmのスクリーンが通過できるよう粉碎したもの）を乾物で5g入れる。また、フィステル牛には粗飼料を主体とした飼料を朝夕方の2回に分けて給与し、飼料への馴致を行う。全てのポリエステルバックを第一胃内へ投入する前に39℃の流水に15分間浸ける。これは、第一胃内に投入した際に生じる飼料分解のラグタイムを抑えるためである。第一胃内への投入時間は0（非投入）、3、6、12、24、48および96時間とし、ポリエステルバックを取り出した後は直ぐに氷水に5分間浸け、その後は流水で十分に洗浄する。洗浄後にポリエステルバックを60℃で48時間乾燥し計量する。各時間当たりのポリエステルバックの反復は3以上とする。

Yuらの方法 ポリエステルバックを同時に取り出し

ポリエステルバック（10×20cm、53 μ m）に乾燥した粗飼料（27.8mg/cm²）となるように量る。ポリエステルバックの培養時間は2、4、8、12、24、48および72時間で、取り出しは一斉に行い、取り出し時間から第一胃内に投入する時間を逆算する。ポリエステルバックを第一胃内から取り出し後、冷水で洗浄し微生物の活性を止め、手で洗浄を行なう。第一胃に投入しない0時間のポリエステルバックも同様の処理を行なう。洗浄後、55℃で24時間乾燥し重量を測定する。ポリエステルバック内の残さを1mmのスクリーンが通過できるよう粉碎し、有機物やCPの分析に用いる。

$$\text{有機物：残さの(\%)} = C + (100 - A - C) \times e^{-Kd \times (t - T_0)}$$

$$\text{粗タンパク質：残さの(\%)} = C + (100 - A - C) \times e^{-Kd \times t}$$

粗タンパク質ではラグタイム(T₀)を0として計算する(Orskov and McDonald 1979)

$$\text{第一胃内で分解するCPの割合(RDP\%)} = A + (B \times Kd) / (Kd + Kp)$$

なお、K_pは4%/hを用いる(Tammingaら1994)

$$\text{第一胃内で分解する有機物の割合(ROMD\%)} = A + (B \times Kd) / (Kd + Kp)$$

同様に粗飼料でもK_pを4%/hとして求める。

6. ガス培養試験法

インビトロ法による飼料の分解率の測定は飼料の栄養的価値を測定する方法として使われている。ガス培養試験法はMenkeら(1979)によって提案され、100mlの注射筒にサンプルを0.2g入れ、人工培養液50mlを加えて39℃の恒温器内で培養し、ガスの発生量の推移注射筒の目盛りを読んで調べるものである。近年では、注射筒を使わずに培養瓶を用い、圧力計でガス発生量を求める方法が提案されている(Coneら1996)。Muetzelら(2014)はMcDougall緩衝液とMould緩衝液で培養液の短鎖脂肪酸濃度を測定しており、McDougall緩衝液を用いた場合に、吉草酸、カプロン酸、イソ酪酸、イソ吉草酸の割合が高いことを報告している(Muetzelら2014)。

Muetzel(2014)の緩衝液

リン酸二水素カリウム (KH₂PO₄) : 6.0mM (0.816g/L)、リン酸水素二ナトリウム (Na₂HPO₄) : 9.6mM (1.363g/L)、塩化マグネシウム (MgCl₂) : 0.5mM (0.048g/L)、炭酸水

素ナトリウム (NaHCO_3) : 64.5mM (5.417g/L)、炭酸水素アンモニウム (NH_4HCO_3) : 17.8mM (1.407g/L)、これらの緩衝液を 2.5L に二酸化炭素を用いて嫌気性を保ち、水酸化ナトリウム (NaOH) : 2.5mM (0.1g/L)、L-シスチン塩酸塩 2.5mM (0.439g/L) を加える。

7. 脂肪酸

乳や畜産物は必須脂肪酸やビタミンの供給源として重要である。一般に乳中の飽和脂肪酸は 70~75% で、第一胃内微生物の水素添加により高い割合を示す。また、生乳では 1 価の不飽和脂肪酸が 20~25%、多価不飽和脂肪酸は 5% である。育種改良あるいは栄養管理による脂肪含量や脂肪酸組成の制御は酪農業にとっても感心が高い。多くの総説において乳脂肪酸組成は生草やサイレージの給与により変化することが示されている。ドライアイス、 -20°C での凍結および 4°C での保存したサンプルの脂肪酸組成は予乾サンプルより、C16:0 が高いとの報告があり (Arvidsson ら 2009)、分析サンプルの調整は留意する必要がある。また、予乾やサイレージなどの調製法と乳中脂肪酸組成との関係に関する総説がある (Dewhurst ら 2006)。また、脂肪酸組成の測定は、サンプルから総脂質を抽出し、誘導体化により脂肪酸メチルとしガスクロマトグラフで分析する。脂肪酸組成の分析法については、多くの文献があるのでそれらを参考にしてほしい。

8. 微量ミネラル

健康促進のための栄養素を供給する新たな乳製品としての期待がある。乳には主要あるいは微量栄養素が含まれ、250ml 摂取することで成人が一日に必要な量を補うことができる。そのため、乳および乳製品に含まれる栄養素をヒトの要求量に従い強化する検討が行なわれている。乳成分を操作する手法としては第一胃内微生物、遺伝および飼料給与面での対応がある。特に乳中のセレン、ヨウ素、鉄、コバルト、葉酸およびカルシウム濃度を高めることが望ましいと考えられている (Knowles ら 2006)。乳への移行可能な程度は、動物の栄養状態、処理、乳腺組織での乳への移行能などにより影響を受けるが、銅、マンガン、亜鉛は採食量による影響が大きい。一方、セレンやヨウ素は消化管の細胞膜を透過し易いことが知られている。飼料への添加による乳への移行の応答性は、セレン~ヨウ素 > 亜鉛~銅 > カルシウム~鉄 > マンガンと考えられている (Knowles ら 2006)。微量ミネラルの強化は牛乳の差別化の一方策と考えられるかも知れない。

9. おわりに

本稿では飼料作物を中心に栄養評価に関する分析法を記載した。牛の飼料設計の基礎となる栄養成分の分析に加えて、ルーメン性状の安定や家畜の健康に繋がる機能成分など分析が果たす役割は多様で拡大すると考えられる。飼料作物の高度利用を図るためには、含有する機能成分などを検出し、それを最大活用できる給与技術の開発が求められる。そのためには、分析分野と家畜飼養分野との更なる連携強化が必要である。

引用文献

- Arvidsson K. Gustavsson A.-M. Martomsspm K. (2009) Fatty acids in forage: A comparison of different pre-treatments prior to analysis. *Anim. Feed Sci. Technol.* 151:143-152.
- Bailey C.B. and Balch C.C. (1961) The effect of absorption on the acidity of rumen contents. 2. Composition and rate of secretion of mixed saliva in cow during rest. *Br. J. Nutr.* 15:383-402.
- Carruthers V.R. Neil P.G. Dalley D.E. (1997) Effect of altering the non-structural: structural carbohydrate ratio in a pasture diet on milk production and ruminal metabolites in cows in early and late lactation. *Anim. Sci.* 64:393-402.
- Clark J.H. and Davis C.L. (1980) Some aspects of feeding high producing dairy cows. *J. Dairy Sci.* 63:873-885.
- De Boeve J.L. De Smet A. De Brabamder D.L. Boucque C.V. (1993) Evaluation of physical structure. 1. Grass silage. *J. Dairy Sci.* 76:140-153.
- De Jonge L.H. Spek J.W. Van Laar H. Dijkstra J. (2009) Effects of pH, temperature and osmolality on the level and composition of soluble N feedstuffs for ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 153:249-262.
- Dewhurst R.J. SAingfield K.J. Lee M.R.F. Scollan N.D. (2006) Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131:168-206.
- Dohme F. Graf C.M. Arrigo Y. Wyss U. Kreuzer M. (2007) Effect of botanical characteristics, growth stage and method of conservation on factors related to the physical structure of forage – An attempt towards a better understanding of the effectiveness of fibre in ruminants. *Anim. Feed Sci. Technol.* 138:205-227.
- Hall M.B. (2015) Determination of dietary starch in animal feeds and pet food by an enzymatic-colorimetric method: collaborative study. *J. AOAC Int.* 98:397-409.
- Hiraoka H. Fukunaka R. Ishikuro E. Enishi O. Goto T. (2012) Improvement and validation of the method to determine neutral detergent fiber in feed. *Anim. Sci. J.* 83:690-695.
- Knowles S.O. Grace N.D. Knight T.W. McNabb W.C. Lee J. (2006) Reason and means for manipulating the micronutrient composition of milk from grazing dairy cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 131:154-167.
- Krishnamoorthy U.V. Muscato T.V. Sniffen C.J. Van Soest P.J. (1982) Nitrogen fractions in selected feedstuffs. *J. Dairy Sci.* 65:217-225.
- Lakin, A.L. (1978) Determination of nitrogen and estimation of protein in foods. In R.D. King, ed. *Developments in Food Analysis Techniques*. Applied Science Publishers, London. Vol 1, pp. 43-74.
- Lammers B.P. Buchmaster D.R. Heinchs A.J. (1996) A simple method for the analysis of particle

- sizes of forage and total mixed rations. *J. Dairy Sci.* 79:922-928.
- McCleary B.V. Gibson T.S. Solah V. Mugford D.C. (1994) Total starch measurement in cereal products: Interlaboratory evaluation of a rapid enzymic test procedure. *Cereal Chem.* 71:501-505.
- Megazyme (2011) Total starch assay procedure.
- Menke A. Raab L. Salewski, A. Steingass H. Fritz D. Schneider W. (1979). The estimation of the digestibility and metabolizable energy content of ruminant feeding stuffs from the gas production when they are incubated with rumen liquor *in vitro*. *J. Agric. Sci.* 93: 217–222.
- Mould F.L. Morgan R., Kliem K.E. Krystallidou E. (2005) A review and simplification of the *in vitro* incubation medium. *Anim. Feed Sci. Technol.* 123:155–172.
- Mertens D.R. (1997) Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:1463-1481.
- Orskov E.R. and McDonald I (1979) Estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *J. Agric. Sci. (Camb.)* 92:499-503.
- Paul C. and Mika V. (1981) Measurements of milling resistance in roughages. II. Relationships between milling resistance and forage quality parameters. *Landbauforsch. Volkenrode* 31:163-169.
- Petterson, D.S. Harris, D.J. Rayner, C.J. Blakeney, A.B. and Choct, M. (1999) Methods for the analysis of premium livestock grains. *Aust. J. Agri. Res.* 50: 775–787.
- Ramanzin M. Bailoni L. Bittante G. (1994) Solubility, water-holding capacity, and gravity of different concentrates. *J. Dairy Sci.* 77:774-781.
- Strong, F.C. III and Duarte, A.M.A. (1992) A room-temperature, rapid method for the determination of protein in wheat and other grains by the biuret reaction. *Cereal Chem.* 69: 659–664.
- Tamminga S. Van Straalen, W.M. Subnel A.P.J. Meijer R.M.G. Steg A. Wever C.J.G. Blok M.C. (1994) The Dutch protein evaluation system: the DVE/OEB system. *Livest. Prod. Sci.* 40: 139–155.
- Van Soest P.J. (1963) Ruminant of fat metabolism with particular reference to factors affecting low milk fat and feed efficiency. *J. Dairy Sci.* 46:204-216.
- Yu P.A. Egan R. Leury B.J. (1999) *In sacco* evaluation of rumen protein degradation characteristics and *in vitro* enzyme digestibility of dry roasted whole lupin seeds (*lupines albus*.) *Asian-Aus. J. Anim. Sci.* 12:358-365.

高糖分 WCS 用稲品種向け添加剤「畜草 2 号」の開発

農研機構 畜産研究部門 飼養管理技術研究領域

遠野雅徳

1. はじめに

わが国の畜産における輸入飼料への依存度は極めて高い。実に、エネルギーベースで7割以上の飼料が輸入されていることから、不安定な国際飼料相場や市場供給量に影響を受けやすく、生産現場における安定的・経済的・持続的な国産自給飼料の確保が課題となっている。飼料自給率向上と遊休水田利用を目指す「水田利用型酪農」のコンセプトにおいて、稲発酵粗飼料（稲 WCS）や飼料用米サイレージの利用拡大は、我が国の風土・環境の強みを活かしつつ、生産者の経営強化に貢献するものである。

近年、高糖分・高消化性飼料用稲品種（たちすずか、たちあやか及びつきすずか）が育成され、西日本のみならず関東や東北地方にも更なる普及が期待されている。耐倒伏性・極短穂型・高糖分・高消化性・高嗜好性・高収量・刈り遅れによる品質低下を生じにくい等の優れた特長により（Matsushita et al., 2011; 河野 2011; 河野ら 2014; 画期的 WCS 用稲「たちすずか」の特性を活かした低コスト微細断収穫調製・給与マニュアル）、耕種農家と畜産農家両サイドからのニーズが高まっている。（一社）日本草地畜産種子協会による H29 年播種用の飼料用稲種子予約販売量（生産計画の3分の2数量）によれば、たちすずか（38.0 トン）は夢あおば（58.0 トン）に継ぐ第2位の販売予定量である

（<http://souchi.lin.gr.jp/seed/8.php>）。H29 年より、たちあやか（14.0 トン）の提供が同協会より始まることから、高糖分・高消化性飼料用稲品種の著しい普及の加速が見て取れる。

高糖分・高消化性飼料用稲品種や新たな栽培・収穫技術を最大限活用した後、得られた生産物のエネルギー・栄養価を維持・保存する重要工程が「発酵」である。新たな特性を有する高糖分・高消化性飼料用稲品種には、従来の飼料用稲品種とは異なる新たな発酵戦術が必要であると考えられる。本稿では、高糖分・高消化性飼料用稲 WCS の発酵や開封後の品質維持・向上において、強力なツールとなる新規乳酸菌 IWT192 株を紹介する。稲 WCS が家畜に給与され高消化される、まさにその瞬間にまで貢献することが期待できる本乳酸菌株の重要性を提案し、次世代の飼料用稲に新たな乳酸菌を添加する利点を述べたい。

2. 乳酸菌添加剤は発酵飼料調製技術の1つの要素

飼料調製作業における最重要ミッションは、得られた飼料生産物のエネルギー・栄養価を可能な限り損失させずに、家畜のエネルギーや栄養素として活かすことである（McDonald et al., 1991; Bolsen et al., 1996; Schroeder 2004; Muck 2010）。端的に言えば、グルコース等の糖분을乳酸・酢酸等の有機酸に変換してエネルギーを維持し、腐敗によるタンパク質等の栄養素の損失を防ぐことである。サイレージ調製は、1)収穫時期、2)水分、3)糖分、4)細断、5)密封貯蔵、6)発酵促進、7)開封後の品質制御、の各要素の最適

化を担う技術の総和により成立するものと言える。近年、これらに加えて、草地（圃場）植生維持や適切な施肥作業がなされない場合に、サイレージ品質が悪化することが明らかとなってきた（北村, 2016）。本知見は、耕畜連携による良質な堆肥等の散布や良好な圃場環境の重要性がサイレージ発酵品質にまで波及することを示唆するものである。

以上のことから、圃場管理や収穫適期を見極める生産者の技術・手腕・経験の重要性は勿論のこと、高糖分・高消化性飼料用稲 WCS 調製に対応する画期的な微細断収穫・調製技術や（高橋 2016）、以下に紹介する新規乳酸菌 IWT192 株による乳酸菌添加技術等の組み合わせの中で、高糖分・高消化性飼料用稲品種の特長を最大限に活かすサイレージ調製が大切であると考えられる。

3. 「高糖分飼料作物」にこそ添加剤が必要ではないかというコンセプト

～中長期貯蔵後のサイレージ開封直後に、最終的な pH 低下が認められればそれでよいのか？～

3-1. 従来飼料用稲品種に付着する乳酸菌数は少なく糖含量も少ない

一般的に糖含量の少ない従来の飼料用稲品種は、上述のサイレージ調製の各要素の最適化はもとより、良質な乳酸発酵を迅速に誘導するために乳酸菌添加剤が必要であるとされている（蔡ら 2003; Tohno et al., 2012）。これは、飼料用稲に本来付着する乳酸菌数が、好気性細菌、大腸菌群および酵母等よりも少なく、本来少ない糖の利用競争において圧倒的に乳酸菌に不利であることが根拠となっている（蔡ら 2003）。

前項において、糖分を有機酸に変換することによりエネルギーを維持することがサイレージ調製の 1 つのポイントであることを述べたが、サイレージ環境の速やかな嫌気化や低 pH 化が極めて重要となる。人間の技術で十分な細断・密封を実施した場合においても、僅かな植物片間の空気層の酸素により、微生物学的な絶対嫌気条件を作り出すことは容易ではない。

仮に乳酸菌無添加で調製した場合、最終的な嫌気化に主に貢献するのは、数で優位である好気性細菌、大腸菌群および酵母等であり、糖分を有機酸に変換しない好氣的代謝により爆発的に増殖する。速やかな嫌気条件が達成されなかった場合、本影響は深刻となり、有機酸が産生されずに糖分だけが単に消失していくことによるエネルギー損失は計り知れない（図 1）。

嫌気状態が達成された後、少数の乳酸菌が利用できる糖分は枯渇しつつある状態であり、十分な乳酸

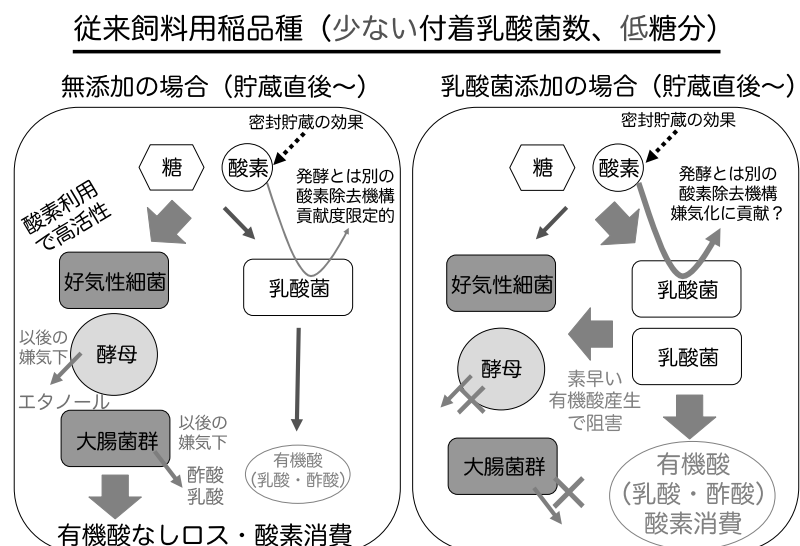


図 1. 飼料用稲に付着する各種微生物の代謝・発酵・酸素消費機構から想定される貯蔵直後の稲 WCS の微生物活動。

～従来飼料用稲 WCS の乳酸菌添加・無添加調製の場合～

や酢酸産生が達成されず、緩慢な発酵プロセスとなる。この時、pH6.5-6.0 程度の期間が長引いた場合、植物由来プロテアーゼ活性が維持されてしまい、サイレージ中のタンパク質の損失に繋がる (Elferink et al., 2000; Schroeder 2004)。大腸菌群も pH4.5 程度まで生存可能な細菌もいることから、緩やかな低 pH 化において生存・増殖有利となり (Driehuis and Elferink 2000)、死滅した後も菌数増加してしまった死菌体由来のリポ多糖 (エンドトキシン) の過剰量摂取リスクを指摘する報告もある (Muck 2010)。大腸菌群の細菌の中には、嫌気条件下で主に酢酸や少量の乳酸産生を行うものも存在するが、産生量は乳酸菌には及ばず、結果的に十分な pH 低下が認められない稲 WCS となると考えられる。所謂、酢酸型サイレージの評価が乏しい真の原因は、この大腸菌等を起源とする酢酸生産メカニズムによるものと想定されており、酢酸以外の何らかの物質が原因となっていると考えられている (Muck 2010)。このことは、絶対ヘテロ発酵形式を示し、乳酸に加えて酢酸を生産する *Lactobacillus buchneri*^{ラクトバチルス ブフネリ} ベースの乳酸菌添加剤において、嗜好性に負の影響を及ぼさないこと (Kleinschmit and Kung 2006; Muck 2010)、乾物当たり 5% 程度の極端な酢酸添加飼料の給与試験においても、1 日当たりの飼料摂取量や生産性に負の影響がないこと (Daniel et al, 2013) からも明らかとされている。さらに、大腸菌群のリスクは、タンパク質を分解して栄養価の損失に関与することであり、分解物のアンモニアは、サイレージ中の pH を上昇させる要素となりうる (Elferink et al., 2000)。嫌気条件下における緩やかな低 pH 化は、一般に酪酸菌と呼ばれるクロストリジアの生存・増殖にも有利となり、サイレージ中のタンパク質分解や酪酸産生に繋がる (Muck 2010)。

仮に、無添加処理による中長期貯蔵により、最終的な pH の低下が見られた場合でも、その発酵過程のスピードが迅速であったかどうかの検証は、エネルギーや栄養素の維持の観点から重要であると考えられる。

一方、乳酸菌添加処理を実施した場合、貯蔵初期の酸素存在下においても、菌数で他の微生物と同等レベルとなる乳酸菌は、糖분을競合的に利用して有機酸に変換することにより、速やかなサイレージの低 pH 化を誘導する。この時、特徴的な酸素消費メカニズムにより (山本 2010)、乳酸菌は上述の好氣的代謝を行う微生物が利用する酸素も競合的に消費できると期待される。この効果は、まさに速やかな嫌気化を達成しつつ低 pH 化にも貢献するものであり、酸素存在下で糖분을消失するだけの好氣的代謝を抑制することができると考えられる。

以上のことを要約すると、「数の少ない乳酸菌を添加して補うことにより、好気性細菌、大腸菌群および酵母等によるエネルギーロスを伴う嫌気化を抑制し、発酵による有機酸生成を通して迅速な低 pH 化に貢献する」ということになる。従来の飼料用稲品種は、一般的に酪酸発酵型になりやすい傾向もあるが、これら諸問題の解決・緩和手段として「畜草 1 号」や「畜草 1 号プラス」が開発されている (稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル第 6 版)。

3-2. 高糖分・高消化性飼料用稲品種に付着する乳酸菌数も少なく好氣的変敗リスクが高い

高糖分・高消化性飼料用稲品種も、従来品種と同様に本来付着する乳酸菌数は少ない。茎葉における高糖分の特長から、発酵に利用される糖分は比較的担保されていると考えられるが、乳酸菌無添加の場

合、少数の付着乳酸菌だけが選択的・優先的に高糖分の恩恵を受けられるとは考えられず、密封保存後の僅かな酸素存在下における好気性細菌、大腸菌群および酵母等による好氣的代謝リスクは、上述の従来品種と同様であると考えられる。それでも、トウモロコシ等と同様に高糖分であるために、貯蔵直後から嫌気条件の確立する時期において、少数の乳酸菌が徐々に増加し、発酵により有機酸を産生して低 pH 化を緩やかに誘導する確率が高いと考えられる (図 2)。

しかしながら、従来品種の場合でも述べた通り、緩慢な発酵プロセスによる望ましくない微生物の繁殖や、エネルギー・栄養素の損失リスクは残っている。

嫌気条件に移行し、緩やかながらも低 pH 環境が確立しつつある間、一般的に高糖分飼料作物において認められる乳酸主体型サイレージにおける最大の微生物リスクは、好氣的変敗を誘導する酵母の増加である。酵母は、有機酸系添加剤による初発 pH の低下時や高糖分飼料作物の発酵飼料中において著しく菌数・活性が高まるとされる (Elferink et al., 2000)。発酵過程においても糖分が残存しているために、酵母は好氣的代謝からアルコール発酵へと生き残り戦術を切り替え、嫌気条件下でも活性を維持する。また、強酸性条件下 (pH3.5 等) においても生存・増殖可能である性質から考えても (Muck 2010)、単純な「嫌気化」や「乳酸による低 pH 化」では制御不能である。

一般に、低 pH 環境においては、乳酸菌等の細菌の活性は低下する。発酵の進展による低 pH 環境が確立した場合、他の細菌の活性が低下しているために、酵母にとっては比較的有利な状況となる。そして、高い菌数を維持した状態でサイレージ開封の時を迎えることとなる。開封・密封トラブル後に酸素が利用できるようになると、糖分を消費する好氣的代謝や、乳酸を消費する代謝によりエネルギーを獲得する (Muck 2010)。開封後の糖分や乳酸の消失は、高糖分・高消化性飼料用稲 WCS の特長とも言える高エネルギーの損失に繋がり、pH 上昇に伴う他の望ましくないカビ等の微生物の繁殖も誘導する。

生産者が好氣的変敗を感知する前に、家畜に給与を行うことも取り組むべき重要な施策と考えられるが、著しい発熱は好氣的変敗の結果として最終感知できるものであり、開封直後から酵母によるエネルギー損失に繋がる代謝活動は着々と進行すると考えられる。高糖分・高消化性飼料用稲 WCS をフレッシュ TMR や発酵 TMR として二次利用する場合にも、調製・給与までに酸素暴露時間が生じ、TMR への酵母の移行も懸念される。さらに、好氣的変敗を誘導する酵母の多量摂取は、ルーメン内の NDF 消化率の悪化に繋がることが報告されており (Santos et al., 2015)、高消化性の特長にも悪影響を与えるリスク要因となると危惧されることから、新規乳酸菌添加剤の開発による根本的な問題解決の必要性が考

高糖分飼料用稲品種 (少ない付着乳酸菌数、高糖分)

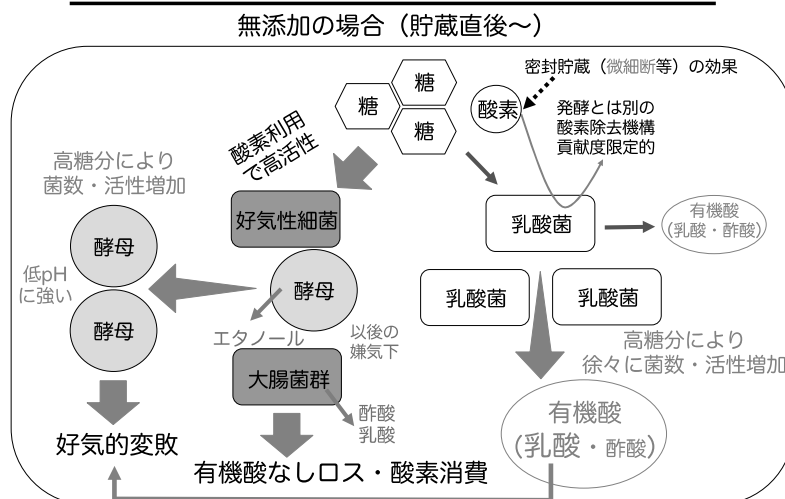


図 2. 飼料用稲に付着する各種微生物の代謝・発酵・酸素消費機構から想定される貯蔵直後の稲 WCS の微生物活動。

～高糖分・高消化性飼料用稲 WCS の乳酸菌無添加調製の場合～

られた。

4. 「畜草 2 号」の目指したゴール～低温増殖能と好気的変敗制御能～

高糖分・高消化性飼料用稲 WCS の優れた特長が、家畜に給与され高消化される、まさにその瞬間まで維持されるためにも、上述の迅速な発酵促進や好気的変敗の制御が必要不可欠である。また、高糖分・高消化性飼料用稲品種である「たちすずか」は、出穂期が極晩生であり、晩秋の比較的気温の低下した時期に収穫・調製し、初冬に発酵ステップを進展せざるを得ないケースもある。

以上の問題の解決に繋がる好気的変敗制御能と低温増殖能をダブルで併せ持つ乳酸菌として、寒冷地において製造された国産自給粗飼料主体

の TMR 抽出液を 4℃条件下で培養した培地より、*Lactobacillus buchneri* IWT192 株を分離・選抜した (図 3)。4℃条件下における本乳酸菌株の培養試験を行った結果、同種異株である *Lactobacillus buchneri* JCM 1115^T 基準株やサイロ SP 株 (旧市販製品サイロ SP 使用株) には認められない低温増殖能を見出した (図 4)。本増殖能は *Lactobacillus plantarum* FG1 株 (畜草 1 号株) においても認められなかった。以上のことから、IWT192 株の低温増殖能は、*Lactobacillus buchneri* 基準株や各種従来市販品使用株には認められない特徴的なものであることが明らかとなった。

IWT192 株の培養により、本菌種の特徴である五炭糖や六炭糖からの乳酸及び酢酸の生成を認めた (データ未公表)。疎水的性質の強い酢酸は、低 pH 条件下では非解離型 (CH_3COOH) となり、1 秒間に 1 万分子以上が微生物の細胞膜を透過する。細胞内は中性 pH に維持されているため、細胞内流入した酢酸は解離型

(CH_3COO^-) となる。この時、遊離した水素イオン (H^+) による細胞内 pH 低下により、微生物の成育阻害が誘導される (松下 2012)。乳酸は低 pH 条件下では既に解離型であるため、酢酸のような生育阻害効果は得られないものの、IWT192 株の発酵による有機酸産物には酢酸が含まれることから、高い好気的変敗制御能が期待された。

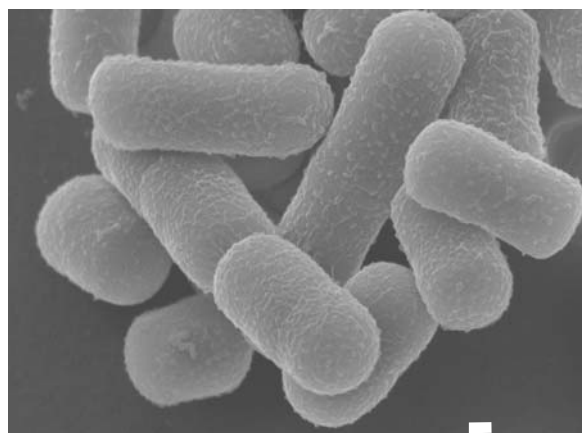


図 3. 新規乳酸菌 IWT 192 株の走査型電子顕微鏡写真。スケールバーは 100 nm を示す。

Lactobacillus buchneri

IWT192 株を分離・選抜した (図

Lactobacillus buchneri

3)。4℃条件下における本乳酸菌株の培養試験を行った結果、同種異株である *Lactobacillus buchneri* JCM 1115^T 基準株やサイロ SP 株 (旧市販製品サイロ SP 使用株) には認められない低温増殖能を見出した (図 4)。本増殖能は *Lactobacillus plantarum* FG1 株 (畜草 1 号株) においても認められなかった。以上のことから、IWT192 株の低温増殖能は、*Lactobacillus buchneri* 基準株や各種従来市販品使用株には認められない特徴的なものであることが明らかとなった。

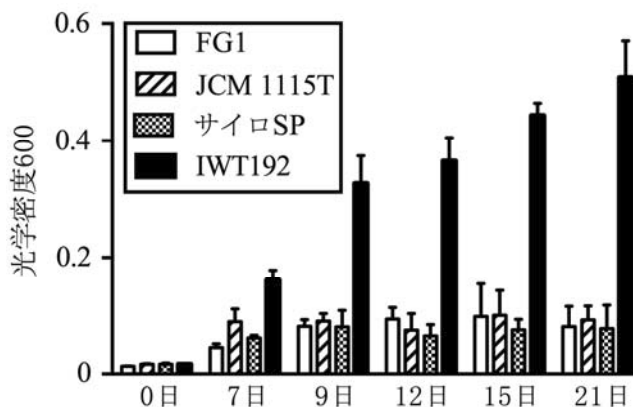


図 4. *Lactobacillus plantarum* FG1 株 (畜草 1 号株)、*Lactobacillus buchneri* JCM 1115^T 株 (基準株)、サイロ SP 株 (旧市販製品サイロ SP 使用株) 及び IWT192 株の 4℃条件下の de Man, Rogosa and Sharpe 培地における増殖。すべての菌株を 4℃で 7、9、12、15 及び 21 日間培養した。光学密度 600 を測定することにより菌体の増殖を評価した。

さらに、^{ラクトバチルス ブフネリ}*Lactobacillus buchneri* JCM 1115^T 基準株、サイロ SP 株、IWT192 株の比較ゲノム解析の結果、JCM 1115^T 基準株やサイロ SP 株のゲノム上には認められない特徴的なオルソログ遺伝子（同一祖先遺伝子）が数多く存在することが明らかとなった（データ未公表）。以上の事実は、^{ラクトバチルス ブフネリ}*Lactobacillus buchneri* 同種内であっても、異なる菌株レベルで極めて高い多様性が存在することを示唆するものであり、IWT192 株でのみ認められる低温増殖能や好気的変敗制御能等の有益表現型を司る特有遺伝子の存在が期待された。

5. 「高糖分・高消化性飼料用稲 WCS」「同 WCS を二次活用したフレッシュ TMR」「飼料用米サイレージ」調製への「畜草 2 号」の活用

高糖分・高消化性飼料用稲の代表格である「たちすずか」WCS への IWT192 株添加調製により、無添加調製よりも 1) 冬場の発酵スピードの改善効果、2) 春以降のカビ発生・廃棄率の低減効果が顕著に認められた（河野 2016）。以上の事実は、IWT192 株の上述の有益機能により、極晩生の「たちすずか」WCS をカビの発生を低減しつつ良質に調製し、通年給与することが可能であることを意味する。また、「たちすずか」WCS の優れた特長を活用し、和牛肥育牛用としてβ-カロテン含量を低下させた冬場の WCS 調製・給与技術（画期的 WCS 用稲「たちすずか」の特性を活かした低コスト微細断収穫調製・給与マニュアル）の基盤ともなるものである。

前項において、高糖分・高消化性飼料用稲 WCS における開封・密封トラブル後の高い好気的変敗リスクを指摘したが、従来品種よりも極短穂系品種において、開封後の好気的変敗発生程度（早い発熱開始時間や高い発熱温度）が深刻であるとの生産現場の声が実際に多く認められた（河野 2016）。IWT192 株添加により、ロールベールサイロのみならずバンカーサイロにおいても開封後の顕著な品温上昇が抑制され、酵母数低減等の高い好気的変敗制御能が実証された（河野 2016）。また、関東地域で栽培・調製された「たちすずか」「つきすずか」WCS についても、同様の品質改善効果が認められた（データ未掲載）。以上の効果は、小規模農家等におけるロールベール開封後の健全で良好な発酵飼料消費に貢献するものであり、高糖分・高エネルギーの特長を発酵後にも堅持するものである。また、好気的変敗の原因となる一部の酵母による NDF 消化率の悪化例が報告されていることから（Santos et al., 2015）、好気的変敗を感知する前に給与完了する大規模農家等においても、高消化性の「たちすずか」WCS の消化率悪化を回避するコンセプトにおいて、酵母数を低減できる IWT192 株に着目する意義は大きいと考えられる。まさに、IWT192 株の有効利用により、生産農家の規模の大小や好気的変敗の感知の有無を問わず、家畜に給与され高消化される局面まで高糖分・高消化性飼料用稲 WCS の特長を最大限に活かせることが期待できる。

さらに驚くべきことに、IWT192 株を添加した「たちすずか」WCS ロールベールをフレッシュ TMR として二次活用した場合にも、高い好気的変敗制御効果は維持され、フレッシュ TMR の品温上昇を顕著に抑制することが明らかとなった（河野 2016）。本結果は、大規模化や高齢化が進行している現在の養牛農家をサポートする TMR センターにおいて、IWT192 株添加高糖分・高消化性飼料用稲 WCS の更なる有効活用を期待できる成果である。

IWT192 株の低温増殖能や好気的変敗制御能の有用性は、冬期貯蔵期間を含む飼料用米サイレージ調製・貯蔵試験においても認められている。飼料用米「べこごのみ」粳米を既報の最適な飼料用米サイレージ調製条件（加水・破碎・乳酸菌添加等）（井上ら 2012; Inoue et al., 2013a; 2013b）に従って、実規模フレコンバックにてサイレージ調製した。貯蔵後に開封し、開封後の IWT192 株の好気的変敗制御能を検討した結果、IWT192 株添加区では、開封直後から開封後 8 日目までのすべて調査期間において良好な発酵品質を示しただけでなく（データ未掲載）、開封後の品温上昇を抑制することが明らかとなった（図 5）。IWT192 株を用いた好気的変敗防止技術により、飼料用米サイレージ開封後の安定性が向上するため、給与期間中の変敗抑制による飼料廃棄率・エネルギーロス低減に貢献できる。また、一度に梱包貯蔵する量を増加できることによる貯蔵コスト削減にも寄与できると考えられる。

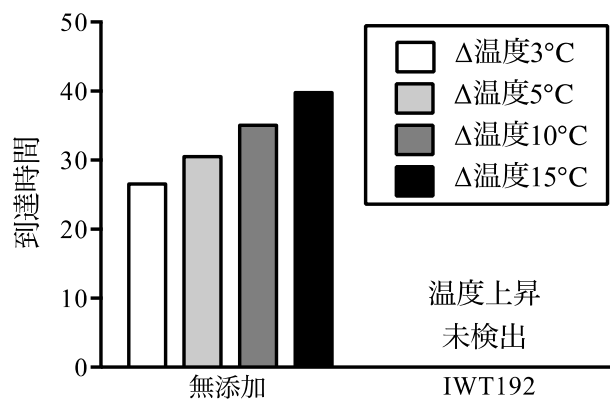


図 5. 飼料用米サイレージ開封後の各 Δ 温度上昇に至るまでの到達時間。開封直後から開封後 8 日まで品温を計測した。Δ 温度（サイレージ温度－環境温度（約 21°C））。

6. おわりに

IWT192 株は高い生存活性を維持した粉末状の製剤として最適化され、雪印種苗株式会社より「畜草 2 号」として実用化・市販化されている。また、従来の「畜草 1 号プラス」も主に従来品種向けとして有効活用が可能である。畜草 1 号株が主に行うと考えられるホモ発酵形式も、IWT192 株が行うヘテロ発酵形式も、飼料材料を発酵飼料に調製した際の理論上のエネルギー維持率はほぼ 100% である（Kung L Jr., 1998）。稲 WCS に有用な各種乳酸菌添加剤を活用して、迅速に嫌気化と低 pH 化を促進することにより、良質で高いエネルギー・栄養価が保存されたサイレージ調製が可能であると思われる。

微生物株の生存活性維持の観点において、培養液や培養物の「生」の状態での微生物株を長期保存（流通）させることは極めて困難である。また、単一微生物を純粋培養することは、高い技術力・設備力・経験値が求められ、1905 年にノーベル賞を受賞したドイツの細菌学者ロベルト・コッホから脈々と続く技術の集大成とも言える。微生物株を高い生存活性を維持した状態で安定的に長期保存（流通）させるために、乾燥保存法や凍結保存法（-80°C 以下）が一般的に用いられている。農業生産現場を考慮した場合、直射日光や高温多湿を避けるだけで比較的簡単に保管・使用可能な粉末サイレージ用添加剤は、製造上高い培養・乾燥技術やコストが必要不可欠なものの、ユーザーにおいて高度な微生物培養技術や設備力・労働力を確保する必要がなく、生産農家の規模の大小を問わず誰でも比較的簡便に活用できると考えられる。

「水田利用型酪農」の核心とも言える稲 WCS や飼料用米サイレージ等の国産自給飼料の更なる利用促進に向けて、「畜草 2 号」が発揮する稲 WCS 開封前後の優れた品質維持・向上効果により、多くの生

産現場において良質な国産自給飼料の確保や経営体強化に繋がることが期待される。

7. 謝辞

本稿で紹介した研究内容は、農研機構畜産研究部門、広島県立総合技術研究所畜産技術センター（主に河野幸雄氏および福馬敬紘氏）および雪印種苗株式会社（主に北村亨氏および本間満氏）との共同研究により得られた。乳酸菌の収集・分離は、増田隆晴上席専門研究員（岩手県農業研究センター）の協力を得て行った。関東地域における「たちすずか」「つきすずか」WCSの調製・評価は、篠原正明氏（埼玉県本庄農林振興センター）、大宅秀史氏および渡辺喜正氏（埼玉県農業技術研究センター）の協力を得て行った。IWT192株を含む乳酸菌のゲノム解析は、谷澤靖洋氏および有田正規教授（国立遺伝学研究所）の協力を得て行った。IWT192株の電子顕微鏡解析は、小林勝氏（農研機構動物衛生研究部門）の協力を得て行った。飼料用米サイレージ調製試験は、井上秀彦氏、川出哲生氏および宮地慎氏（農研機構畜産研究部門）と共同で実施された。畜草2号の応用研究に関する助言を野中和久氏（農研機構畜産研究部門）並びに浦川修司氏（農研機構 [現山形大学農学部附属やまがたフィールドセンター教授]）より頂いた。ここに深甚なる感謝の意を表す。本研究の一部は、農研機構運営費交付金およびJSPS科研費により実施された。

引用文献

- Matsushita K. et al., (2011) 'Tachisuzuka', a new rice cultivar with high straw yield and high sugar content for whole-crop silage use. *Breeding Sci.*, 61: 86-92
- 河野幸雄, (2011) 極短穂性飼料イネ品種「たちすずか」と摘穂処理した普通品種イネの類似性. *日草誌*, 57 別: 105
- 河野幸雄ら, (2014) 飼料イネ品種「たちすずか」によるホールクロップサイレージの栄養価と第一胃内分解性. *日草誌*, 60 (2): 91-96
- 画期的 WCS 用稲「たちすずか」の特性を活かした低コスト微細断収穫調製・給与マニュアル.
http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/index.html
- McDonald P. et al., (1991) *The biochemistry of silage*, Second edition, Chalcombe Publications, Bucks, pp340.
- Bolsen K.K. et al., (1996) Silage fermentation and silage additives - Review -. *Asian Australas. J. Anim. Sci.*, 9(5): 483-494
- Schroeder J.W., (2004) *Silage Fermentation and Preservation*, NDSU EXTENSION SERVICE, AS-1254,
<https://www.ag.ndsu.edu/pubs/ansci/dairy/as1254.pdf>
- Muck R.E., (2010) Silage microbiology and its control through additives. *R. Bras. Zootec.*, 39: 183-191
- 北村亨, (2016) 良質な牧草サイレージを調製するために～草地管理から収穫・調製まで～. *牧草と園芸*, 64(2):19-23
- 高橋仁康, (2016) 高糖分 WCS 用稲品種向け微細断収穫・調製体系, 平成 28 年度自給飼料研究会「飼料畑

及び水田の高度利用による自給飼料生産」講演要旨

蔡ら, (2003) 飼料イネサイレーヅ調製への乳酸菌 (*Lactobacillus plantarum* 畜草 1 号) の利用. 日草誌, 49(5):447-485

Tohno M. et al., (2012) Strain-dependent effects of inoculation of *Lactobacillus plantarum* subsp. *plantarum* on fermentation quality of paddy rice (*Oryza sativa* L. subsp. *japonica*) silage. FEMS Microbiol. Lett., 337(2): 112-119.

Elferink S.J.W.H.O., et al., (2000) Silage fermentation processes and their manipulation. FAO Plant Production and Protection Paper, 161: 17-30

Driehuis F. and Elferink S.J.W.H.O., (2000) The impact of the quality of silage on animal health and food safety: A review, Veterinary Quarterly, 22: 212-216

Kleinschmit D.H. and Kung L. Jr., (2006) A meta-analysis of the effects of *Lactobacillus buchneri* on the fermentation and aerobic stability of corn and grass and small-grain silages. J. Dairy Sci., 89(10): 4005-4013

Daniel J.L., et al., (2013) Performance of dairy cows fed high levels of acetic acid or ethanol. J. Dairy Sci., 96(1): 398-406

山本裕司, (2010) 乳酸菌の酸素ストレス応答. 乳酸菌とビフィズス菌のサイエンス, 京都大学学術出版社, p213-217

稲発酵粗飼料生産・給与技術マニュアル第 6 版. http://souchi.lin.gr.jp/skill/pdf/manual_vol6.pdf

Santos M.C. et al., (2015) Effects of a spoilage yeast from silage on *in vitro* ruminal fermentation. J. Dairy Sci., 98(4): 2603-2610

松下一信, (2012) 好気呼吸による「発酵」を行う酢酸菌. 生物工学, 90(6): 340-343

河野幸雄, (2016) 「畜草 2 号」の添加効果の実証と今後の展望, 平成 28 年度自給飼料研究会「飼料畑及び水田の高度利用による自給飼料生産」講演要旨

井上秀彦ら, (2012) 完熟期収穫の飼料用米の調製処理がサイレーヅ発酵特性におよぼす影響. 日草誌, 58(3) : 153-165.

Inoue H. et al., (2013a) Effects of moisture control, addition of glucose, inoculation of lactic acid bacteria and crushing process on the fermentation quality of rice grain silage. Grassl. Sci., 59: 63-72

Inoue H. et al., (2013b) Farm-scale method for producing high-quality rice grain silage. Grassl. Sci., 59: 226-229

Kung L. Jr., (1998) A Review on Silage Additives and Enzymes. In Proceedings 59th Minneapolis Nutrition Conference, Minneapolis, MN (pp. 121-135).

「畜草2号」の添加効果と今後の展望

広島県立総合技術研究所畜産技術センター
飼養技術研究部 河野幸雄

1. はじめに

広島総技研畜産センターでは、西日本農業研究センター(旧近畿中国四国農研センター)との共同研究において、極短穂系 WCS (ホールクロップサイレージ) 用イネ品種の先駆けである「たちすずか」のサイレージ収穫調製から家畜への給与に関する研究に取り組んできた。これらの研究により、極短穂系品種は糖含量が多く、繊維の消化率が高く、刈遅れによる品質低下を生じにくいため収穫適期が長いなど、従来品種と大きく異なる特長を持つことが明らかになり、広島県内では極短穂系品種が急速に普及し、現在はほぼ 100%が本品種に転換している。このように劇的な品種転換に対し、農家現場における WCS の生産、収穫調製、給与の各場面で技術支援を行い、一方で WCS の周年利用や、立毛貯蔵による和牛肥育牛用の WCS 生産、バンカーサイロによる WCS 調製など、極短穂系品種の特性を活かした利用方法の検討を行ってきた。ここでは、これらの取り組みを通して、極短穂系品種の WCS 調製に適した乳酸菌製剤について検討した内容を紹介する。

2. WCS 調製における極短穂系イネの特徴

極短穂系品種の特徴の中で、サイレージ発酵に最も関係するのは糖含量が多いことである。極短穂系品種では乾物ベースにおける全草中の糖含量は 10%を超え、15%に至る場合もあり、従来品種の 2～7 倍にあたる。極短穂系品種の植物体に含まれる糖は主にスクロース、グルコース及びフルクトースの 3 種類で構成され、そのうち大部分をスクロースが占める。これらは何れも WCS 用の乳酸菌の栄養源になり得る糖であり、サイレージ発酵に寄与する。「たちすずか」の開発初期に実施した実験規模のガラス瓶サイロ、その後実施した実規模のロールラップサイロの何れにおいても、極短穂系品種の WCS は、従来品種「クサノホシ」と比較してサイレージの pH が低く、乳酸の生成量が多くなることが明らかとなった。農家現場に普及拡大した後に実施したフィールド調査においても同様の結果が得られた(表 1)。また、開発当初には、極短穂系品種は糖含量が多いため酵母によるアルコール発酵の増進によりエタノール含量が高まることを懸念する声も聞かれたが、実際には従来品種と違いはなく問題にならなかった。このように、極短穂系品種は糖含量が多いためサイレージ調製に有利であり、良質な WCS を調製することができる。

表1 WCS品質のフィールド調査結果

品種	n	TDN	CP	pH	乳酸	酪酸	VBN/N
		(%DM)	(%DM)		(%FM)	(%FM)	
たちすずか	68	59.1	6.3	4.3	0.94	0.014	4.01
		±3.6	±1.4	±0.5	±0.4	±0.04	±1.6
クサノホシ	16	53.8	7.3	4.7	0.53	0.1	5.21
		±6.2	±1.1	±0.3	±0.24	±0.1	±2.57

広島県内の畜産農家、フィードサンプラー利用(2012年)

3. WCSの保管中におけるカビの発生に対する「畜草2号」の添加効果

極短穂系品種は良質な WCS 調製に有利な品種である。しかし、pH や発酵産物を指標とする発酵品質は良好であるのに、カビが多発する事例が発生した(図1)。カビ発生の問題が最も顕在化したのは、和牛肥育牛用としてβ-カロテン含量を低下させるため、冬(11月末から12月)まで立毛貯蔵した後に収穫調製したロールラップサイロであった。このケースにおけるカビの発生状況は、①「およそ収穫翌年の5月から発生」し、②「ロール内部の不特定箇所ピンポン玉大から拳大のコロニーを形成」し、③「夏以降はコロニーが拡大することはない」、など、一般的にみられるカビの発生状況と異なる特徴が見られた。廃棄率は数%程度の場合が多く、被害の程度は必ずしも大きくないが、カビの発生個所がロール内部に散在するため取り除く作業に時間を要する点が利用者の悩みとなった。また、この現象は、冬季収穫の WCS だけでなく、極稀に秋収穫の WCS においても多発するケースもあった。一般的にロールラップサイロにおけるカビ発生はロール外周部のラップフィルムに接触する部位に多く見られ、原因はフィルムの気密性不良であることが多い。しかし、我々が遭遇した特異なカビの場合、原料草の履歴、pH などの発酵品質、詰込み密度、ラップフィルムの質や巻き数の何れにも問題がなく、当初は原因の特定が困難であった。改めて、問題となるカビの発生状況を整理して考える中で、特に冬季収穫の WCS に多発する点に着目し、内在するカビの発生機序を次のように推察した。

- ① 「冬季は環境温度が低いため乳酸菌もカビも休眠状態となり増殖しにくい。」
- ② 「冬季に収穫した WCS は気温が上昇する春まで発酵が進まない。」
- ③ 「春の気温上昇とともに乳酸菌もカビも活動を開始し競合する。」
- ④ 「サイロ内でカビが優勢となった箇所にカビのコロニーが現れる。」
- ⑤ 「カビは周囲の乳酸菌が優勢となり抗菌力が整った場所には拡大できない。」

実際に、冬季収穫した WCS を定期的に関封して、発酵品質を調査した結果、収穫調製後の pH の低下は緩やかで発酵速度が遅いことが確認された。このことから、問題となる内在性のカビの発生を防ぐためには、生育適温がカビよりも低い乳酸菌が必要であると考えた。このことが低温域でも生育可能な「畜草2号」に着目した最初のきっかけとなった。平成25年度に無添加 WCS と「畜草2号」添加 WCS の比較を実施した結果、春以降に開封した WCS の無添加区と添加区の pH は 3.96 と 3.94 で同様な値であったが、春以前に開封した WCS の pH は 4.55 と 4.16 となり、低温に強い「畜草2号」の添加効果が認められた。さらに、カビの発生率も無添加 WCS は 4% 台であったのに対し添加区は 1% 未満に改善し、「畜草2号」によるカビの抑制効果も認められた。



図1 たちすずかの立毛貯蔵(上)とWCSに発生したカビ
立毛貯蔵風景: 広島県中部2012年12月上旬, WCS写真: 2013年夏開封時

4. サイロ開封後の好気的変敗に対する「畜草2号」の添加効果

極短穂系品種のイネ WCS を利用する農家で問題視されたもう一つの課題は、ロールラップサイロを開封した後の変敗であった。サイロから取出したサイレージが外気に晒されるとサイレージに潜在する酵母などの真菌類が急激に増殖し、乳酸や揮発性脂肪酸などを消費し発熱する。これは、好気的変敗と呼ばれるサイレージ全般に生じ得る現象であり珍しいものではない。しかし、イネ WCS の利用者からは、従来品種よりも極短穂系品種のほうが、好気的変敗が発生する程度（発熱するまでの時間の長さや発熱の度合い）が大きいという意見が聞かれた。特に、小規模な和牛繁殖農家では1つのロールラップサイロが数日分の給与量に相当するため、好気的変敗は大きな問題である。この点について従来品種との比較試験などによる詳細な検討を行っていないため推測の域を出ないが、極短穂系品種の WCS には真菌類の栄養源となる乳酸などの発酵産物や残存糖が多く含まれるため、好気的変敗が生じやすいのかもしれない。

この課題に対し、WCS の保管中のカビ発生の抑制に効果があった「畜草2号」の添加効果を検証した。その結果、「畜草2号」はサイロ開封後の発熱を強力に抑制し、開封後5日目においても pH や乳酸などの発酵産物の含有量は開封時と同等の水準を維持するなど、好気的変敗に対しても強力な抑制効果をもつことが明らかになった（図2、表2）。

また、この時にサイレージ中の微生物の状況を調査した結果、供試したサイレージの開封時における酵母の個体数が、「畜草2号」添加区では無添加区の約1000分の1に抑えられていることが明らかになった。これらのことから、「畜草2号」添加区で観察された好気的変敗の抑制効果は、「畜草2号」の真菌類に対する抗菌力が有効に働き、開封時に生存する酵母の数が大幅に抑制されたことによるものと考えられる。

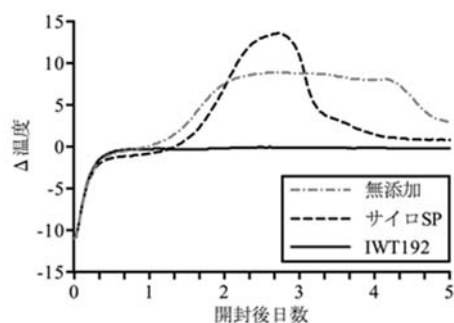


図2 開封後のWCS品温変化
たちすずか出穂後30日、サイロSP:コーンサイレージ用ヘテロ発酵型乳酸菌製剤、IWT192:「畜草2号」の株名称

表2 開封時と開封後5日目のpHと主要成分の含有量

乳酸菌	開封後	pH	乳酸	酢酸	エタノール	g/kg	
						12-PD	糖類
無添加	0日	4.29	13.4	2.9	15.3	0.1	25.4
	5日	6.28	3.0	0.5	0.6	nd	1.5
畜草2号	0日	4.00	15.8	6.3	17.9	1.9	15.4
	5日	3.96	17.5	6.8	11.9	2.1	14.1

たちすずか出穂後30日、
1,2PD:プロハンジオール, 糖類:グルコース+フルクトース+スクロース+マンニトール

5. 「畜草2号」添加 WCS を混合したフレッシュ TMR の変敗抑制

混合調製した TMR をそのまま当日中に給与する形態であるフレッシュ TMR は、混合調製後に一定期間乳酸発酵させる発酵 TMR と区別される。フレッシュ TMR は、発酵 TMR と比較して発熱を伴う変敗を生じやすい短所があり、特に気温の高い夏季において、当日の朝に給与した TMR が夕方には飼槽の中で発熱していることも珍しくない。フレッシュ TMR の発熱は栄養価の低下や、嗜好性の悪化による飼料摂取量低下の原因になり、生産性を低下させるため、農家現場でしばしば問題となる。このため、フレッシュ TMR 体系の農家では、1日2回、朝夕に TMR を調製せざるを得ず、調製作業の負担が大きい。

これまでの調査において、イネ WCS を粗飼料として利用するフレッシュ TMR 体系の農家も多く存在し、最も多くイネ WCS を利用している農家では、フレッシュ TMR に 23% (乾物ベース) の極短穂系品種のイネ WCS を混合している。前節に述べたように「畜草2号」は WCS 単体において、開封後の好気的変敗を強力に抑制する効果を有していることから、フレッシュ TMR に混合するイネ WCS に、「畜草2号」を添加したものを用いて、変敗（発熱）に対する「畜草2号」の効果を複数年に渡り検証した。その結果、「畜草2号」を添加した WCS を原料として用いたフレッシュ TMR は、乳酸菌を添加していない WCS や、他の乳酸菌を添加して調製した WCS を用いた TMR よりも顕著に発熱が抑制され、外気温 25℃ で 5 日間空気に晒した状態でもほとんど発熱しない結果も得られた (図3)。これらの結果は、「畜草2号」を添加して調製した WCS に含まれていた抗菌力のある発酵産物によるものと考えられる。

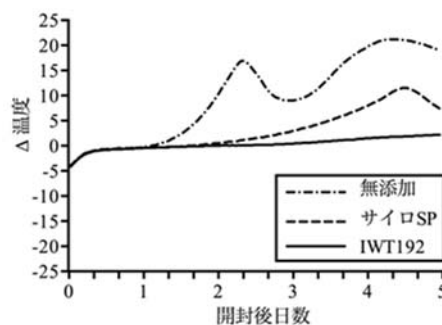


図3 フレッシュTMRの品温変化
たちすずかWCSを混合したTMR, サイロSP:コーンサイレージ用ヘロ発酵型乳酸菌製剤, IWT192:「畜草2号」の株名称

6. 極短穂系イネ WCS のバンカーサイロ調製における「畜草2号」の添加効果

比較的規模の大きい畜産農家でサイレージを利用する場合には、建設費用が安価で、機械力を用いて容易に詰込み・踏圧・取出しができ、必要な消耗資材やコストが少なくてすむバンカーサイロの利用が有効である。しかし、バンカーサイロはロールラップサイロと比較して、気密性が低いことや、開封後の取出し期間が長いことサイレージ品質の低下を招きやすい点に注意が必要である。このため、詰込み時に適切な踏圧作業を行い、詰込み密度を十分に高めることが重要である。しかし、イネの場合は茎部が強固な中空構造であるため詰込み密度を高くすることが難しいことや、原料草の糖含量が少なくサイレージ発酵が進みにくいことから、イネ WCS をバンカーサイロで調製することは困難とされてきた。今回、この問題を解決するために、高糖分である極短穂系イネ品種の活用、微細断収穫技術による詰込み密度の向上、さらに「畜草2号」の添加によるカビ発生および好気的

表3 バンカーサイロ開封時のpHと主要成分の含有量 g/kg

乳酸菌	pH	乳酸	酢酸	酪酸	エタノール	12-PD
無添加	3.87	23.2	6.1	0.1	8.6	0.6
畜草2号	3.84	21.6	10.3	nd	4.2	7.2

収穫調製: 2014年10月たちすずか微細断, 開封: 2015年9月
1,2PD: フロバンジオール

変敗抑制の効果を組合せ、イネ WCS のバンカーサイロ調製の可能性について検討した。試験では、「畜草2号」添加区と無添加区を設け、バンカーサイロの開封は調製翌年の9月に実施し、開封時から約1か月間、毎日20cmずつ取出しを行い、その間の品温変化等を調査した。結果は、開封時には添加区も無添加区も発酵品質は良好であった(表3)。しかし、開封後日数の経過とともに無添加区では開封後7日目頃から品温が徐々に上昇し、3週間後には場所によっては40℃を超え品質が著しく低下し大量に廃棄せざるを得ない状況となった。これに対し、「畜草2号」添加区では品温の上昇は認められず、品質を維持したまま最後まで取出すことができた(図4)。

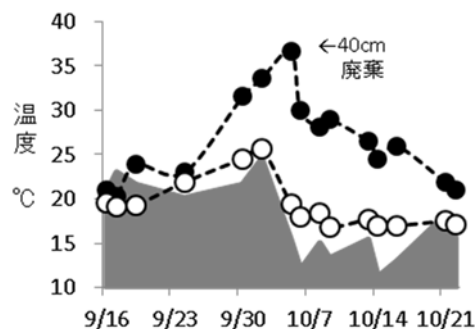


図4 バンカーサイロの品温変化
たちすずかWCS(出穂後30日), ■: 外気温, ●: 無添加, ○: 「畜草2号」

7. おわりに

優れた飼料特性をもつ極短穂系品種は、「たちすずか」「たちあやか」に続き、新たに縞葉枯れ病抵抗性を持つ「つきすずか」が登録され、今後さらに全国のイネ WCS 生産現場への普及拡大が見込まれる。今回開発された「畜草2号」は、WCSの周年利用やバンカーサイロ調製をはじめとする、極短穂系イネ WCSの高度利用に大きく貢献することが期待される。

本稿で紹介した研究結果は、農研機構畜産研究部門および雪印種苗株式会社との共同研究により得られた。卓越した技術と見識により自給飼料利用の発展に貢献されている両機関の担当者の皆さんと共に「畜草2号」の開発に携わらせて戴いたことに深く感謝したい。

引用文献

Matsushita K et.al(2011) ‘ Tachisuzuka’, a new rice cultivar with high straw yield and high sugar content for whole-crop silage use. Breeding Sci. 61 : 86-92

河野幸雄 (2011) 極短穂性飼料イネ品種「たちすずか」と摘穂処理した普通品種イネの類似性. 日草誌 57 別 : 105

河野幸雄ら (2014) 飼料イネ品種「たちすずか」によるホールクロップサイレージの栄養価と第一胃内分解性. 日草誌 60 (2) 91-96

農研機構近畿中国四国農業研究センター (2016) 画期的 WCS 用稲「たちすずか」の特性を活かした低コスト微細断収穫調製・給与マニュアル

http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/index.html

高糖分WCS用稲品種を活用した 微細断収穫・調製体系



～高品質と低価格の両立～

農研機構 西日本農研 高橋 仁康



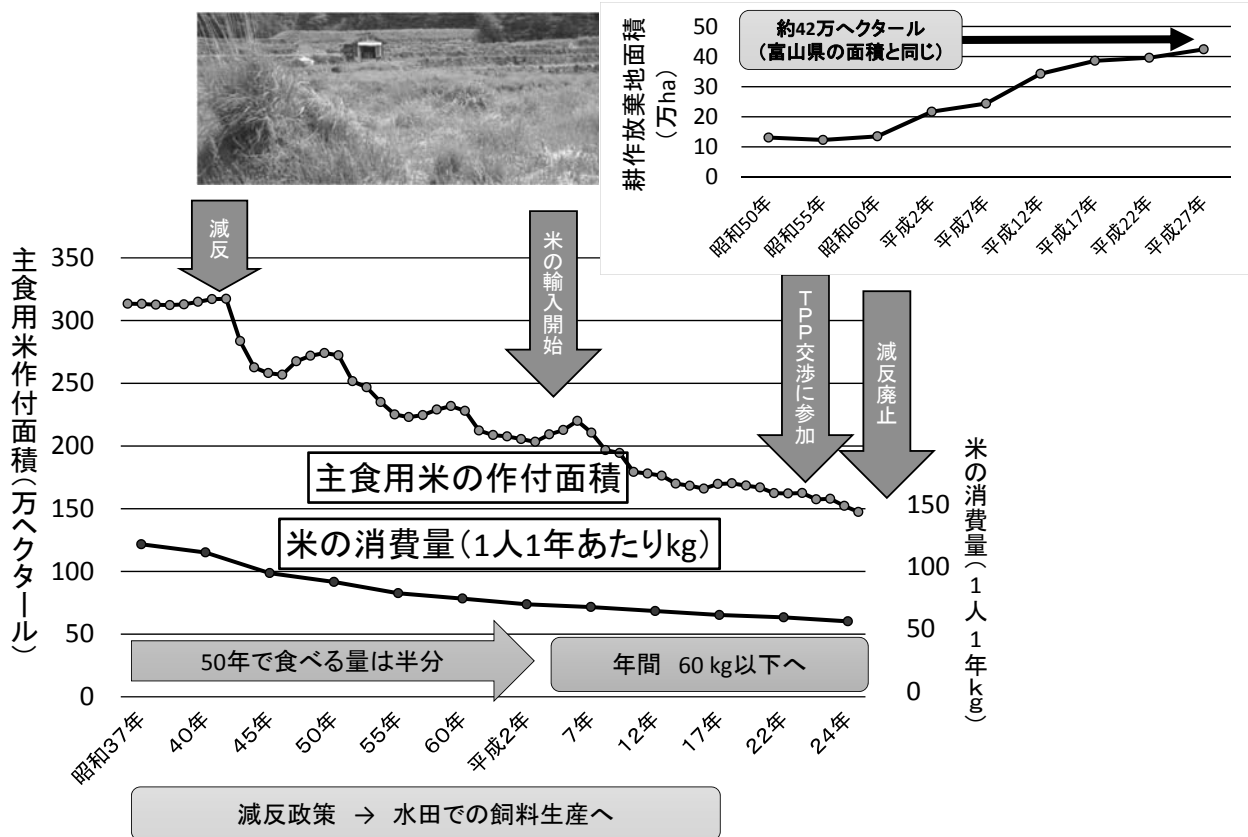
広島県立総合技術研究所
 広島県酪農業協同組合
 岡山大学
 Takakita 株式会社 90キ9

農林水産業・食品産業科学技術研究推進事業(実用技術開発ステージ) 25073C
『画期的WCS用稲「たちすずか」の特性を活かした微細断収穫調製・給与体系の開発実証』H25-27

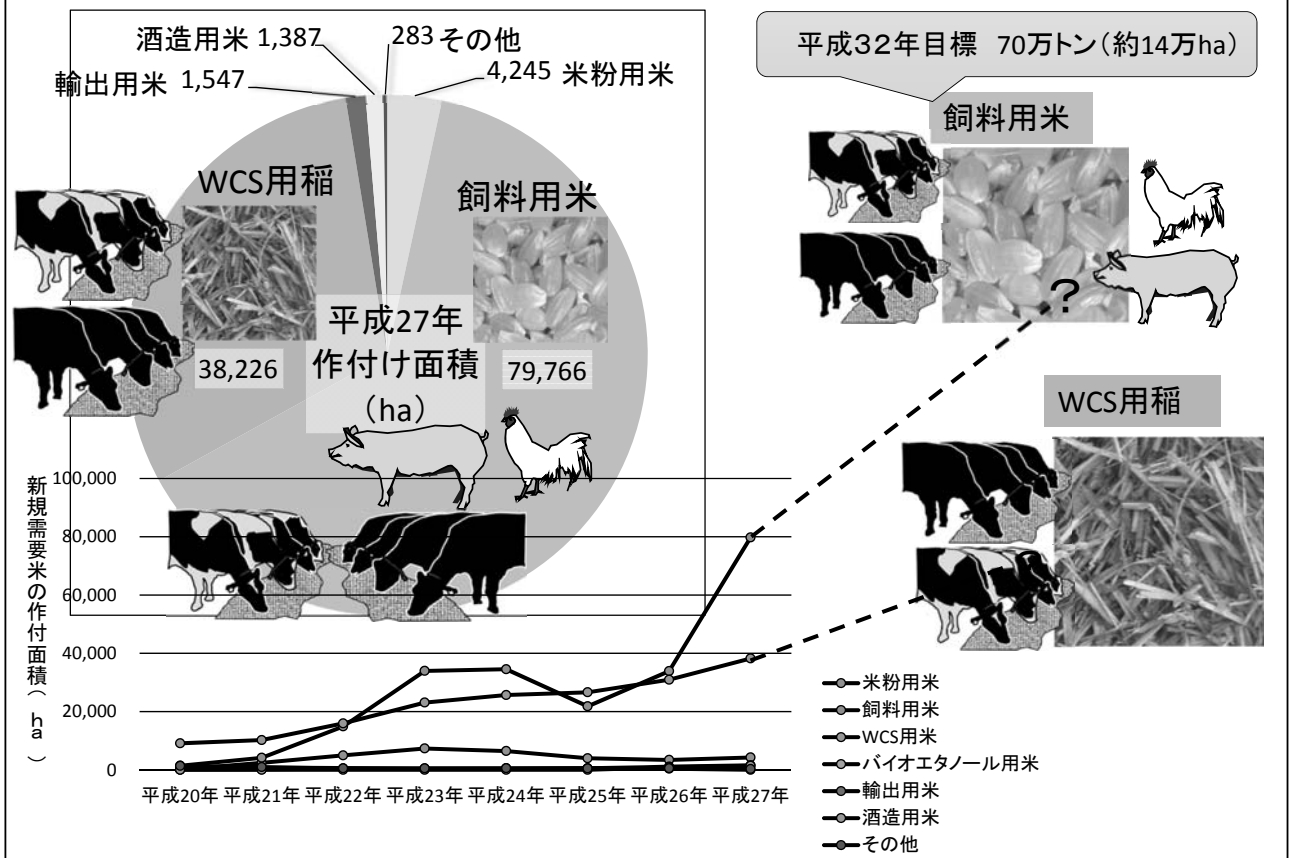
農水省委託「栄養収量の高い国産飼料の低コスト生産・利用技術の開発」『高糖分高消化性WCS用稲の効率的な収穫調製作業体系の構築』H27-31

農水省革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)『和牛産地を支える水田里山の戦略的展開』H28-30

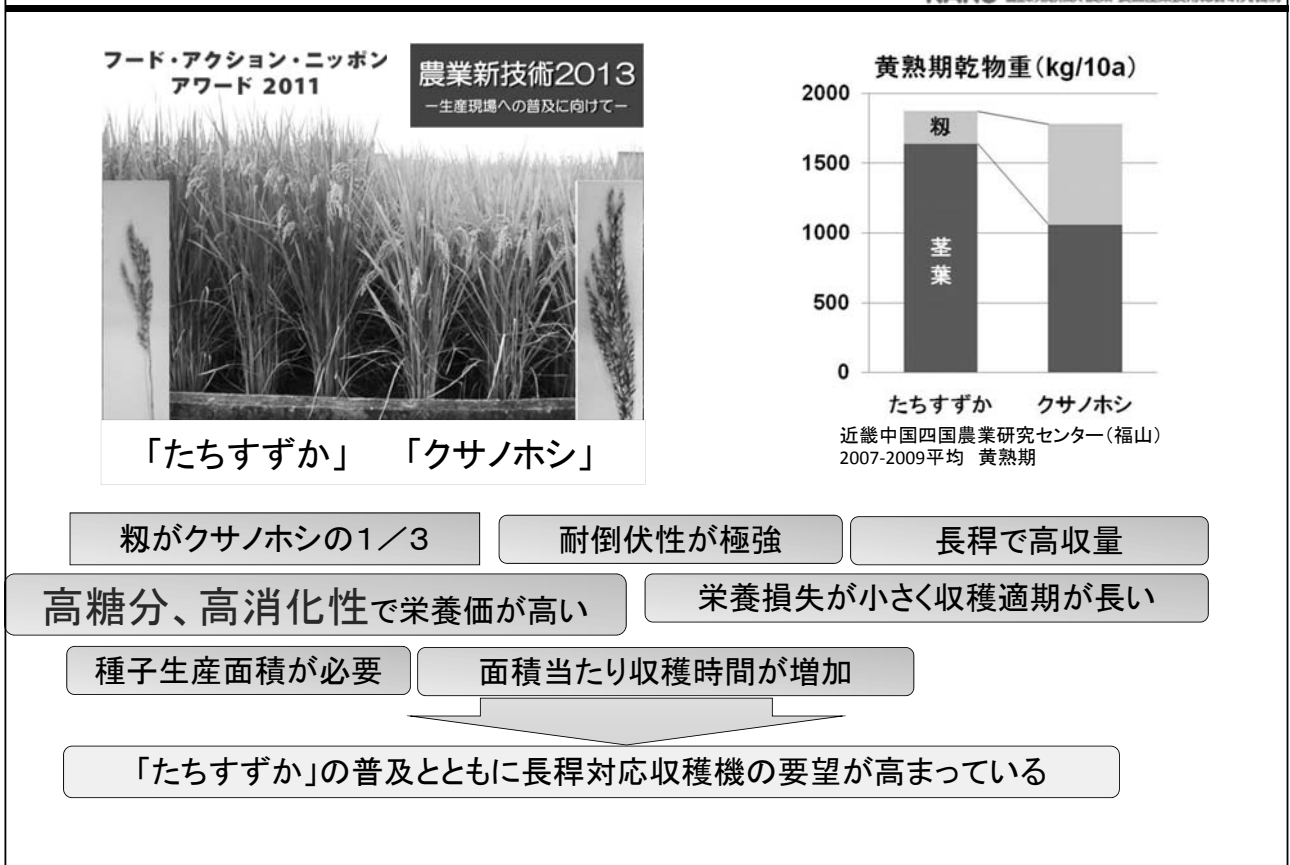
米づくりの転換 と 消費の減少 耕作放棄地の増加



対策の一つ 新規需要米の生産



画期的WCS(飼料)用稲「たちすずか」





「たちすずか」 「クサノホシ」

収穫適期：
出穂後35日以降
(関東から九州北部)

「たちすずか」等の極短穂品種は、
穂が充実してから茎葉に糖分を蓄積！

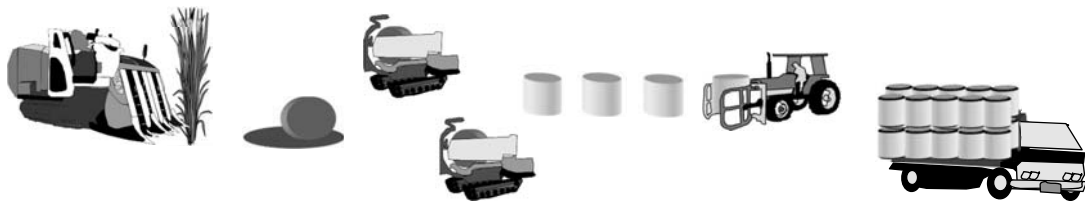
高糖分・高消化性
WCS用稲の品種
育成がさらに進む

参考：「たちすずか」栽培技術マニュアル

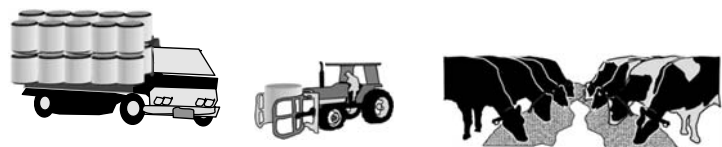


西日本農業研究センター ホームページ
トップ>技術マニュアル よりダウンロード
http://www.naro.affrc.go.jp/warc/original_contents/tech/index.html

ここからは 慣行体系



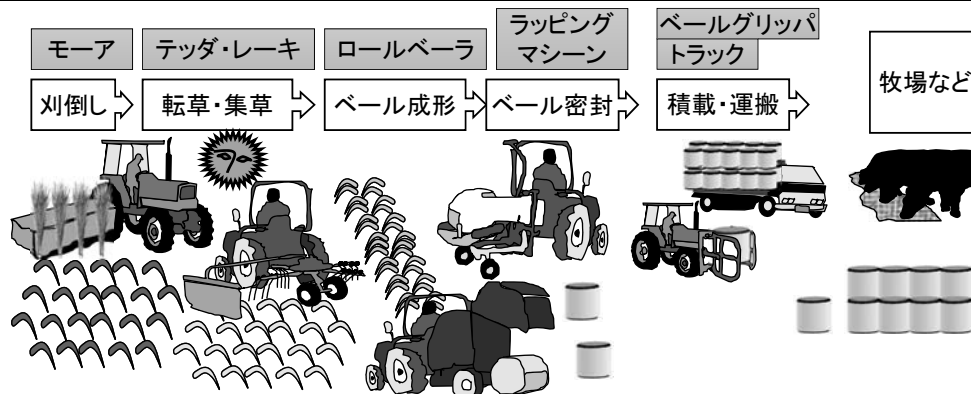
の説明



慣行体系：圃場でロールベール調製

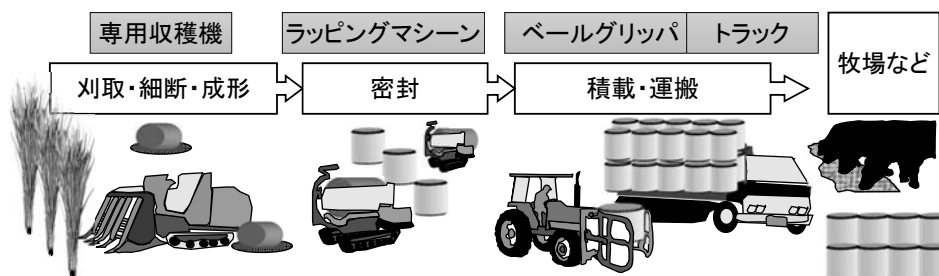
圃場に刈倒して天日で1～3日程度乾燥させます

予乾
(牧草)
体系



立っている稲を収穫・調製します (ダイレクトカット)

専用
収穫機
体系
(慣行)



慣行体系：飼料用稲(WCS用稲)専用収穫機



コンバイン型

注) 写真はWB1020



注) 写真はWB1030HC



汎用型(マルチヘッダ)

細断型ホールクロープ収穫機 (WB1030DX)(HC)

- 53 kW(72馬力)
- 5条刈り
- 自脱型コンバインヘッダ
- ディスクカッタ
- 全長5,500 mm
- 機体重量 4,230 kg
- ネット結束(細断型)

汎用型飼料収穫機 SMR1000+MH

- 72 kW(98馬力)
- 5条刈り
- マルチヘッダ(新)
- シリンダカッタ
- 全長6,170mm
- 機体重量 5,170kg
- ネット結束(細断型)

平成27年7月時点でのカタログ仕様

慣行体系：圃場でロールベール調製 (細断型が主流)



慣行体系：圃場でラッピング



自走式
(クローラ
タイプ)



トラクタ
装着式



(株)タカキタ_HPより
SW1110



(株)タカキタ_HPより
SW1120D



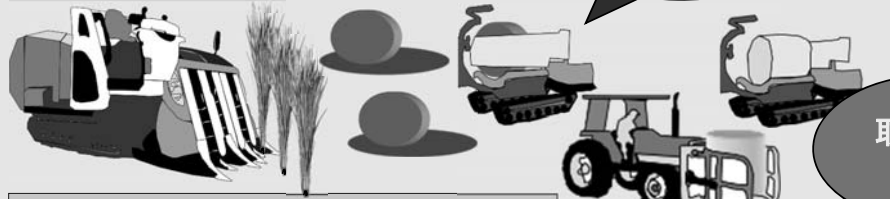
(株)IHIスター_HPより
JWM1500

中四国地域では、水田に対応したクローラタイプが主流

フィルムは必ず6層以上で巻きます(品質保持)。
輸送時の破損防止や高品質化のため、8層、10層で巻く事例もあります。

慣行(専用収穫機)体系

圃場



専用収穫機＋自走ラッピングマシン
 ・ 倒伏などの条件にも強い(コンバイン型)
 ・ 収穫してすぐ密封できる
 ・ 少人数で雨などへの急な対応も可能

圃場でラッピング

取り扱い注意

基地 : 牧場やTMRセンターなど



取り扱い注意

べールグラブなどで飼料置き場へ並べる



取り扱い注意

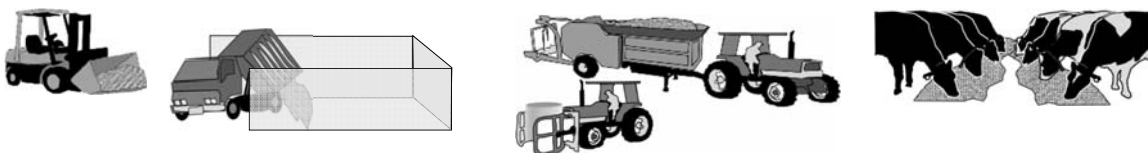
大型トラックでの輸送

・ 圃場から直接広域流通が容易

ここからは 新しい微細断体系



の説明



新技術：微細断体系（基地調製）

圃場



微細断収穫



トラックへ積載



高密度輸送



基地：牧場やTMRセンターなど

ロールペール調製



サイロ調製（低コスト）



新技術：「たちすずか」+微細断+乳酸菌

新技術投入の効果

高糖分「たちすずか」

WCS用稲の微細断

酢酸生成型 乳酸菌

効果

または

対策

収穫について



△長稈・多収

◎積載量向上

△速度低下

効果

◎効率をアップした長稈対応微細断収穫機の市販化
◎10アールあたり約3回トラックへ積載する

対策

輸送について



◎高密度輸送

◎台数燃料減少

効果

◎トラックへのバラ積みにより迅速な積み込み
◎2トン深ダンプで一度に1トン以上を輸送する

サイロ調製



◎高糖分

◎高密度

◎2次発酵防止

効果

◎従来困難とされたWCS用稲のバンカーサイロ調製を実現
◎乳酸菌の効果で2次発酵防止

牛への給与について



◎高栄養・高消化性

◎飼料品質向上

◎マイナスの影響なし

◎飼料品質向上

効果

◎サイレージ品質の向上で乳量・肉質向上
◎飼料価格低下で所得増
◎微細断による影響がないことを確認

汎用型微細断収穫機の構成

①台車

- ・ヤンマー製コンバインベース
- ・100馬力(DPF付き)

②マルチヘッダー

- ・草丈0.8m以上に対応
- ・作業幅1.8m全面刈り

③ハーベスター

- ・省エネアップカット方式
- ・微細断対応

④ワゴン

- ・容積5.2m³
- ・後方ダンプ式



※写真は開発中のもので実際と異なる場合があります

Takakita 株式会社 **たかき**

汎用型微細断収穫機 : 適応作物

WCS用稲(長稈対応)、WCS用麦などの飼料作物

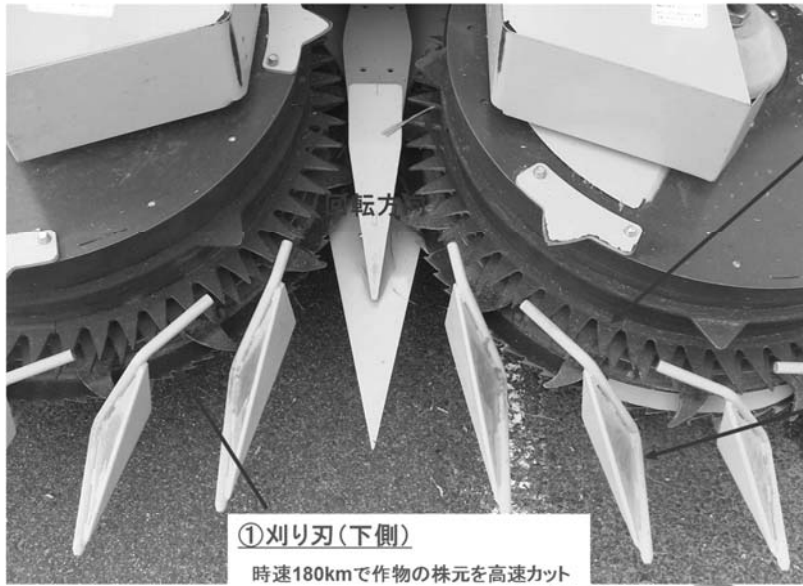
飼料用トウモロコシ・ソルガム等の長大作物



※写真は開発中のもので実際と異なる場合があります

マルチヘッドの構造

刈り幅内にある作物をすべて株元で切断し、ハーベスターに送り込みます。



②搬送ドラム(上側)

刈取りと同時に作物を時速6kmでハーベスターに搬送

③デバイダ

作物が離れないように、搬送中の作物をガイド

①刈り刃(下側)

時速180kmで作物の株元を高速カット

写真提供:

Takakita

株式会社 **タカキタ**

※写真は開発中のもので実際と異なる場合があります



ワゴンの構造

整流板

支点

1回で2トンダンプに移送(1トン以上)が可能



油圧シリンダ



写真提供:

Takakita

株式会社 **タカキタ**

※写真は開発中のもので実際と異なる場合があります

新：刈り高さ10cmが可能(圃場条件が良い場合)



新：湿田での作業風景



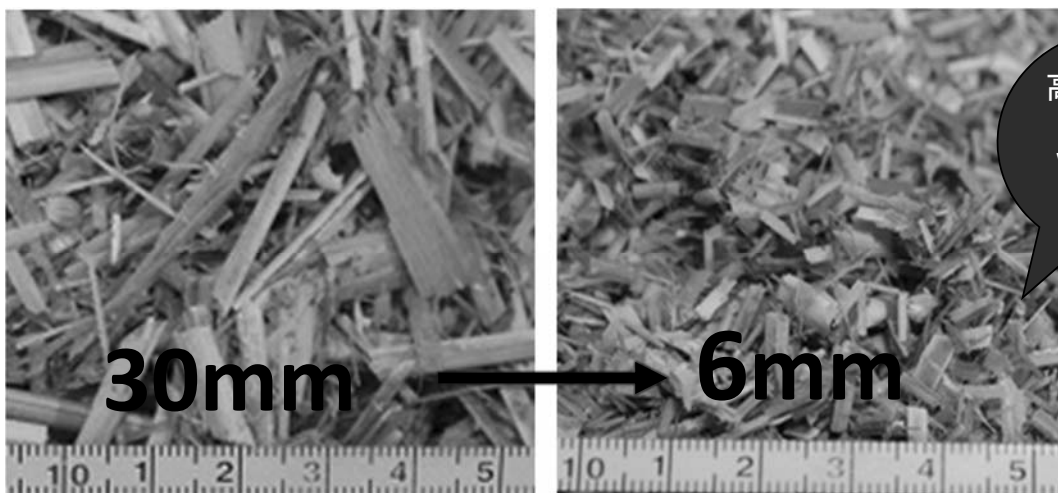
イネに泥がつきません

湿田でも安定した作業

イネの表面水が落ちれば
水はけの悪い圃場でも
収穫に入れます
※高水分でのサイレージ品
質劣化に注意して下さい



新：微細断体系 理論切断長



高糖分・高消化性
WCS用稲
で実証

理論切断長を1/5へ

密度上昇

輸送効率の向上、サイレージの品質向上

注意：
乳用牛は6mm、
肉用種肥育牛は
11mmで給与実証
試験が終了して
います。

新：微細断による高密度輸送（1トン以上）



新：バンカーサイロ調製が可能に

好气的変敗し易く困難と言われてきた
WCS用稲のバンカーサイロ
高糖分高消化性WCS用稲
+ 酢酸生成型乳酸菌
+ 微細断 で可能に

※利用方法は必ず
マニュアルを参照のこと



微細断体系に適したロールベアラ

細断型コンビラップ タカキタMW1020



鳥取 東部コントラクターさん

細断型ベアララップ IHIスターTSW2020



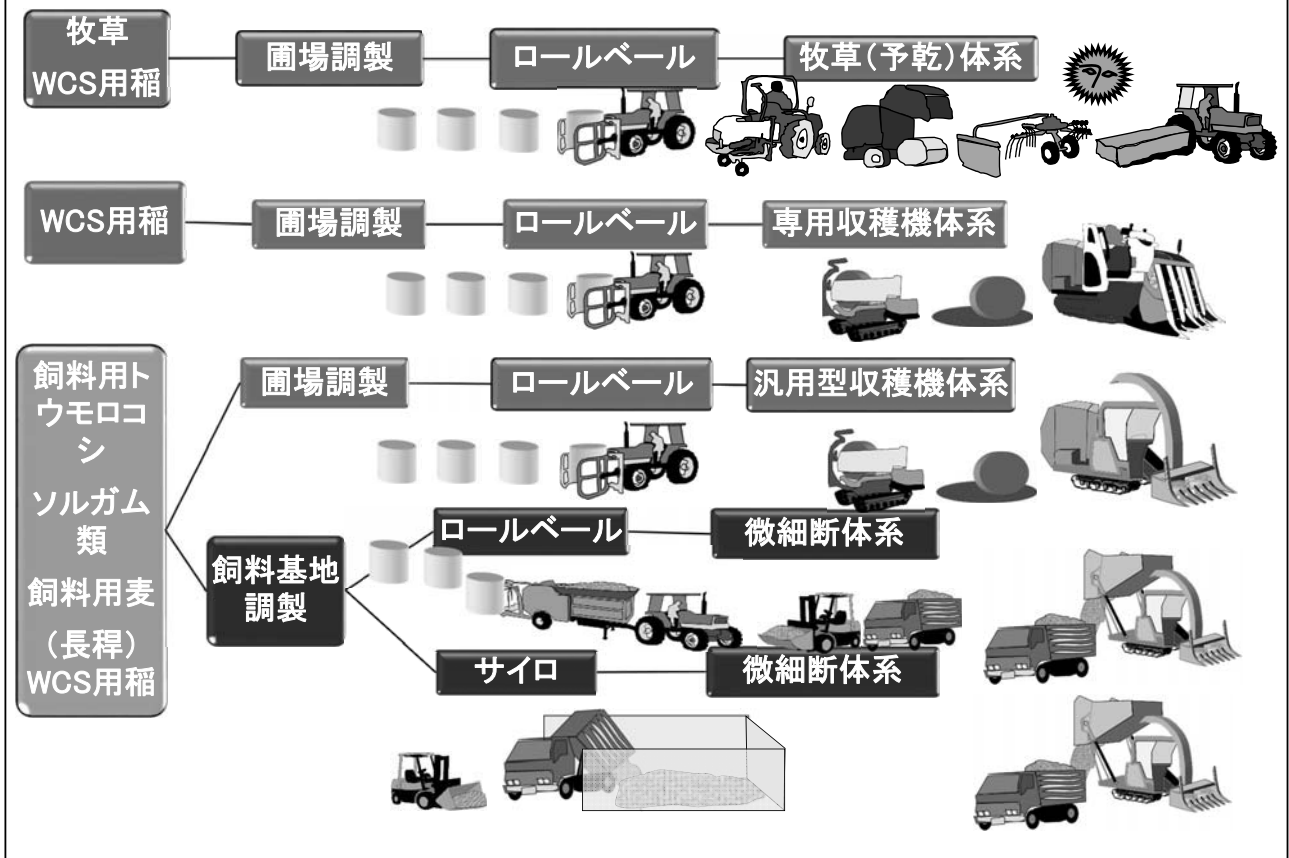
愛媛 増穂営農組合さん

Orkel MC1000



群馬 元気ファーム20さん

WCS用稲の新しい収穫・調製体系



新：微細断体系の効果まとめ





Kemper c2200
+ 100kw tractor

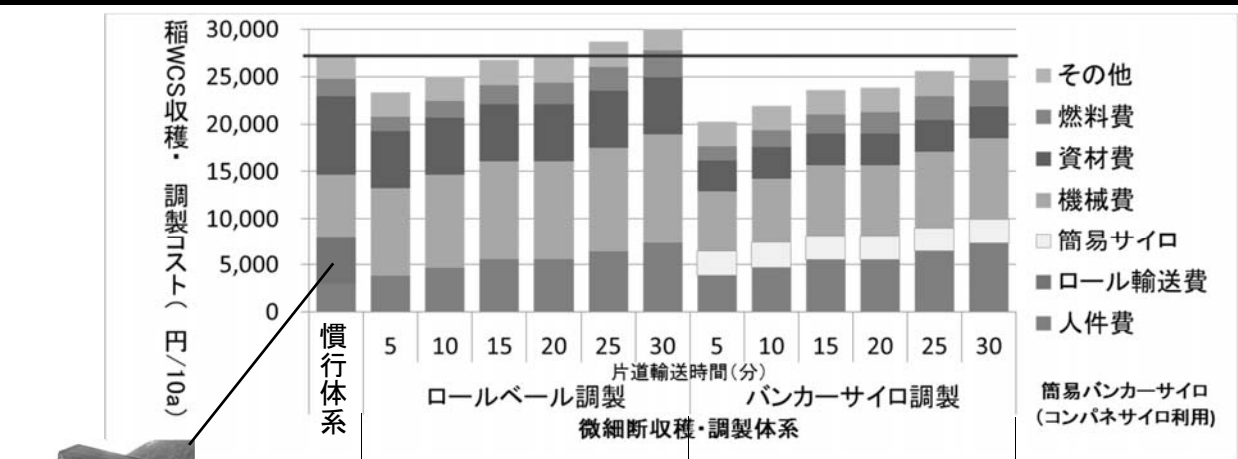


orkel mc1000
+ 74kw tractor



群馬県前橋市
元気ファーム20さん

新:微細断体系は、近距離輸送で低コスト



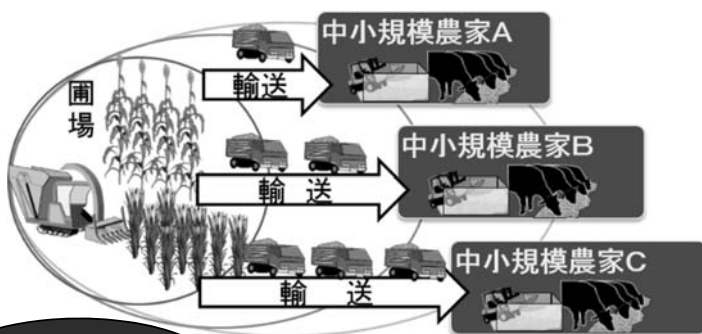
専用収穫機体系



微細断体系

輸送を同時に行う体系
(輸送の人件費を含む)

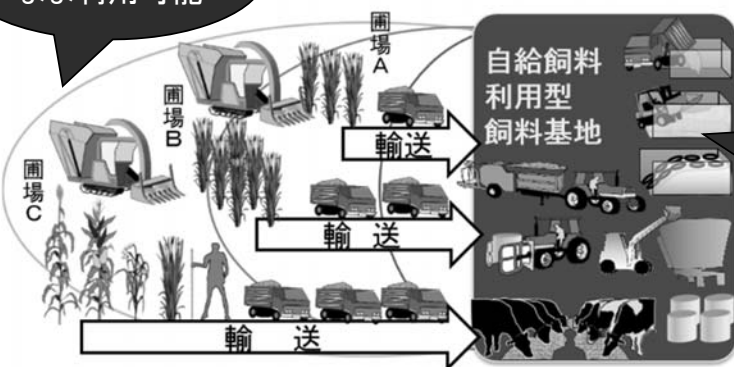
新：微細断体系の様々な利用方法



飼料地帯から中小規模農家のバンカーサイロへ分配する
(最小機械体系)

飼料地帯付近のストックヤードへ集約する

多品目にそのまま利用可能



周辺圃場からTMRセンター等大規模飼料基地へ集約する

自給飼料利用型TMRセンターではバンカーサイロが取り出しやすい

100ha規模のTMRセンターが200日稼働すると、1日40~50ロール開封！！

もっと知りたい方は(マニュアル)

画期的WCS用稲「たちすずか」の特性を活かした
低コスト微細断収穫調製・給与マニュアル

西日本農業研究センターのホームページ
(<http://www.naro.affrc.go.jp/warc/index.html>)
の技術マニュアルからダウンロード可能



- ・「たちすずか」について
- ・収穫調製作業～
- ・サイロの作り方
- ・発酵品質
- ・サイロ調製の注意点
- ・乳牛・肥育牛への給与
- ・繁殖牛・育成牛への給与
- ・経営評価・コスト

[西日本農研]で検索

→西日本農業研究センターホームページへ
→『技術マニュアル』

冊子はまだ余部があります

参考：西日本農研 工作室にて試作した収穫機



1号機：長稈対応、コンバイン型



2号機：現地実証対応、リール型



3号機：実証長稈対応、コーン兼用型



4号機：小型長稈対応、フレール型

➡ 市販化

試作機製作：西日本農研工作室



西日本農研工作室



平成28年度 自給飼料利用研究会 資料

編集・発行 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構 畜産研究部門
企画管理部 那須企画管理室 企画連携チーム
Tel. 0287-37-7005 Fax. 0287-36-6629
〒329-2793 栃木県那須塩原市千本松 768 番地

発行日 平成28年12月5日
印刷所 株式会社 近代工房 Tel. 0287-29-2223

本資料より転載・複製する場合は、国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構の許可を得て下さい。